



GREEN ROOFS UP!

SAMEN VOOR MEER KWALITATIEVE GROENDAKEN

EINDRAPPORT

DEEL 3. GROENDAKSYSTEMEN IN HET KADER VAN KLIMAATROBUUSTE STEDEN

TETRA project met financiële ondersteuning van VLAIO

Een samenwerking tussen Hogeschool PXL, WTCB en UHasselt

2020-2022

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen

Onderzoekspartners

Volgende onderzoekspartners werkten mee aan dit onderzoek:



Van Mechelen Carmen - Projectcoördinator; Onderzoek PXL Bio-Research

De Vocht Alain - Onderzoekshoofd expertisecel PXL Bio-Research

Gyselinck Thomas - Onderzoek PXL Bio-Research

Gilissen Koen - Onderzoek PXL Smart ICT

Martens Ward - Onderzoek PXL Smart ICT

Vreys Frederik – Onderzoekshoofd cluster Elektronische Engineering



Noirfalisse Edwige - Sectoriële Coördinator Technische Comités

Mahieu Eddy - Afdelingshoofd Technisch Advies

Wastiels Lisa - Afdelingshoofd milieuprestatielab

Vrijders Jeroen - Afdelingshoofd Laboratorium 'Duurzame & Circulaire Oplossingen'

de Roissart Eléonore - Medewerker Laboratorium 'Duurzame & Circulaire Oplossingen'



Lizin Sébastien - Assistant professor in environmental economics

Moons Toon - Onderzoeksmedewerker en onderwijsassistent Economie en Beleidsmanagement (PEC)

Sallaerts Laura - Onderzoeker Centrum Overheid en Recht (CORE)



Kadering

Groendaken zijn zeer breed toepasbaar en de vraag hiernaar blijft stijgen. Een logisch gevolg hiervan is dat er de laatste decennia verschillende ondernemingen mee op de kar van deze groendak 'revolutie' zijn gesprongen. Terwijl de publieke sector, goed voor 75% van de aanvraag voor een groendak, een belangrijke rol speelt in deze bloeiende economische sector, woedt er een hevige concurrentiestrijd tussen de bedrijven. De keuze van het type groendak en de vegetatie hangt af van de dialoog tussen de opdrachtgever, de (tuin)architect, eventueel de ecooloog en de bedrijven die de werkzaamheden en het onderhoud uitvoeren. De groendaksector kaart aan dat deze groendak 'revolutie' heeft geleid tot een sterke versnippering van de beschikbare kennis. Er is geen uniformiteit meer qua materialen, geen overzicht en te weinig kwaliteitsbewaking van de producten op de markt, de bestaande richtlijnen zijn verouderd en laten te weinig ruimte voor innovatie.

Een tweede probleem is dat veelal geopteerd wordt voor de meest goedkope oplossing, namelijk een extensief groendak met vetplanten op een zo dun mogelijke laag substraat. Dit systeem heeft zeker zijn plaats in het marktaanbod, vooral wanneer de draagkracht van het gebouw beperkt is. In het kader van klimaatrobustheid van steden zijn er alternatieve groendaksystemen (o.a. dikker substraat, meer biodiversiteit) die meer uitgesproken voordelen bieden, zeker wat betreft wateropvang, temperatuurmitigatie en afvang fijn stof!

Last but not least stelt de groendaksector ook de duurzaamheid van zijn eigen materialen in vraag. Zo bestaat het substraat grotendeels uit poreus gesteente (vaak lavagesteente) afkomstig uit Duitsland. Dit is a) niet duurzaam te noemen omdat het materiaal niet lokaal ontgonnen en dus duurder is en b) er dreigt een naderende uitputting van de groeves. Er is dus dringend nood aan alternatieve, lokale materialen voor gebruik in groendaksubstraat, die liefst ook nog eens passen binnen het verhaal van de circulaire economie.

Doelstellingen

Het project GREEN ROOFS UP! heeft als globaal doel om een transitie teweeg te brengen die zal zorgen voor meer kwaliteit, uniformiteit en innovatie in de groendaksector. Zowel de ondernemingen als het stadsklimaat en milieu zullen positief beïnvloed worden door toepassing van goed onderbouwde richtlijnen en kennisverhoging rond alternatieve groendaksystemen en duurzamere substraatmaterialen. Kennisuitwisseling tussen ondernemingen en onderzoekers staat in deze transitie centraal.

Doel 1: Vernieuwing richtlijnen

Formuleren en verspreiden van realistische, onderbouwde richtlijnen die meer uniformiteit in de groendaksector en een verschuiving naar meer functionele groendaksystemen in de hand werken. De rode draad doorheen het project is het updaten van de bestaande richtlijnen uit de Technische Voorlichting (WTCB, 2006). Dit doen we via thematische werkgroepen. Het resultaat is een meteen toepasbaar adviesrapport.

Doel 2: Verduurzamen groendaksubstraat

De groendaksector opties bieden om hun substraten te verduurzamen met lokale materialen. Bouwmaterialen uit de circulaire economie worden geselecteerd en getest voor toepassing in groendaksubstraat. Voor ieder materiaal wordt een milieuprofiel opgesteld en zal een businessplan opgemaakt worden waarmee fabrikanten uit de doelgroep marktgericht kunnen innoveren.

Doel 3: Demonstratie groendaksystemen ikv klimaatrobustheid

Via een kwantitatieve benadering de functionaliteit in termen van klimaatrobustheid van verschillende standaard en alternatieve groendaksystemen achterhalen. Een demodak met verschillende groendaksystemen wordt geïnstalleerd en opgevolgd.

Begeleidingsgroep



Groendakindustrie

Green Building Projects bv
EcoWorks
IBIC bv
Tectum Group
Natuuroof bv
Vice Verda bvba
Zolderse Dakprojecten
EMC Green Roofs
Groenpalet bv
Sedum Extra bvba
Canopy

(Groen)aannemers / ontwerpers

Clement Karl bvba
Krinkels nv
Stiersco bvba
Van Vliet
Zicht op groen
GR&OM

Beleid

Stad Gent; Dienst Milieu en Klimaat
Provincie Limburg; Dienst Milieu en Natuur
OVAM
Departement Omgeving

Federaties/Verenigingen

Belgische Federatie Dak- en Gevelgroen (BFDG)
Confederatie Bouw; Cluster Complementaire Bedrijven (FEDECOM)
Belgische Federatie Groenvoorzieners (BFG-FBEP)
Vlaamse Confederatie Bouw
Groen Groeien

Kennisinstellingen/Innovatie

Proefcentrum Sierteelt (PCS)
COPRO vzw
Consortium TETRA WonderWalls
KU Leuven Afdeling Bos, Natuur en Landschap
Sioen Industries nv
Federal Eco Foam bv

Sector aan het woord

‘Aanleg van kwalitatieve groendaken, biodiversiteit en waterbuffering zijn voor ons speerpunten om naar te werken.’ **Belgische Federatie Gevel- en Dakgroen**

‘Dagelijks komen wij lastenboeken tegen waarbij verschillende opbouwen door elkaar worden voorgesteld. De Belgische markt heeft nood aan bijschaving van de kennis rond extensieve en intensieve groendaken.’ **EMC Green Roofs**

De groendakaanleg moet degelijk gebeuren zodat de werking en de positieve effecten in het kader van de strijd tegen klimaatopwarming en verbeterd wooncomfort optimaal tot uiting komen.’ **Groenpalet**

Termen als duurzaamheid, stormwatermanagement, klimaatverandering en biodiversiteit zijn aan de orde van de dag. We moeten blijven experimenteren en innoveren voor een groenere wereld.’ **SedumExtra**

INHOUD

1.	Inleiding.....	9
2.	Opbouw demodak.....	10
2.1.	Locatie	10
2.2.	Ontwerp en aanleg	10
2.2.1.	Algemeen	10
2.2.2.	Inhoud vakken op demodak.....	11
2.2.3.	Materialen en opbouw.....	15
3.	Onderhoud	18
4.	Vegetatieopnames	22
4.1.	Aanwezige en bloeiende soorten	22
4.2.	Algemene indruk	25
4.3.	Bedekkingsgraad.....	33
4.4.	Samenvatting.....	36
5.	Virtuele rondleiding + begeleide bezoeken	39
6.	Rekentools klimaatrobuuste steden	40
6.1.	Introductie	40
6.2.	Overzicht rekentools.....	40
6.2.1.	RioNed Rain Tools	40
6.2.2.	Groenblauwpeil	42
6.2.3.	Tool Nature Smart Cities	43
6.2.4.	Climate App KNMI	44
6.2.5.	Toolbox Klimaatbestendige Stad	46
6.2.6.	FAVEUR.....	50
6.2.7.	LIFE@urban roofs – Rekenmodule groene daken.....	52
6.2.8.	Sumaqua_Sirio	55
6.2.9.	Natuurwaardeverkenner	57
6.2.10.	ECOPLAN Scenario Evaluator	59
6.2.11.	Klimaatshadeschatter.....	62
6.3.	Samenvatting.....	62
	Bijlage A: werkpakket sensoren	66
	Bijlage B: foto's bloeiende soorten	67

Tabellenlijst

Tabel 1 Overzicht van de verschillende vlakken op het demodak	13
Tabel 2 herkomst materialen voor samenstelling alternatieve substraten	16
Tabel 3 Overzicht van het uitgevoerde onderhoud op de demo met de vegetatiemogelijkheden (Vlak A1 - A6 op helling), op 15/07/2022.	19
Tabel 4 Overzicht van de waargenomen aangeplante en spontane soorten in de verschillende demo's.....	23
Tabel 5 outputparameters van de tool klimaatbestendige stad	47
Tabel 6 Enkele relevante resultaten uit de fictieve scenario's met de Tool Klimaatbestendige Stad	49
Tabel 7 Karakteristieken van 2 hypothetische groendaken voor berekening van afvloeicoëfficiënt en waterberging met de tool FAVEUR	51
Tabel 8 Resultaten van de FAVEUR tool voor de 6 hypothetische groendaken voor de gemiddelde jaarlijkse afvloeicoëfficiënt en waterberging	51
Tabel 9 Opgenomen natuurpunten in LIFE@UrbanRoofs.....	53
Tabel 10 beschrijving en effecten van typen daken opgenomen in LIFE@Urban Roofs.....	54
Tabel 11 Jaarlijkse kwantitatieve maatschappelijke baten voor scenario 1, de begroening van het volledige dak van PXL Green&Tech.....	55
Tabel 12 Overzicht van de mogelijke ecosysteemdiensten die berekend worden met Natuurwaardeverkenner.....	58
Tabel 13 Belangrijkste resultaten voor de fictieve case met Natuurwaardeverkenner, waarbij het volledige dak van PXL Green&Tech begroend wordt met een extensief groendak of een intensief groendak.....	58
Tabel 14 De ecosysteemdiensten die met module 2 van de ECOPLAN SE plug-in berekend kunnen worden	61
Tabel 15 Samenvatting verschillende uitgeteste tools	63

Figurenlijst

Figuur 1 Bereikbaarheid demodak. Corda Campus; Kempische Steenweg 293; 3500 Hasselt. Vanaf de Kempische Steenweg, volg de pijlen naar de bezoekersparking. Het demodak bevindt zich op en naast de Corda Bar (geel vierkant 1 en 2)	10
Figuur 2 Infobord geïnstalleerd aan het demodak.....	11
Figuur 3 Overzichtsfoto van het demodak op het hellende dak van de Corda Bar (BOVEN) en op het grasveld op grondniveau (onder). De proefvlakken kregen hierbij een nummer (uitleg zie Tabel 1).....	12
Figuur 4 Samenstelling van de 3 alternatieve substraten (zie eindrapport deel 2). Deze werden naast een proefvlak met standaard extensief groendaksubstraat geïnstalleerd	15
Figuur 5 Overzicht demo thema 'substraten' op de helling na aanleg.....	15
Figuur 6 reeds aanwezige materialen op het hellende groendak die voor het demodak hergebruikt werden. Links: bescherm-absorptielaag. Rechts: drainage/anti-afschuifstelsel.....	15
Figuur 7 Detail van de vier gebruikte substraten in demo B (helling) en D (bakken grondniveau). Linksboven: standaard extensief substraat; rechtsboven: alternatief substraat 1; linksonder: alternatief substraat 2; rechtsonder: alternatief substraat 3.	16
Figuur 8 Opstelling bakken op grondniveau	17
Figuur 9 Visuele weergave van de neerslag, temperatuur en zonneschijnduur van de lente (boven) en zomer (onder) van 2022 in verhouding tot vorige jaren. (Bron: Klimatologische overzichten van 2022. KMI, 2022)	19
Figuur 10 Demo A1 (sedumspruiten) op 15/07 voor en na het onderhoud.	20
Figuur 11 opmerkingen bij het demodak tijdens eerste maand na aanleg. boven: problemen met mosvegetatie. linksonder: Stuk losliggend net bij de sedummat (demo A5). rechtsonder: Door zwaartekracht in combinatie met wind en neerslag, schuift deel van het cellenglas naar beneden op de helling.	21
Figuur 12 Mossoorten op het mosdak (A3b)	22
Figuur 13 Bakken op grondniveau op 22/03/2022.	26

Figuur 14 Bloeiende klapprozen op biodiversiteitsdak met zaadmengsel (mei 2022)	27
Figuur 15 Bakken op grondniveau op 9/05/2022.	28
Figuur 16 Bloeiende planten op biodiversiteitsdak met plugplantjes (juni 2022)	29
Figuur 17 Bakken op grondniveau op 10/06/2022.	30
Figuur 18 BAKKEN OP GRONDNIVEAU OP 15/07/2022.	32
Figuur 19 Voorbeeld van hoe de app Canopeo een overzichtsfoto omzet in een zwart - wit beeld, waarbij de groene pixels wit worden en de rest zwart. De verhouding wit/zwart bepaalt de bedekkingsgraad.	33
Figuur 20 Evolutie van de bedekking in zone A van het demodak (Vegetatieopties)	34
Figuur 21 Evolutie in bedekking in zone B en D van het demodak (alternatieve substraten)	35
Figuur 22 Evolutie in bedekking in zone C van het demodak (waterretentie)	36
Figuur 23 Screenshot van de virtuele rondleiding op het demogroendak, ontwikkeld in Kuula.	39
Figuur 24 Schematische voorstelling van de werking van een groenblauw dak in de rekentool RainTools (www.raintools.nl).	41
Figuur 25 Volledige waterbalans voor een bepaalde wijk na een regenbui. Links de situatie blauwdak met één afvoerpunt/50m ² , rechts een blauwdak met drie afvoerpunten/m ²	42
Figuur 26 Visuele weergave van hoe een output van een bepaald scenario er met de Nature Smart Cities tool kan uitzien (https://naturesmartcities.eu/)	44
Figuur 27 Infociche van extensieve groendaken, uit https://www.climateapp.nl/	45
Figuur 28 Projectlocatie PXL Green&Tech ingetekend in de Tool Klimaatbestendige Stad (https://kbstoolbox.nl/nl/)	48
Figuur 29 Projectlocatie Bedrijventerrein WTCB ingetekend in de Tool Klimaatbestendige Stad (https://kbstoolbox.nl/nl/)	49
Figuur 30 grafiek met visuele weergave van de resultaten van de faveur tool voor 4 hypothetische groendaken, die vergeleken worden met een naakt dak en een grinddak.....	51
Figuur 31 Voorbeeld van simulatierapport met gebruik van de Sumaqua tool van Sirio.	57
Figuur 32 Projectlocatie PXL Green&Tech als fictief begroeningsscenario in de Natuurwaardeverkenner	58
Figuur 33 Overzicht van de verschillende beschikbare tools binnen het ECOPLAN project	60
Figuur 34 Overzicht van het globale proces van de ECOPLAN SE plug-in. Er zijn 3 modules met submodules die doorlopen moeten worden.	60

1. INLEIDING

In stedelijke omgevingen is men steeds meer actief op zoek naar manieren om om te gaan met uitdagingen op vlak van klimaat, biodiversiteit, gezondheid en welbevinden. De aanleg van groendaken is één van de maatregelen die genomen kan worden om klimaatuitdagingen aan te pakken en de leefbaarheid in steden te verhogen. Vaak is men echter niet op de hoogte welke eigenschappen van groendaken nu het meest effectief zijn om in te spelen op de klimaatproblematiek. Zoals in het hoofdstuk rond typologie uit eindrapport deel 1 aangetoond werd, is er een hele waaier aan groendaktypes, en ook de mogelijke materialen en opbouwsystemen zijn divers. Vaak is men beperkt qua budget en kiest men voor de goedkoopste optie, namelijk een standaard extensief groendak. Door het beter informeren van burgers en lokale besturen omtrent de voordelen van de verschillende groendaksystemen op de markt, kan men een doordachtere keuze maken die meer voordelen biedt naar klimaatrobuustheid toe op lange termijn. In het project werd dan ook als doelstelling geformuleerd om via een kwantitatieve benadering de functionaliteit in termen van klimaatrobuustheid van verschillende standaard en alternatieve groendaksystemen te achterhalen.

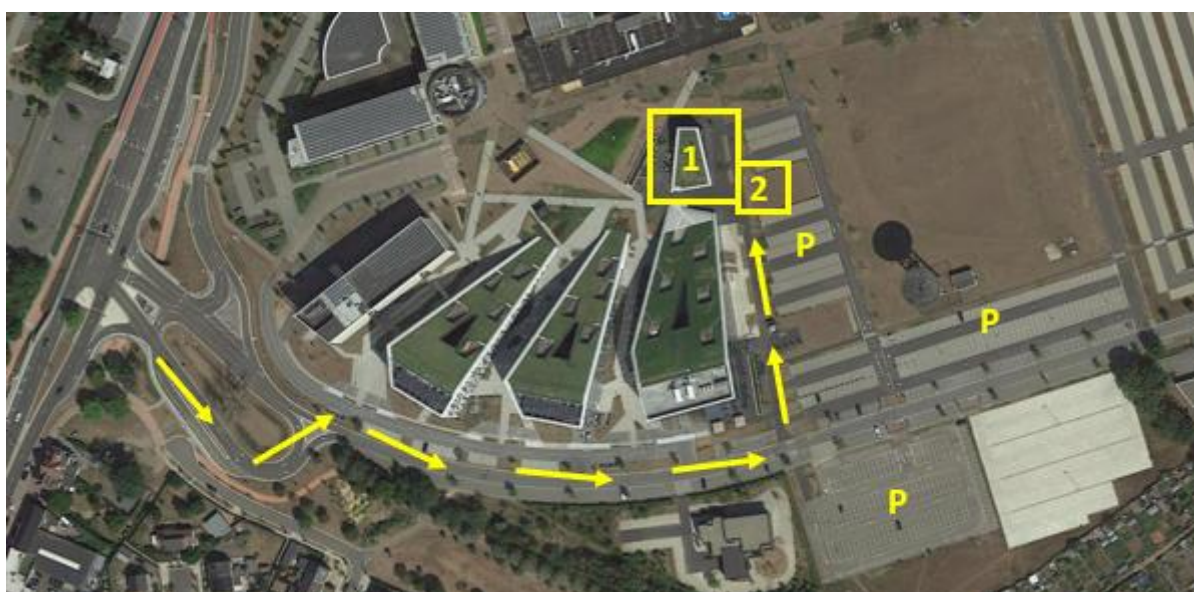
Een vrij te bezichtigen demodak met verschillende materiaalkeuzes voor extensieve groendaken werd geïnstalleerd op de Corda Campus te Hasselt. De nadruk in de demo's ligt op de beplanting, het substraat en de drainagelaag. Vanaf de aanleg van het demodak, aan de start van het laatste projectjaar, werd de evolutie in de beplanting op regelmatige basis opgevolgd. De ervaringen worden in dit hoofdstuk weergegeven. Parallel loopt er binnen dit project een onderzoek naar de ontwikkeling van een sensorensysteem ¹ om de verschillen tussen de demo's op te volgen (zie bijlage A). Zo zal men op termijn de substraattemperatuur en -vochtigheid kunnen opvolgen om een goed beeld te krijgen van de verschillende gebruikte materialen. Welk design het meeste bijdraagt aan klimaatrobuustheid zal zo ook op een meer kwantitatieve manier vastgesteld kunnen worden.

¹ Omwille van verschillende praktische obstakels konden de sensoren niet geïnstalleerd worden op het demodak tijdens de periode van dit project.

2. OPBOUW DEMODAK

2.1. LOCATIE

De voorziene timing van aanleg was april 2021. Deze kon echter niet gehaald worden wegens een vertraging van de juridische goedkeuring voor gebruik van de voorziene locatie te GreenVille, Houthalen. Omwille van administratieve en praktische problemen met de oorspronkelijk voorziene locatie moest er na zes maanden verloop naar een alternatief gezocht worden. Verschillende locaties werden aangeboden en de voor- en nadelen ervan werden afgewogen. Veelal hadden de nadelen te maken met een te kleine oppervlakte, toegankelijkheid, toestemming, veiligheidsvoorzieningen, beschaduwing, draagkracht en een onzekere bestemming de komende jaren. Uiteindelijk werd de Corda Bar (Corda Campus, Hasselt) (Figuur 1) gekozen wegens de meeste voordelen. Zo is er reeds een grasdak op aanwezig, met de verschillende onderlagen die noodzakelijk zijn voor een kwalitatieve groendakopbouw. De enige beperking van deze locatie is de sterke helling, die zeker een invloed zal hebben op de waterbeschikbaarheid en vegetatiegroei, maar anderzijds ook zorgt voor een zeer goede zichtbaarheid. Het nadeel van de helling wordt daarom deels gecompenseerd door ook bakken op grondniveau te voorzien. Najaar 2021 konden de aanlegwerken starten.



FIGUUR 1 BEREIKBAARHEID DEMODAK. CORDA CAMPUS; KEMPISCHE STEENWEG 293; 3500 HASSELT. VANAF DE KEMPISCHE STEENWEG, VOLG DE PIJLEN NAAR DE BEZOEKERSPARKING. HET DEMODAK BEVINDT ZICH OP EN NAAST DE CORDA BAR (GEEL VIERKANT 1 EN 2)

2.2. ONTWERP EN AANLEG

2.2.1. ALGEMEEN

Uit eerdere gesprekken met de sector kwam naar voor dat het zeer belangrijk was om verschillen in beplantingsopties te tonen, evenals verschillende drainage-buffersystemen. Ook verschillen in substraatdikte zouden zinvol geweest zijn, evenals een ruimere selectie aan materialen, en een combi met zonnepanelen. Echter waren we door de aard van de locatie beperkt tot het demonstreren van mogelijkheden op een beperkte substraatdikte, en was er ook een beperking op het aantal demo's die mogelijk waren. Ook het testen van de alternatieve substraten uit deel 2 van het project diende een onderdeel te vormen van het demogroendak. Uiteindelijk werd gekozen voor volgende thema's:

- A) Vegetatieopties (op helling)
- B) Alternatieve substraten (op helling)
- C) Waterretentie/drainageopties (op grondniveau)

D) Alternatieve substraten (op grondniveau)

Voor alle demo's werd een vijf laagse opbouw gekozen, dit is de meest kwalitatieve opbouw en bestaat van onder tot boven uit: onderconstructie; bescherm laag; drainage/bufferlaag met filtervlies; substraat en vegetatie.

Een infobord aan de ingang van het demodak maakt bezoekers attent op de beoogde doelstellingen (Figuur 2). In totaal bestaat het demodak uit 10 verschillende groendaksystemen van 9m² op het hellende deel en acht groendakbakken van 1m² op grondniveau.



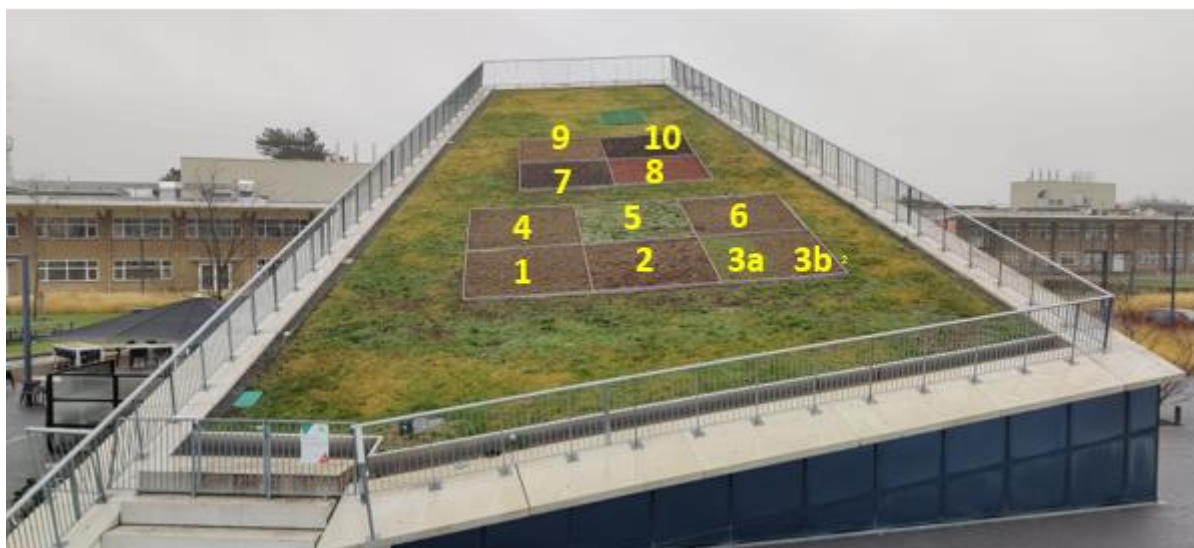
FIGUUR 2 INFOBORD GEÏNSTALLEERD AAN HET DEMODAK

2.2.2. INHOUD VAKKEN OP DEMODAK

In de vakken met de nummers 1-6 worden verschillende vegetatiemogelijkheden getoond (Figuur 3; Tabel 1).

In de vakken met de nummers 7-10 wordt een standaard extensief groendaksubstraat vergeleken met drie zelf samengestelde duurzame substraten (Figuur 3-5). De beplanting bestaat hier net zoals demo 2 uit een mix van kruidenplantjes en sedum spruiten. In vak 2-4 met duurzaam alternatief substraat werd ook 10% groencompost toegevoegd. Dit is de maximum aangeraden hoeveelheid organisch materiaal voor extensieve groendaksubstraten.

In de vier linkse bakken op grondniveau worden vier verschillende systemen voor drainage/waterbuffering getest (vak 11-14). De vier rechtse bakken op grondniveau (vak 15-18) zijn qua inhoud identiek aan de vakken 7-10 op de helling, maar dan kleiner en vlak.



FIGUUR 3 OVERZICHTSFOTO VAN HET DEMODAK OP HET HELLENDE DAK VAN DE CORDA BAR (BOVEN) EN OP HET GRASVELD OP GRONDNIVEAU (ONDER). DE PROEFVLAKKEN KREGEN HIERBIJ EEN NUMMER (UITLEG ZIE TABEL 1)

TABEL 1 OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE VLAKKEN OP HET DEMODAK

Vlak nummer	Thema	Locatie	Naam	Beschrijving	Opp. (m ²)	Extra info
1	Vegetatie	Helling	A1. Sedumdak 'plantjes'	Sedum plugplantjes op extensief groendaksubstraat	9	20 stuks/m ²
2	Vegetatie	Helling	A2. Biodiversiteitsdak 'plantjes'	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat	9	15 stuks/m ² + 150g/m ²
3a	Vegetatie	Helling	A3a. Grasdak	Graszaad op extensief groendaksubstraat	4,5	
3b	Vegetatie	Helling	A3b. Mosdak	Mosbeplanting EnGreDi op extensief groendaksubstraat	4,5	Dit Mosdak is nog in testfase. Het maakt deel uit van een lopend onderzoeksproject van bedrijf EnGreDi bv.
4	Vegetatie	Helling	A4. Biodiversiteitsdak 'zaadmengsel'	Biodivers zaadmengsel op extensief groendaksubstraat	9	1g/m ²
5	Vegetatie	Helling	A5. Sedumdak 'matten'	Vegetatiemat op extensief groendaksubstraat	9	
6	Vegetatie	Helling	A6. Biodiversiteitsdak 'natuurdak'	Lokale vegetatie (zaden verzameld in schraalgraslanden langs Albertkanaal) op extensief groendaksubstraat	9	
7	Substraat	Helling	B1. Standaard groendaksubstraat	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat	9	
8	Substraat	Helling	B2. Alternatief substraat 1	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 1	9	90% gebroken rode baksteen
9	Substraat	Helling	B3. Alternatief substraat 2	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 2	9	45% gerecycleerd mengaggregaat + 45% gebroken cellenglas
10	Substraat	Helling	B4. Alternatief substraat 3	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 3	9	45% gebroken keramische dakpannen + 45% gebroken cellenglas
11	Waterberging	Grondniveau	C1. Lage waterbuffering	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat en drainagelaag met zeer lage waterbuffering	1	
12	Waterberging	Grondniveau	C2. Standaard waterbuffering	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief	1	

				groendaksubstraat en drainagelaag met medium/standaard waterbuffering		
13	Waterberging	Grondniveau	C3. Verhoogde waterbuffering	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat en drainagelaag met hogere waterbuffering	1	
14	Waterberging	Grondniveau	C4. Aggrofoam	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat en drainagelaag Aggrofoam van Federal Eco Foam.	1	Dit drainagemateriaal is nog in testfase en wordt niet standaard voor groendaken voorgeschreven. Het heeft dainerende eigenschappen en is 100% gerecycleerd. Agglofoam is een product van Federal Eco Foam.
15	Substraat	Grondniveau	D1. Standaard groendaksubstraat	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op extensief groendaksubstraat	1	drainagelaag met medium/standaard waterbuffering
16	Substraat	Grondniveau	D2. Alternatief substraat 1	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 1	1	90% gebroken rode baksteen; drainagelaag met medium/standaard waterbuffering
17	Substraat	Grondniveau	D3. Alternatief substraat 2	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 2	1	45% gerecycleerd mengaggregaat + 45% gebroken cellenglas; drainagelaag met medium/standaard waterbuffering
18	Substraat	Grondniveau	D4. Alternatief substraat 3	Mix kruiden plugplantjes + sedum spruiten op alternatief substraat 3	1	45% gebroken keramische dakpannen + 45% gebroken cellenglas; drainagelaag met medium/standaard waterbuffering

Gemalen rode baksteen (90%)	Gerecycleerd gemengd aggregaat (45%)	Gebroken dakpannen (45%)
	Gebroken schuimglas (45%)	Gebroken schuimglas (45%)
Compost (10%)	Compost (10%)	Compost (10%)
Alternatief substraat 1	Alternatief substraat 2	Alternatief substraat 3

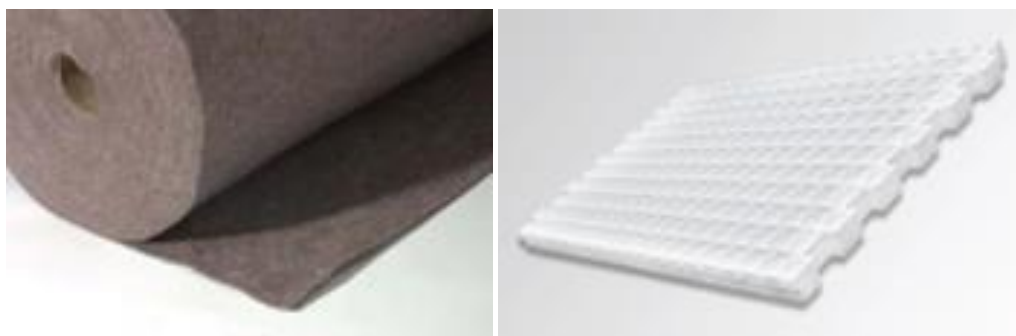
FIGUUR 4 SAMENSTELLING VAN DE 3 ALTERNATIEVE SUBSTRATEN (ZIE EINDRAPPORT DEEL 2). DEZE WERDEN NAAST EEN PROEFVLAK MET STANDAARD EXTENSIEF GROENDAKSUBSTRAAT GEÏNSTALLEERD



FIGUUR 5 OVERZICHT DEMO THEMA 'SUBSTRATEN' OP DE HELLING NA AANLEG

2.2.3. MATERIALEN EN OPBOUW

Op de helling werd zoveel mogelijk van het reeds aanwezige substraat hergebruikt. Ook het drainagelaag die eveneens dient als anti-afschuifstelsysteem, bleven behouden (Figuur 6). De grasmatten werden lokaal weggehaald, aluminium profielen werden geplaatst om de demo's af te boorden, en substraat werd aangevuld tot ongeveer 10 cm substraatdikte.



FIGUUR 6 REEDS AANWEZIGE MATERIALEN OP HET HELLENDE GROENDAK DIE VOOR HET DEMODAK HERGEBRUIKT WERDEN. LINKS: BESCHERM-ABSORPTIELAAG. RECHTS: DRAINAGE/ANTI-AFSCHUIFSYSTEEM

De materialen voor de alternatieve substraten zijn afkomstig van verschillende leveranciers en werden ter plaatse samengesteld (Tabel 2). De finale samenstellingen zien er visueel uit zoals in Figuur 7.

TABEL 2 HERKOMST MATERIALEN VOOR SAMENSTELLING ALTERNATIEVE SUBSTRATEN

Materiaal	Herkomst
Gerecycleerde rode baksteen	Tennisbrick
Gerecycleerd mengaggregaat 0/8mm	Adams-Polendam
Gebroken cellenglas	Owens Corning; zeer broos; grof materiaal (<7cm) verder verkleind door ter plaatse te mengen met ander substraatmateriaal
Gebroken keramische tegels	Afgekeurde tegels van Wienerberger → gebroken bij Centre Terre et Pierre
Groencompost/bodemverbeteraar	Eyrde/Copertiz; zelf afgehaald bij Bionerga te Sint Truiden



FIGUUR 7 DETAIL VAN DE VIER GEBRUIKTE SUBSTRATEN IN DEMO B (HELLING) EN D (BAKKEN GRONDNIVEAU). LINKSBOVEN: STANDAARD EXTENSIEF SUBSTRAAT; RECHTSBOVEN: ALTERNATIEF SUBSTRAAT 1; LINKSONDER: ALTERNATIEF SUBSTRAAT 2; RECHTSONDER: ALTERNATIEF SUBSTRAAT 3.

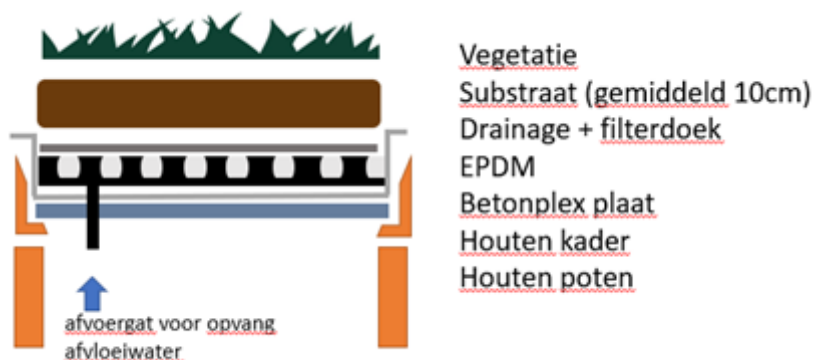
Bij de zoektocht naar bruikbare alternatieve substraatmaterialen bleek dat veel potentiële bedrijven dergelijke kleine hoeveelheden niet breken (of enkel aan zeer hoge prijs), deze niet in bigbags kunnen voorzien en/of niet willen transporteren naar de testlocatie.

De aanleg van het demodak vond plaats in november 2021. De bestelde materialen werden ter plaatse geleverd, of afgehaald (bvb. groencompost). Het breken van de grotere fracties van de dakpannen en het gemengd

aggregaat werd reeds op voorhand door een breekinstallatie gedaan. Het cellenglas was echter nog te grof, het verdere breken kon voor deze kleine hoeveelheid niet in de fabrieksomgeving gebeuren.

Ter plaatse werden met behulp van een betonmolen de stenige substraten vermengde met de groencompost. Tijdens dit proces werd het cellenglas verder verfijnd tot kleinere fracties. Dit proces zorgde echter voor veel stofvorming, waardoor een mondmasker en beschermende kledij absoluut noodzakelijk waren. Voor toekomstige toepassingen dient bekeken te worden om dit onder gecontroleerde omstandigheden uit te voeren zonder gezondheidsrisico's.

Op grondniveau werden acht verhoogde opstellingen van 1m² geplaatst (Figuur 8). De opbouw hiervan (uitgezonderd de dakafwerking) komt overeen met de lagen in een extensief groendak (zie schema). De houten kaders en betonplexplaten werden gerecupereerd van een eerder groendakexperiment van Hogeschool PXL. Voor de verdere afwerking werden nieuwe materialen gebruikt.



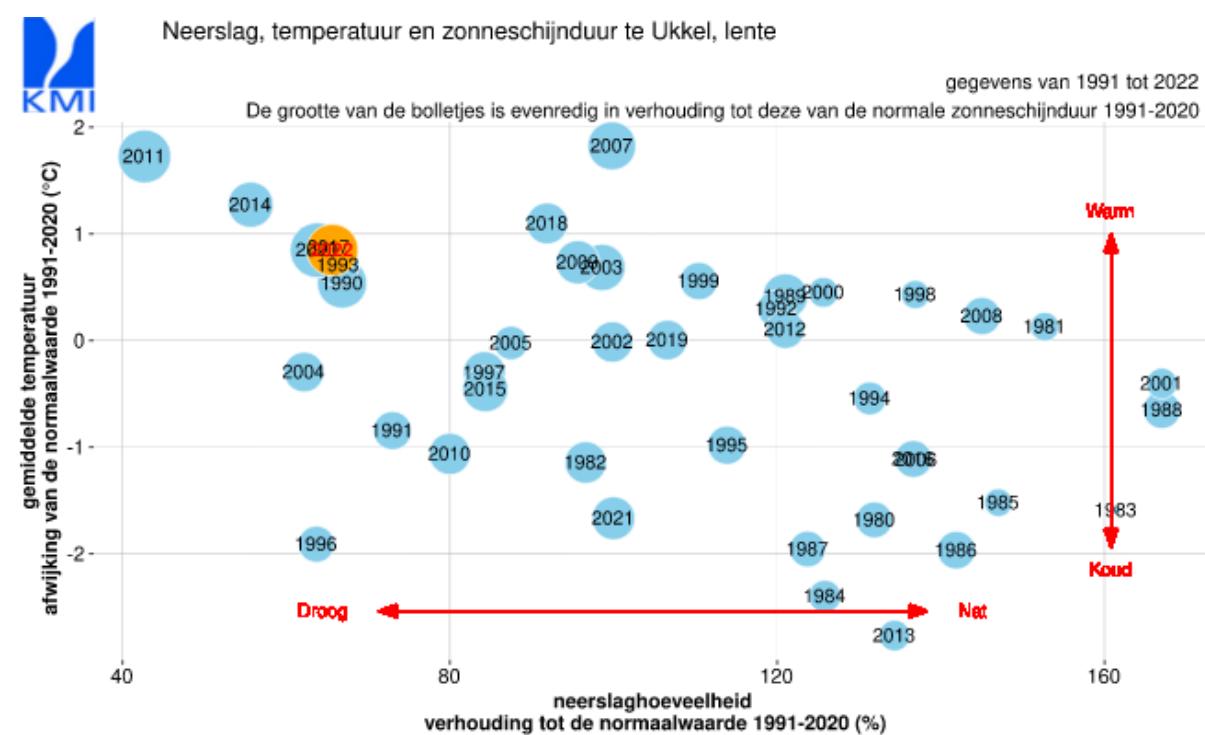
FIGUUR 8 OPSTELLING BAKKEN OP GRONDNIVEAU

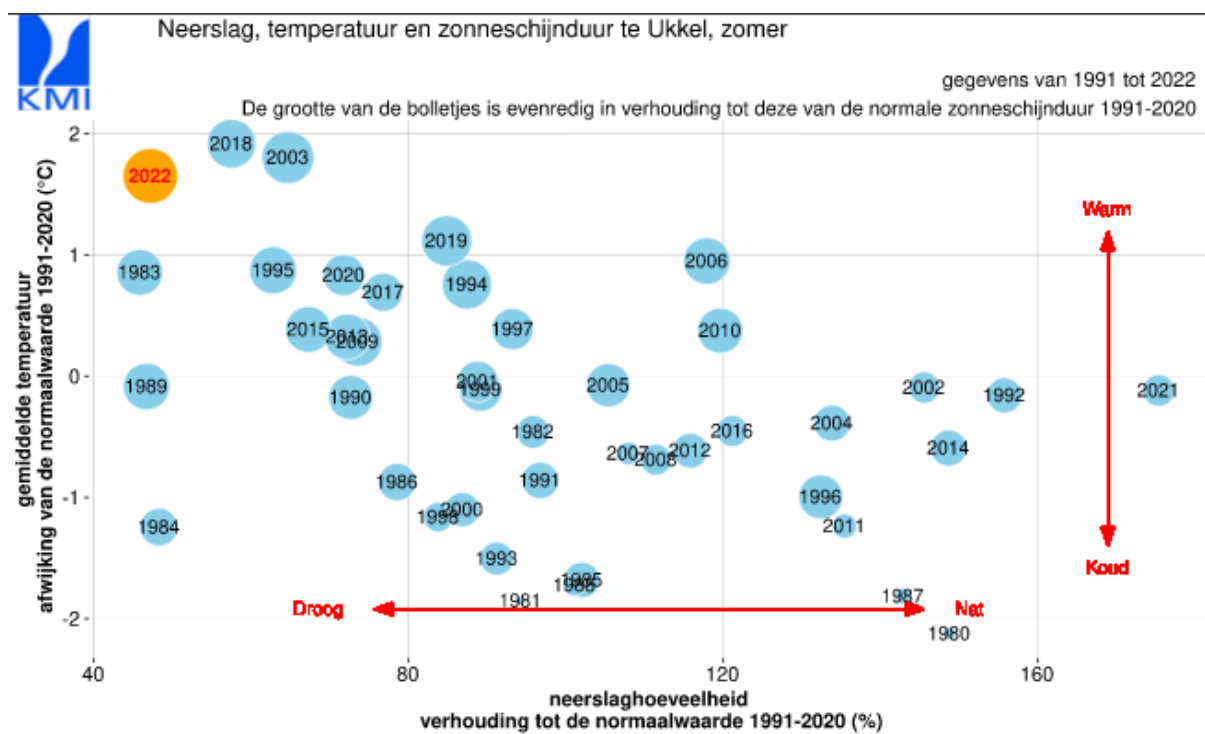
3. ONDERHOUD

Tijdens de winter en het voorjaar werd voornamelijk gewaakt over de goede hechting van de plugplantjes in het substraat. Door het gure weer (neerslag, wind), en de interesse van de eksters en kauwen, werden in de periode februari - maart 2022 veel plugplantjes uitgetrokken en rolden ze naar beneden tot de afboording van het proefvlak. Waar mogelijk werden de plugplantjes terug in het substraat gestoken, maar we merken hierdoor toch een uitval in aantal aangebrachte plugplantjes.

Het voorjaar werd gekenmerkt door enkele lange droge en warme periodes (Figuur 9), waarbij de demo's in mei/juni een drietal keer bewaterd werden. De bakken op grondniveau kregen zo telkens 10 l/m² water (volle gieter). Op de helling werd door EcoWorks tijdelijk een sproeisysteem geïnstalleerd dat tijdens deze droge periode iedere 2 à 3 dagen in de voormiddag het demodak bewaterde.

De zomer van 2022 was ook een uitzonderlijke droge en warme periode (Figuur 9). In juli en augustus werden de bakken niet bijkomend bewaterd. Eind augustus werd de vegetatie nog eens opgenomen.





FIGUUR 9 VISUELE WEERGAVE VAN DE NEERSLAG, TEMPERATUUR EN ZONNESCHIJNDUUR VAN DE LENTE (BOVEN) EN ZOMER (ONDER) VAN 2022 IN VERHOUDING TOT VORIGE JAREN. (BRON: KLIMATOLOGISCHE OVERZICHTEN VAN 2022. KMI, 2022)

Doorheen het voorjaar was de situatie in de demo's ideaal voor zaden van omringende plantensoorten (grassen en kruiden) om te kiemen. Vooral de demo's waar de bedekking initieel zeer laag was, zoals A1 (enkel sedumspruiten), werd snel gedomineerd door onder andere paardenbloemen, handjesgras en knopkruid. Op 15 juli werd besloten om zowel de uitgedroogde als de ongewenste beplanting zo veel mogelijk manueel te verwijderen. Hierbij werd gelet op de benodigde tijd om het onderhoud uit te voeren en een aanvaardbaar resultaat te bekomen. Alle spontane begroeiing verwijderen was geen optie door de beperkte tijd om aan dit onderhoud te besteden (Tabel 3; Figuur 10).

TABEL 3 OVERZICHT VAN HET UITGEVOERDE ONDERHOUD OP DE DEMO MET DE VEGETATIEMOGELIJKHEDEN (VLAK A1 - A6 OP HELLING), OP 15/07/2022.

Demo	Tijdsduur onderhoud (minuten)	Opmerkingen
A1 (sedum)	50	Nog niet helemaal in orde. Zeer veel paardenbloem en grassen aanwezig. Sedum valt hierdoor niet op.
A2 (sedum + kruiden plugs)	/	Nog veel planten in bloei. Hoofdzakelijk kruiden uit het zaadmengsel. Ongewenste kruiden vallen niet op.
A3a (graszaad)	5	Enkel de grotere paardenbloemen verwijderd.
A3b (mossen)	15	Alles verwijderd, het mos was helemaal overwoekerd door de paardenbloemen en grassen.
A4 (sedum + kruiden zaad)	20	Veel uitgedroogde bloestengels (waaronder klaproos) vrij eenvoudig verwijderd. Nog veel paardenbloemen en grassen aanwezig, maar niet overwoekerd
A5 (sedummat)	10	Alle aanwezige paardenbloemen vrij eenvoudig verwijderd
A6 (natuurdak zaden)	/	Hier wordt spontane kolonisatie van soorten uit de omgeving toegelaten, kunnen ook in het zaadmengsel gezeten hebben. Enkel probleemsoorten dienen verwijderd te worden, maar momenteel geen problemen.



FIGUUR 10 DEMO A1 (SEDUMSPRUITEN) OP 15/07 VOOR EN NA HET ONDERHOUD.

Andere zaken die aandacht vereisten tijdens het voorjaar waren de volgende (Figuur 11):

- De mosvegetatie (Engredi) werd aangebracht in voorgekweekte bakken. Ook dit vonden de vogels zeer interessant, waardoor al snel veel mossen losgewoeld werden. Daarop werd beslist om een net te spannen over deze demo.
- De waterbeschikbaarheid in de bakken, in combinatie met de helling, zorgde al snel dat de mossen uitdroogden. Hier werd ingegrepen door het mos uit de bakken te halen en rechtstreeks op het substraat te leggen, opnieuw met een net eroverheen. Echter bleek dit na enige tijd geen oplossing te bieden voor de uitdroging van de mossen, ondanks dat in die periode veel bewaterd werd.
- De sedummat zorgt over het algemeen voor een goede bedekking, maar toch zijn er hier en daar gaten in de vegetatie waarneembaar, waar dan de onderliggende netstructuur zichtbaar wordt.
- Het cellenglas in demo B3 en B4 op de helling, gleed onder invloed van wind en neerslag naar beneden. Bij bezoek werd het zo veel mogelijk terug vermengd met de rest van het substraat.





FIGUUR 11 OPMERKINGEN BIJ HET DEMODAK TIJDENS EERSTE MAANDAN NA AANLEG. BOVEN: PROBLEMEN MET MOSVEGETATIE. LINKONDER: STUK LOSLIGGEND NET BIJ DE SEDUMMAT (DEMO A5). RECHTSONDER: DOOR ZWAARTEKRACHT IN COMBINATIE MET WIND EN NEERSLAG, SCHUIFT DEEL VAN HET CELLEGLAS NAAR BENEDEN OP DE HELLING.

4. VEGETATIEOPNAMES

4.1. AANWEZIGE EN BLOEIENDE SOORTEN

In totaal werden er 19 soorten kruiden en Sedum in de demo's aangebracht. De kruiden werden als plugplantjes aangebracht of als zaadmengsel, de Sedum soorten als kleine stekjes. Daarnaast werden nog 28 soorten genoteerd die spontaan in de demo's zijn terechtgekomen (Tabel 4). Op het mosdak (A3b) werden verschillende soorten mos aangeplant (Figuur 12). Meer informatie over het mosproject en de gebruikte soorten kan opgevraagd worden via EnGreDi bv. In Bijlage B staat een overzicht met foto's van bloeiende soorten waargenomen op het demodak.



FIGUUR 12 MOSSOORTEN OP HET MOSDAK (A3B)

TABEL 4 OVERZICHT VAN DE WAARGENOMEN AANGEPLANTE EN SPONTANE SOORTEN IN DE VERSCHILLENDE DEMO'S.

AANGEPLANT		CONDITIE A VEGETATIEOPTIES						CONDITIE C WATERRETENTIE	CONDITIE B SUBSTRATEN HELLING	CONDITIE D SUBSTRATEN BAKKEN
Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	A1	A2	A3	A4	A5	A6			
<i>Achillea millefolium</i>	Duizendblad									
<i>Armeria maritima</i>	Engels gras									
<i>Dianthus deltooides</i> var.	Steenanjer var.									
<i>Hieracium autantiacum</i>	Oranje havikskruid									
<i>Knautia arvensis</i>	Beemdkroon									
<i>Lotus corniculatus</i>	Rolklaver									
<i>Clinopodium calamintha</i>	Kleine steentijm									
<i>Nepeta cataria</i>	Wild kattenkruid									
<i>Origanum vulgare</i>	Marjolein									
<i>Prunella vulgaris</i>	Gewone brunel									
<i>Sedum acre</i>	Muurpeper									
<i>Sedum album</i>	Wit vetkruid									
<i>Sedum hispanicum</i>	Spaans vetkruid									
<i>Sedum rupestre</i>	Tripmadam									
<i>Sedum sexangulare</i>	Zacht vetkruid									
<i>Thymus</i> spp.	Thijm spp.									
<i>Linaria purpurea</i>	Vlasleeuwebek									
<i>Silene vulgaris</i>	Blaassilene									
<i>Papaver</i> spp.	Klaproos spp.									

SPONTAAN INGEWAAID		CONDITIE A VEGETATIEOPTIES						CONDITIE C WATERRETENTIE	CONDITIE B SUBSTRATEN HELLING	CONDITIE D SUBSTRATEN BAKKEN
Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	A1	A2	A3	A4	A5	A6			
<i>Anthriscus caucalis</i>	Fijne kervel									
<i>Cerastium glomeratum</i>	Kluwenhoornbloem									
<i>Chenopodium album</i>	Melganzevoet									
<i>Fumaria officinalis</i>	Duivenkervel									
<i>Galium spp.</i>	Walstro spp.									
<i>Myosotis ramosissima</i>	Ruw vergeet-me-nietje									
<i>Poa annua</i>	Straatgras									
<i>Senecio vulgaris</i>	Klein kruiskruid									
<i>Stellaria media</i>	Vogelmuur									
<i>Taraxacum spp.</i>	Paardenbloem spp.									
<i>Veronica filiformis</i>	Draadereprijs									
<i>Lactuca serriola</i>	Kompassla									
<i>Centaurea jacea</i>	Knoopkruid									
<i>Hypericum perforatum</i>	Sint Janskruid									
<i>Crepis spp.</i>	Streepzaad spp.									
<i>Trifolium arvense</i>	Hazenpootje									
<i>Cynodon dactylon</i>	Handjesgras									
<i>Festuca spp.</i>	Beemdgras spp.									
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Harig knopkruid									
<i>Epilobium spp.</i>	Wederik spp.									
<i>Sonchus oleraceus</i>	Melkdistel									
<i>Euphorbia spp.</i>	Wolfsmelk spp.									
<i>Medicago lupulina</i>	Hopklaver									
<i>Trifolium repens</i>	Witte klaver									
<i>Verbascum spp.</i>	Toorts spp.									
<i>Leontodon hispidus</i>	Ruige leeuwentand									
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewoon biggenkruid									
<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree									

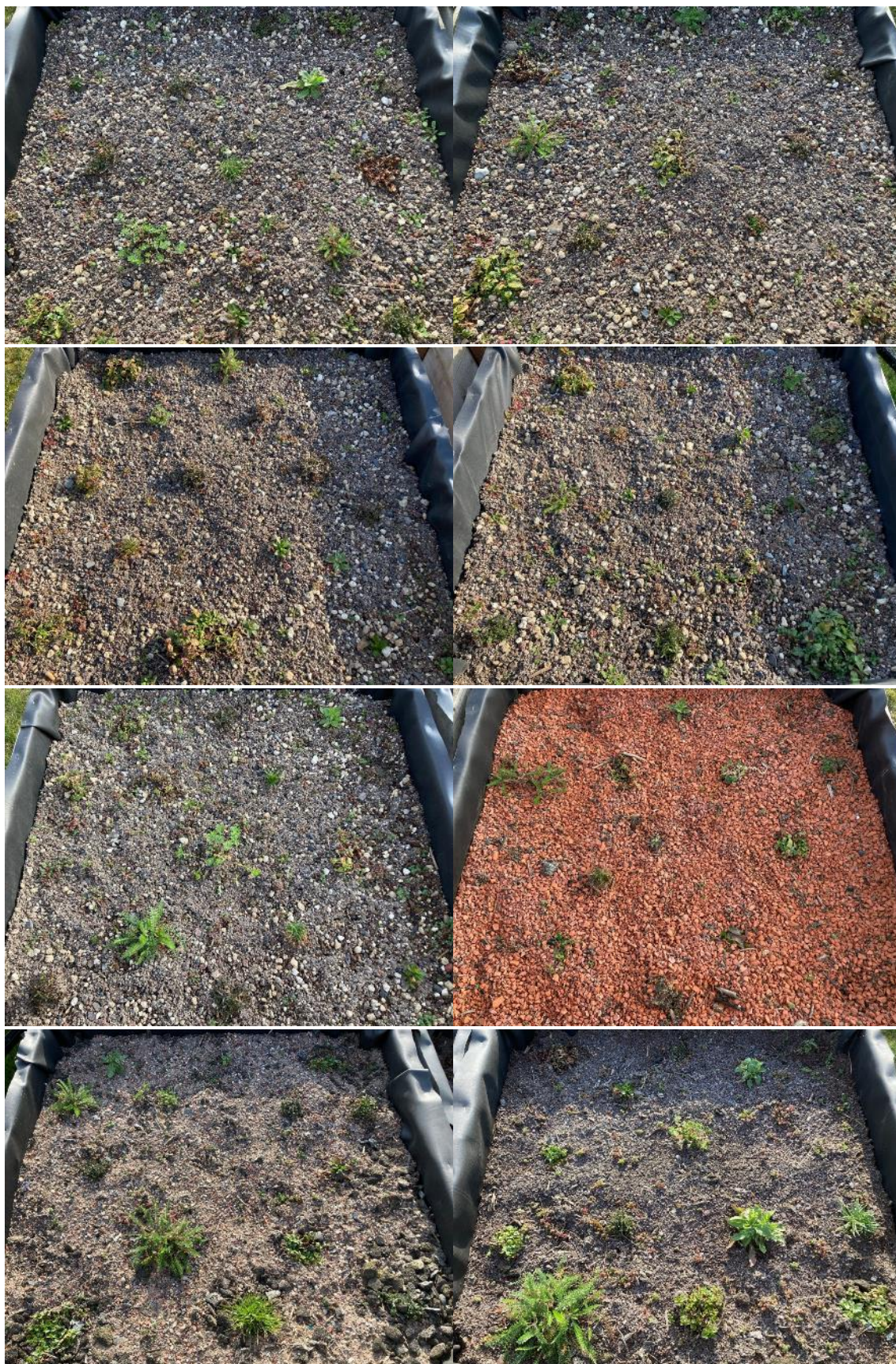
4.2. ALGEMENE INDRUK

Iedere twee weken werden de plantengroei en algemene ontwikkeling van het demodak opgevolgd. Er werd gekeken naar de algemene toestand van de planten in de bakken. Van iedere demo werd een foto gemaakt. De aanwezige soorten (spontaan en zelf aangebracht), de bloeiende soorten werden genoteerd en nadien werd de algemene bedekkingsgraad berekend.

De periode na aanleg viel op dat de plugplantjes in demo B2 en B3 (rode baksteen en gemengd aggregaat) niet goed verankerden. In B4 (gebroken dakpannen) zaten de plantjes iets stabiel vast in het substraat en rolden ze minder snel weg.

In maart 2022 waren de plugplantjes nog klein en was er nog geen bloei. Ook de sedumstekjes waren nog klein en onopvallend. Op de helling rondom de demo stond in deze periode veel paardenbloem in bloei. Ook klavers, geraniums, weegbree en muur zijn volop aanwezig. In demo A zijn een aantal plugplantjes uit A1 en A2 uitgedroogd of naar beneden gerold. Hier is ook veel spontane begroeiing waar te nemen. De mosvegetatie in A3b is op dit moment al vrij uitgedroogd, evenals de grassen in A3a. In de demo's met de zaadmengsels (A4 en A6) is het moeilijk een onderscheid te maken tussen spontane soorten en ingezaaide soorten. In demo B zien we veel uitgedroogde plantjes, met opnieuw een aantal die naar onder gerold zijn. Deze conditie geeft een zeer droge indruk en er is weinig spontane begroeiing. Dit zien we ook in de bakken D2, D3 en D4 op grondniveau. In B4 hebben de meeste planten nog een 'groen' uitzicht. De bakken op grondniveau zien er zeer gelijkaardig uit. Enkel de substraten in demo D (D1-D4) geven iedere bak een uniek karakter qua kleur (Figuur 13).

In April 2022 stond ook het gras rondom het demodak op de helling droog. Algemeen zien we een aantal bloeiende planten, waarvan een aantal een goede groei vertonen. Opnieuw zijn er verschillende plantjes naar beneden gerold in conditie B. Bij de bakken op grondniveau zien we weinig verschillen qua aanwezige soorten en bedekking. In demo A2 (biodiversiteitsdak 'planten') worden de meeste vitale planten genoteerd, ze zien nog groen en zijn goed gegroeid. Op dit moment staan planten van Engels gras, beemdkroon en steenanjer in bloei. Ook paardenbloemen zijn aanwezig, maar deze vallen minder op tussen de andere beplanting. Op het grasdak (A3a) ziet het gras nog mooi groen en heeft het een goede bedekking. We merken hier weinig spontane soorten tussen. Dit in tegenstelling tot het mosdak (A3b), waarbij het mos droog staat en er veel paardenbloemen aanwezig zijn. In demo A4 (biodiversiteitsdak 'zaden') starten de klapprozen te bloeien, en het is duidelijk dat er de komende weken nog veel bloei zal volgen. Paardenbloemen zijn hier ook aanwezig, de meeste zelfs al uitgebloeid. De sedummat (A5) is in orde. Op het natuurdak (A6) zien we veel schapengras, maar nog geen bloeiende soorten. Op demo B zien we nu bloeiende planten van Engels gras, beemdkroon en steenanjer op het standaard extensieve substraat. Op grondniveau is er nog geen bloei waar te nemen in bakken C3 en C4 (hoogste waterretentie). In bakken C1 en C2 staat Engels gras en beemdkroon in bloei, en we vinden één bloeiend plantje gewone duivenkervel in C2. In de bakken van conditie D, zien we één bloeiend plantje fijne kervel in D1, en in de andere bakken start de bloei van beemdkroon, duizendblad, Engels gras en als spontane soort ook straatgras.



FIGUUR 13 BAKKEN OP GRONDNIVEAU OP 22/03/2022.

In mei 2022 staan de klaprozen in A4 (biodiversiteitsdak 'zaden') volop in bloei (Figuur 14). Einde mei zijn ze uitgebloeid. Opvallend is dat de klaprozen niet voorkomen in de aangepaste substraten. In de andere vlakken met standaard extensief substraat zien we hier en daar wel een klaproos, wellicht gekiemd vanuit zaad dat is overgewaaid uit A4. In de bakken op grondniveau staan nu beemdkroon, duizendblad en Engels gras in bloei (Figuur 15).

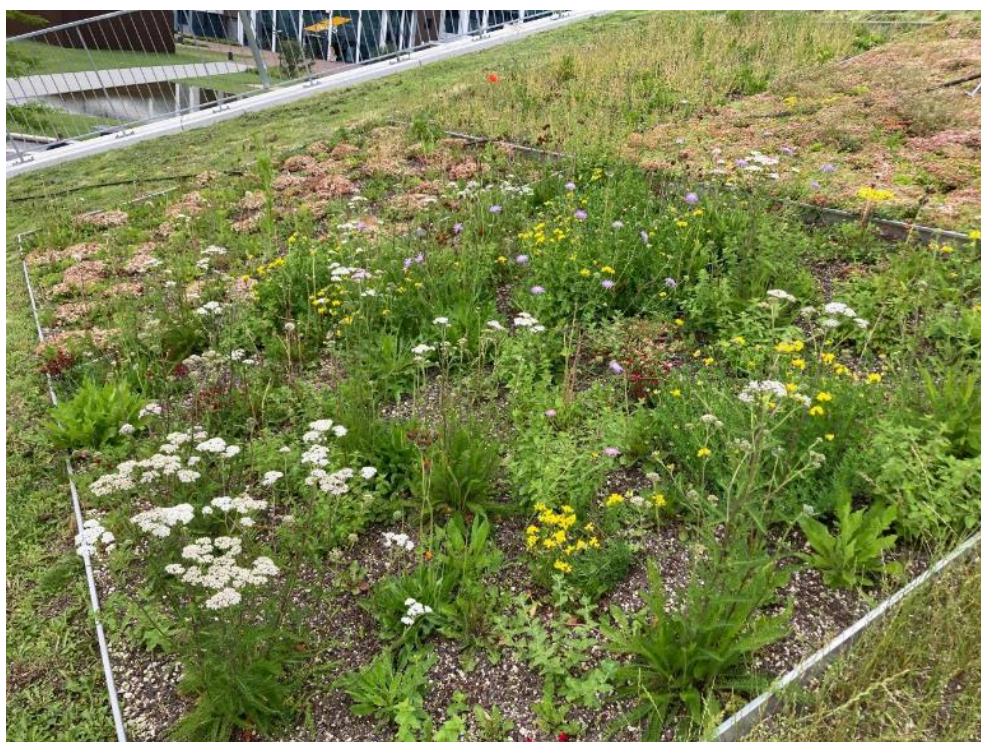


FIGUUR 14 BLOEIENDE KLAPROZEN OP BIODIVERSITEITSDAK MET ZAADMENGSEL (MEI 2022)

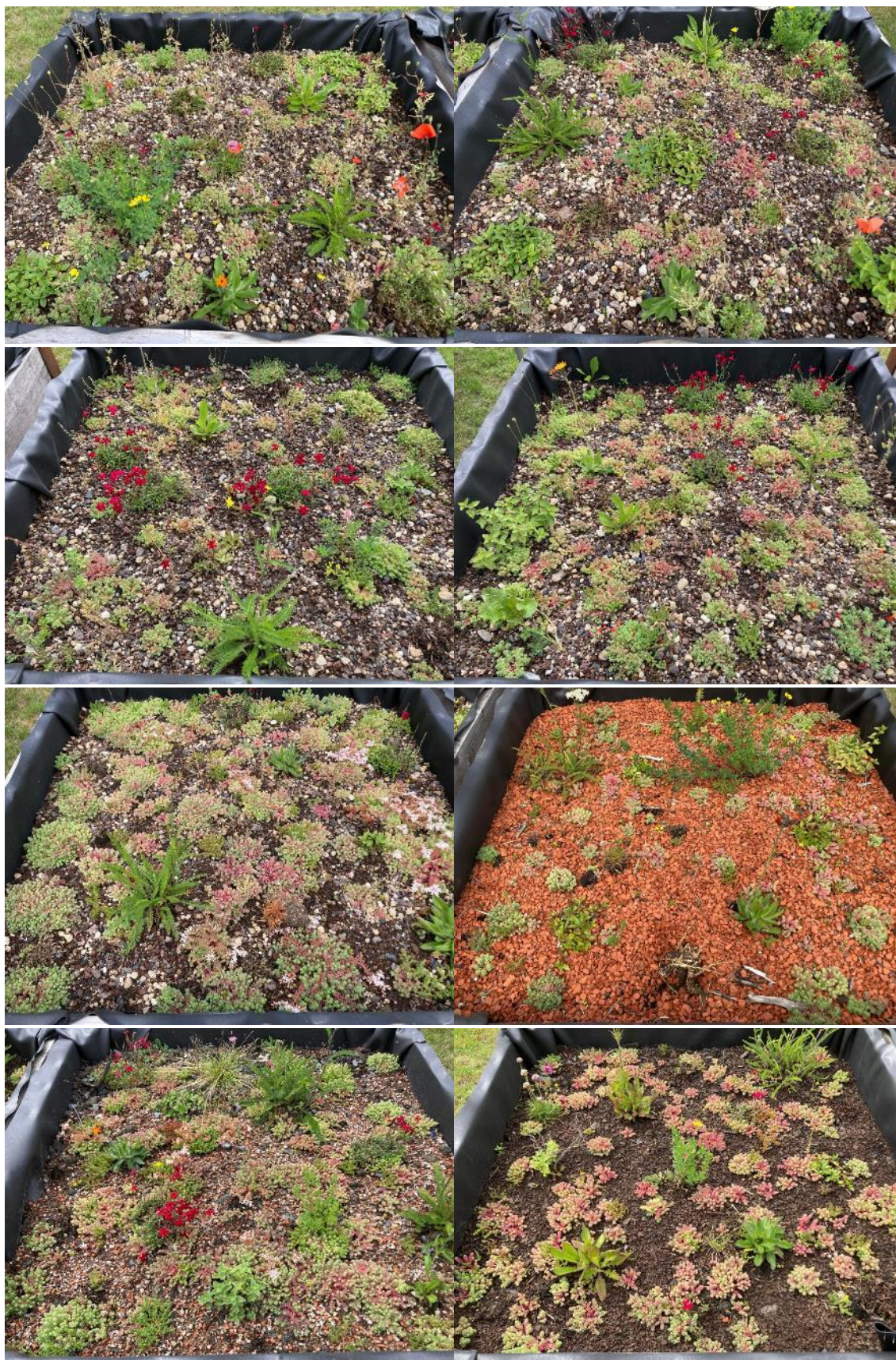


FIGUUR 15 BAKKEN OP GRONDNIVEAU OP 9/05/2022.

In Juni 2022 zijn veel planten al over hun hoogtepunt van bloei heen, zoals klaproos en steenanjer. Het meeste bloei zien we nu in A2 (biodiversiteitsdak 'planten'), met 75% van de planten in bloei, gevolgd door A1 (sedumdak) met ongeveer 40% van de planten in bloei. In A4, A5 en A6 staat tussen de 6 en de 10% van de planten in bloei. In A3 (grasdak en mosdak) is er geen bloei. De mossen zijn volledig uitgedroogd, ondanks dat ze regelmatig water kregen tijdens het droge voorjaar. De planten in A2 zijn ook opvallend groot, waardoor de sedumplantjes hier niet opvallen (Figuur 16). In conditie B met de substraten, noteren we het meeste bloei in B1 (standaard groendaksubstraat, 25% bloei), gevolgd door B4 (20%), B3 (10%) en tot slot B2 (8%). In B2 en B3 is er nog veel kale bodem aanwezig, de sedumstekken lijken hier niet goed op te groeien. Op grondniveau zien we in conditie C een bloei in stijgende lijn met de dikte van de drainagelaag: C1 (2%); C2 (4%); C3 (4%), C4 (5%), hoewel de verschillen zeer klein zijn en de hoeveelheid bloeiende planten zeer laag. Ook in conditie D zien we weinig bloei: D1 (6%); D3 (6%); D2 (4%); D4 (3%) (Figuur 17).



FIGUUR 16 BLOEIENDE PLANTEN OP BIODIVERSITEITSDAK MET PLUGPLANTJES (JUNI 2022)

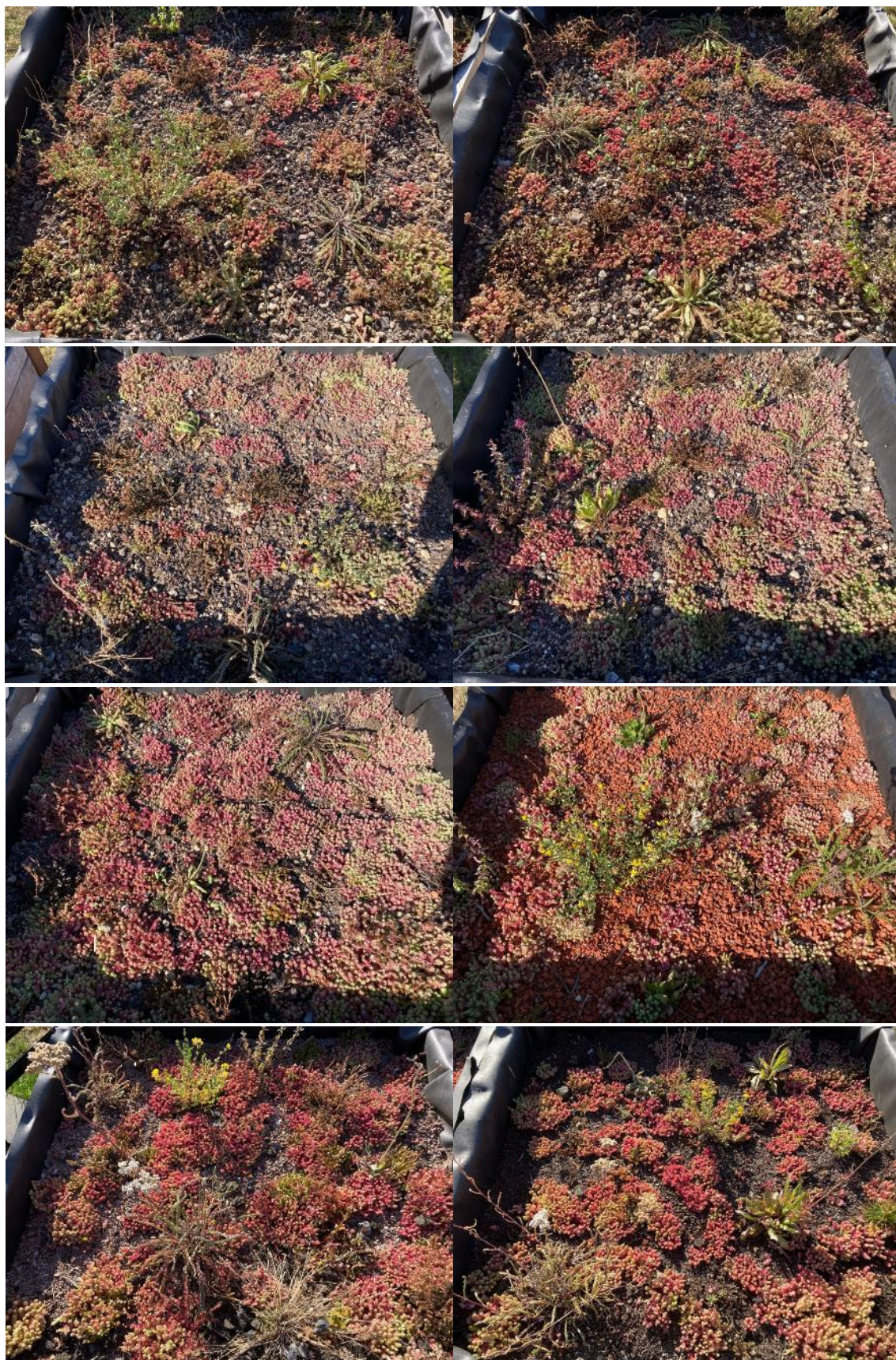


FIGUUR 17 BAKKEN OP GRONDNIVEAU OP 10/06/2022.

In juli 2022 zien we op het sedumdak (A1) veel spontane kruiden, met hoofdzakelijk paardenbloemen. Op het biodiversiteitsdak 'plantjes' (A2) staat nog veel in bloei. In A3 zijn het gras en het mos nog steeds uitgedroogd. Hier is ook veel paardenbloem, harig knopkruid en kruiskruid aanwezig. Op het biodiversiteitsdak 'zaadmengsel' (A4) is er nu veel bloei van brunel, blaassilene en karthouzeranjer. Veel kruiden zijn hier echter ook reeds uitgedroogd. In conditie B, waar ook al veel kruiden uitgedroogd zijn, groeit het Spaans vetkruid goed. In B3 en B4 zijn er nog veel kale vlekken en de sedum groeit hier minder goed, hoewel iets beter in B4 dan in B3. In de bakken op grondniveau staat nog wat rolklaver in bloei (Figuur 18).

Na een lange, warme en droge zomerperiode, werd het demodak eind augustus 2022 nogmaals bezocht. Algemeen gaf conditie A nog een vrij groene indruk, maar conditie B zag er sterk uitgedroogd uit. Op het sedumdak (A1) staat de Sedum nog goed. We zien wel dat er terug veel grassen zijn bijgekomen, ondanks het onderhoud in juli. Daarnaast zijn er nog veel kale plekken. Het biodiversiteitsdak 'planten' (A2) bevat nog veel grote en groene kruiden. Een deel van de kruiden is zoals verwacht uitgedroogd, maar er staan er ook nog veel in bloei (rolklaver, marjolein, steentijm, beemdkroon). Veel bestuivers vinden hun weg naar deze bloeiende planten. Op het grasdak en mosdak (A3) zien we weinig verandering. De grassen en de mossen zijn nog steeds uitgedroogd, en er is na het weghalen van de meeste spontane begroeiing, terug een opkomst van nieuwe ongewenste beplanting. Het biodiversiteitsdak 'zaadmengsel' (A4) is nu volledig uitgebloeid, met hier en daar nog wat marjolein. De sedummat heeft ook deels last van de droogte (dor en rode verkleuring), maar een ander deel ervan staat nog vrij groen. Ook hier zien we terug opkomst van grassen en paardenbloem tussen de sedummat. Het natuurdak staat ook zeer droog maar er zijn ook nog veel groene kruiden aanwezig, waarvan een aantal in bloei (hazenpootje, Sint Janskruid, streepzaad en knoopkruid). De aanwezige grassen zijn uitgedroogd en er zijn nog veel kale plekken, maar al bij al geeft het een natuurlijk uitzicht. Conditie B staat nu zeer droog met veel uitgebloeide bloeistengels. De Sedum leeft echter nog en er zijn nog enkele kruiden in leven. In B3 staat veel minder sedum dan in de andere 3 vlakken. Opnieuw zien de bakken uit condities C en D op grondniveau er zeer vergelijkbaar uit. De sedum in de bakken doet het goed, maar de kruiden zijn volledig uitgedroogd.

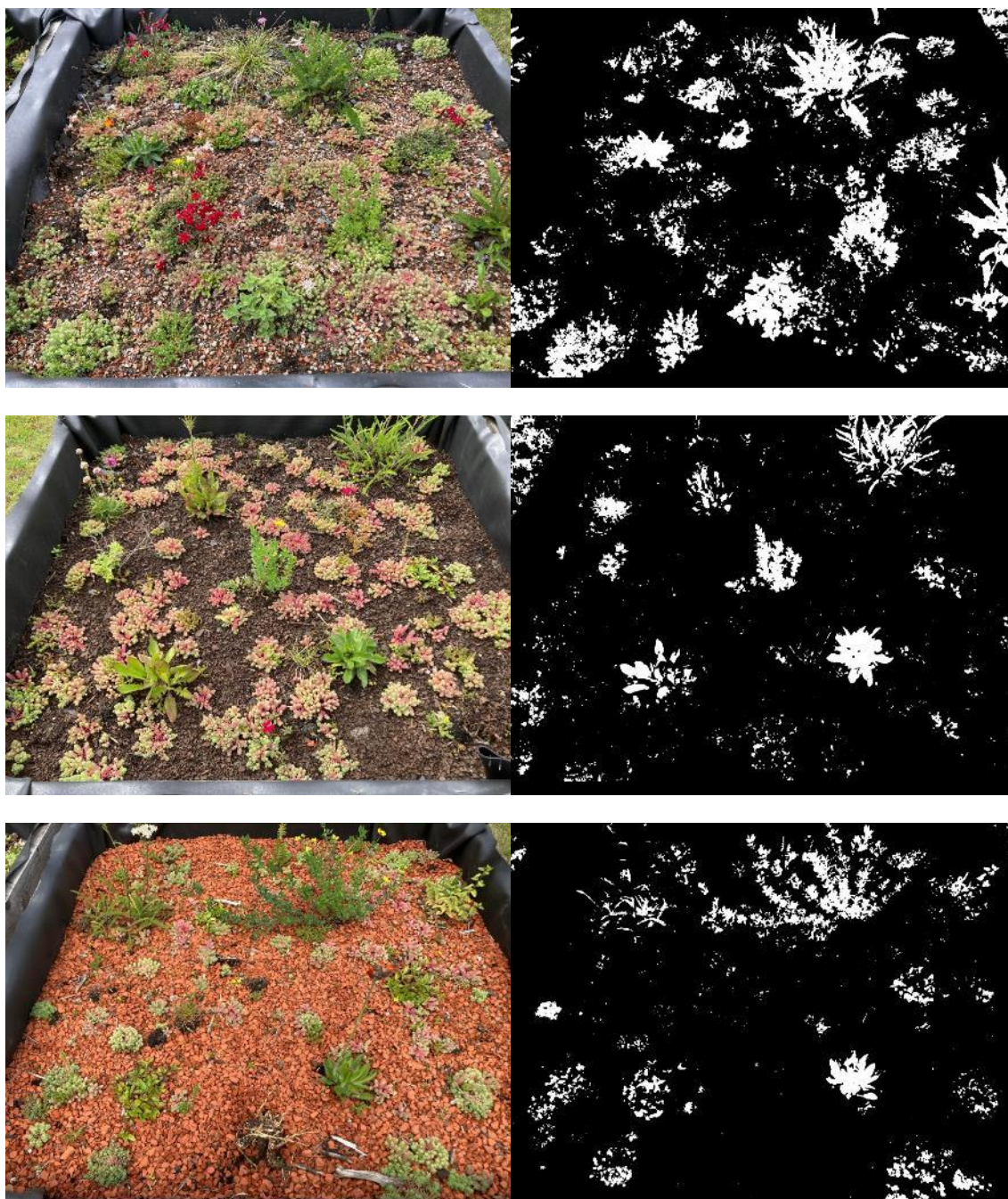
Ter conclusie kunnen we uit onze waarnemingen van de aanwezige planten en de bloei ervan stellen dat een groendak met Sedum en kruidenplugs (A2) naar overleving en biodiversiteitswaarde toe de beste keuze lijkt te zijn. We raden aan om, zoals hier op het demodak werd gedaan, dit groendak te bewateren na droge periodes van meer dan één week.



FIGUUR 18 BAKKEN OP GRONDNIVEAU OP 15/07/2022.

4.3. BEDEKKINGSGRAAD

Voor het nauwkeurig bepalen van de bedekkingsgraad werd de app Canopeo gebruikt. Deze werkt op basis van ingegeven overzichtsfoto's, waarbij de groene pixels worden gedetecteerd en de foto wordt omgezet in een zwart - wit bestand. De hoeveelheid witte pixels wordt omgezet in een bedekkingspercentage (Figuur 19).



FIGUUR 19 VOORBEELD VAN HOE DE APP CANOPEO EEN OVERZICHTSFOTO OMZET IN EEN ZWART - WIT BEELD, WAARBIJ DE GROENE PIXELS WIT WORDEN EN DE REST ZWART. DE VERHOUDING WIT/ZWART BEPAALT DE BEDEKKINGSGRAAD.

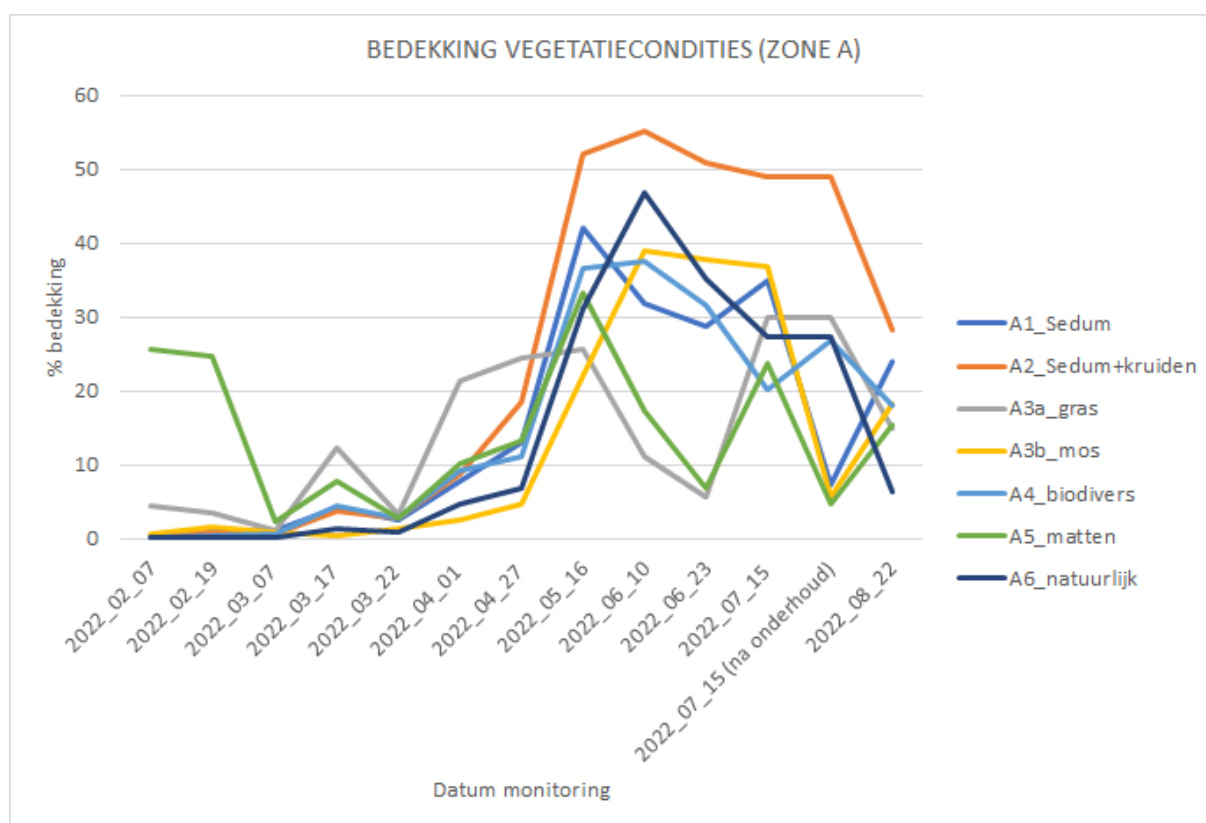
Enkele zaken dienen bij het gebruik van deze app wel opgemerkt te worden.

- In februari 2022 was de mosvegetatie nog in orde, maar toch niet groen genoeg om door Canopeo herkend te worden als bedekking.

- Wanneer de Sedum een voor de app afwijkende kleur heeft, zoals lichtroze, lichtgroen, rood,...) dan wordt deze niet meegerekend in de bedekking. Dit is ook te zien in de demo met de sedummatten, die vanaf de aanleg een quasi volledige bedekking hebben, maar toch vrij laag scoren qua bedekking.
- Ook de achtergrond heeft een effect op het inschatten van de bedekking via de app. Zo worden de 'groene' planten op een substraat van rode baksteen door de app minder goed herkend, dan op een donker groendaksubstraat.

Door deze beperkingen is het belangrijk om de resultaten van de app steeds te staven aan de hand van het bijhorende fotomateriaal en dus ook een eigen inschatting van de bedekking te noteren.

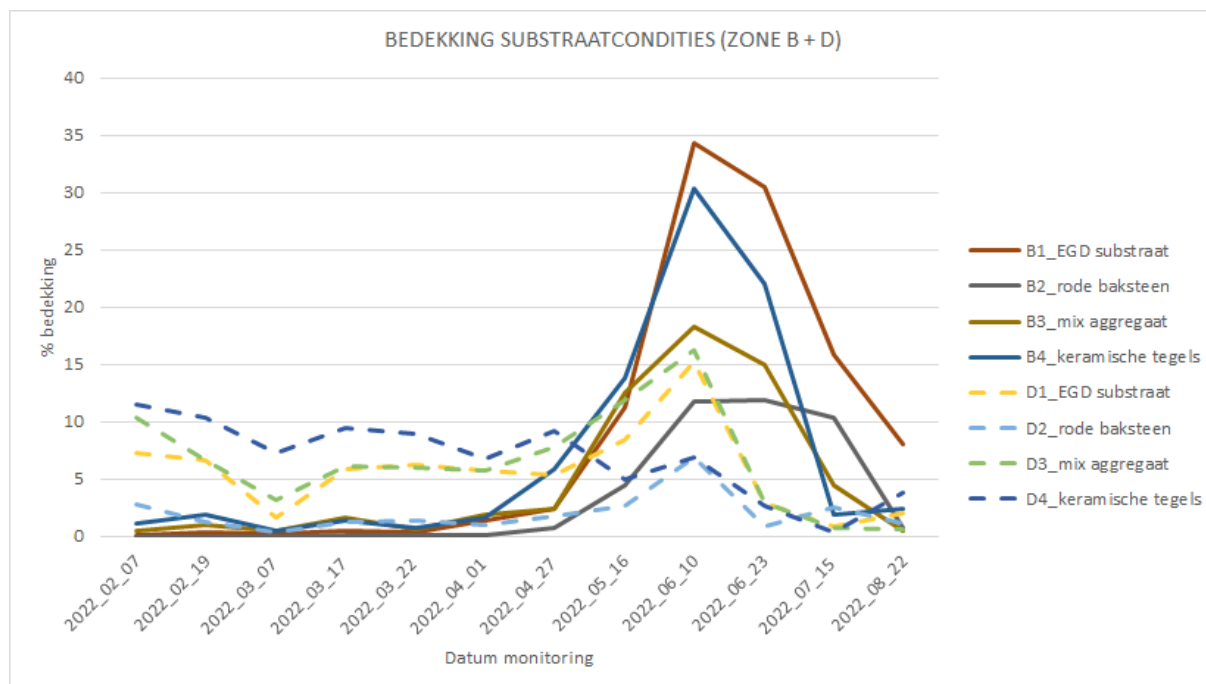
De grafieken in figuur 20 – 23 geven de evolutie in bedekking op de verschillende zones van het demodak weer. In zone A van het demodak zien we aanvankelijk een zeer lage bedekking, behalve voor A5 (sedummatten) (Figuur 20). Deze laatste geven namelijk meteen een goede bedekking. In maart gaat de bedekking van de sedummatten sterk naar beneden, omdat de planten van kleur veranderen en niet meer 'groen' zien. Een goede bedekking is er in realiteit nog steeds. Vanaf april neemt de bedekking in alle condities toe door een groei van de aanwezige planten. De hoogste bedekking bekomen we in conditie A2 (biodiversiteitsdak 'planten'), en de bedekking blijft hier ook langer hoog in vergelijking met de andere condities in deze zone. Het mosdak werd al vanaf het voorjaar dor, maar er waren veel spontane kruiden aanwezig, wat de hogere bedekking in juni verklaart. Na de piek in juni neemt de bedekking terug af wegens het uitbloeien van verschillende kruiden. Ook het onderhoudsmoment half juli zorgde voor een sterke daling in de bedekking in de condities A1 en A3.



FIGUUR 20 EVOLUTIE VAN DE BEDEKKING IN ZONE A VAN HET DEMODAK (VEGETATIEOPTIES)

In de grafiek in figuur 21 staan de beide condities met de alternatieve substraten weergegeven. Het valt op dat in zone B een hogere bedekking bereikt werd. Initieel was hier de bedekking zeer laag, maar de planten groeiden sterk in mei en juni. De hoogste bedekking werd bekomen op het standaard groendaksubstraat (B1), gevolgd door het alternatieve substraat met gebroken dakpannen (B4). De bedekking bleef lager (10-20%) in het alternatieve substraat met gemengd aggregaat (B3) en met rode baksteen (B2). Na de piek in juni neemt de

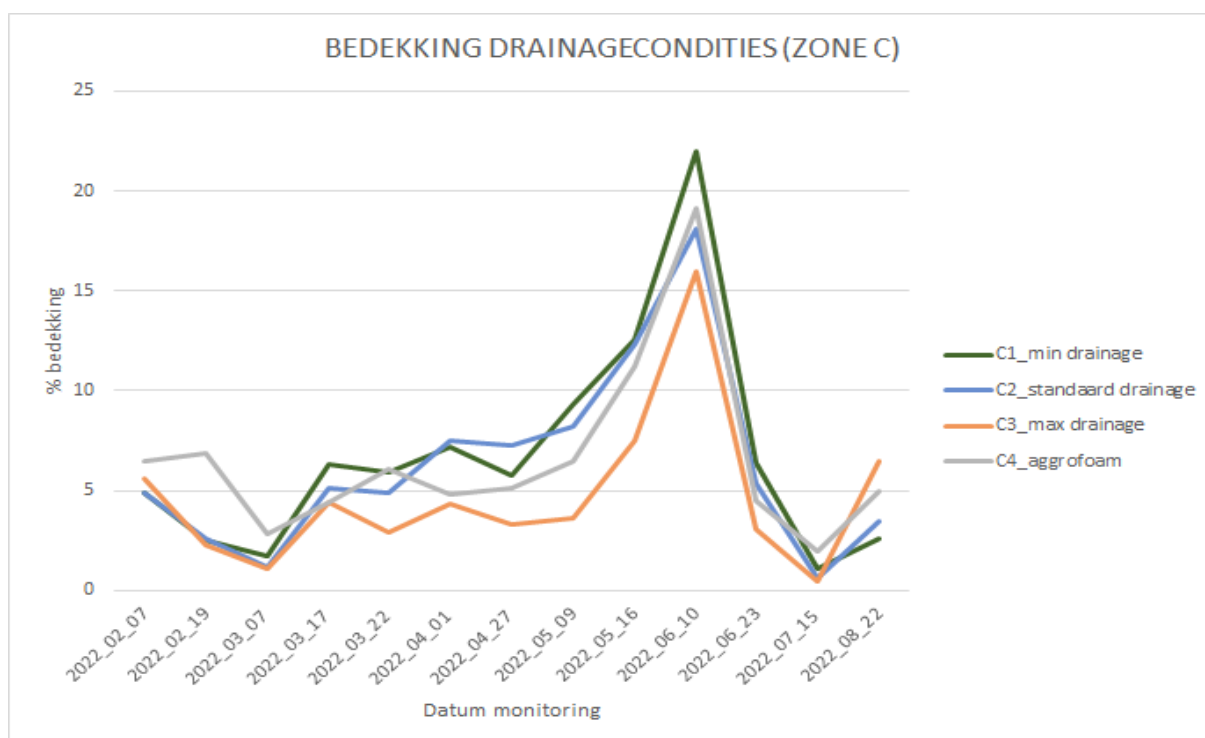
bedekking hier in alle condities af. De bakken in zone D vertonen een vrij gelijklopende bedekking doorheen de tijd. In D4 is de bedekking initieel het hoogst, maar neemt vanaf mei af, terwijl op dat moment de bedekking in D1-D3 eerst toeneemt vooraleer terug te dalen.



FIGUUR 21 EVOLUTIE IN BEDEKKING IN ZONE B EN D VAN HET DEMODAK (ALTERNATIEVE SUBSTRATEN)

De evolutie in bedekking in de bakken met verschillende waterretentiesystemen staat weergegeven in figuur 22. Hier valt op dat de vier bakken een zeer gelijkend verloop hebben. Aanvankelijk is de bedekking hier laag, maar neemt vanaf april toe om een piek te bereiken in juni. Na de piek gaat in alle bakken de bedekking terug sterk achteruit, door het uitdrogen van de kruiden en het verkleuren van de Sedum. Een onverwacht resultaat is dat de bedekking in de bak met de laagste waterbuffering (C1) de hoogste bedekking vertoont, terwijl deze met de hoogste waterretentie (C3) de laagste bedekking doorheen het experiment heeft (uitgezonderd in augustus aan het einde van de lange, droge periode. De bak met aggrofoam zit er wat bedekking betreft tussenin. We kunnen hieruit twee zaken afleiden:

- Op groendaken met een substraat van 10cm of meer, is de dikte van de drainage/waterretentielaag geen doorslaggevende factor voor het al dan niet overleven en groeien/bloeien van sedum en kruidenbeplanting. Het water dat in het substraat wordt vastgehouden is hier wellicht meer van belang.
- De planten in de bak met aggrofoam als drainage/waterretentielaag doen het qua groei en bedekking vergelijkbaar met de andere bakken. Aggrofoam kan dus als geschikte drainagelaag beschouwd worden onder een voldoende dikke substraatlaag.



FIGUUR 22 EVOLUTIE IN BEDEKKING IN ZONE C VAN HET DEMODAK (WATERRETENTIE)

4.4. SAMENVATTING

De bedoeling van de installatie van het demodak was om via een kwantitatieve benadering de functionaliteit in termen van klimaatrobuustheid van verschillende standaard en alternatieve groendaksystemen te achterhalen. Het demodak werd in het najaar van 2021 geïntegreerd in het bestaande hellende groendak van de Corda Bar op de Corda Campus te Hasselt. Daarnaast werden op grondniveau ook 8 bakken van 1m² volgens de vijf laagse opbouw van een groendak geïnstalleerd. De nadruk in de demo's lag op de thema's beplanting, alternatieve substraten en waterretentie in de drainagelaag. De demo's werden tweewekelijks opgevolgd van maart 2022 tot en met augustus 2022.

We benadrukken dat het een (uitzonderlijk) warme en droge voorjaar en zomer was, waardoor het demodak gedurende een aantal weken bewaterd diende te worden. De vegetatie werd ook maar één groeiseizoen opgevolgd. Interessanter is om dit gedurende meerdere jaren te doen om te kijken of en welke soorten na uitdroging terugkomen. De conclusies hieronder moeten dus beschouwd worden als een momentopname uit 2022.

Demo A: vegetatieopties

- Sedumspruiten hebben tijd nodig om te groeien. Initieel zijn er veel open plekken aanwezig waar ongewenste kruiden uit de omgeving zich kunnen installeren. Het is een tijdrovende activiteit om deze allemaal te verwijderen. Uiteraard kan men ervoor kiezen om deze spontane kruiden toe te laten, ze dragen bij aan de biodiversiteit, maar geven ook een ander eindbeeld waar men zich bewust van dient te zijn.
- De demo met kruidenplugs en sedumspruiten resulteerde in de meeste/langdurigste bloei en daarmee gepaard ook aantrekking van bestuivers. Hier wordt ook de hoogste bedekkingsgraad bekomen.
- Het grasdak op basis van een graszaadmengsel droogde snel uit. Dit type dak heeft veel water en onderhoud nodig om aantrekkelijk te blijven. Alternatief voor een direct effect is werken met grasmatten maar ook deze zijn onderhoudsintensief en vergen veel water.

- Het experimentele mosdak bleek nog geen succes. Mos kan veel water ophouden en heeft weinig substraat nodig, maar aantrekking voor bestuivers is zeer laag. In onze demo droogden de mossen snel uit en recupereerden nadien niet meer.
- Het biodiversiteitsdak op basis van een groendakzaadmengsel in combinatie met sedumspruiten kende een uitbundige bloei van éénjarigen uit het zaadmengsel (klaproos, brunel, blaassilene), dewelke nadien terug verwelkten en uitdroogden. Bij dit type dak is er onzekerheid over wat wanneer zal verschijnen en bloeien. Wel heeft het veel aantrek van bestuivers en dus een hogere biodiversiteitswaarde.
- Werken met sedummatten zorgt voor direct effect aangezien ze meteen een volledige bedekking geven. Ook hier komen tussen de naden van de mat door ongewenste kruiden de kop op steken, dus enige mate van onderhoud is ook aan de orde. Sedum verkleurt naargelang de weersomstandigheden en de matten zullen dus ook een rode/grauwe kleur vertonen.
- Het natuurdak geeft een verwilderd uitzicht. Hier heeft men ook geen idee welke soorten erop komen indien men werkt met maaisel uit lokale habitats. Het is zeker aantrekkelijk voor bestuivers en heeft de hoogste biodiversiteitswaarde, maar veel onzekerheid en ook opkomst van ongewenste kruiden. Men moet er ook voor zorgen dat de aanwezige plantensoorten zo lang mogelijk overleven en ook op lange termijn aanwezig blijven. Een lange termijn opvolging bij dit type groendak is dan ook aangeraden.

Demo B: alternatieve substraten

- Alternatief substraat met rode baksteen: Sedumspruiten lijken hier niet goed te hechten en te groeien. Het rode substraat geeft het 'groendak' een speciaal effect. De bedekking is hier ook het laagste van de vier condities.
- Alternatief substraat met mengaggregaat en cellenglas: cellenglas moeilijk om correcte fractie te bekomen, grote delen rollen onder invloed van wind, regen en de hellingsgraad naar beneden. Ook hier worden jonge Sedumspruiten losgewoeld (door wind en/of kraaien op het dak) en rollen naar beneden.
- Alternatief substraat met gebroken dakpannen en cellenglas: heeft samen met het standaard extensieve groendaksubstraat de hoogste bedekkingsgraad. Zelfde probleem met het cellenglas, dit rolt makkelijk naar beneden. Het eerder donkere substraat zorgt dat de planten op het groendak beter tot hun recht komen in vergelijking met het eerder 'gespikkelde' standaard groendaksubstraat.

Demo C:

- Algemeen zeer weinig verschil tussen de vier bakken met ander drainagesysteem.
- Substraatlengte van 10cm of meer is wellicht belangrijker voor het vasthouden van water en het beschikbaar stellen hiervan aan de planten.
- Aggrofoam blijkt een geschikte drainagelaag te zijn voor groendaken, alvast onder een voldoende dikke substraatlengte.

Demo D:

- Ook deze vier bakken vertonen een vergelijkbare evolutie qua bedekking doorheen de tijd. De bedekking in bak D2 (rode baksteen) ligt wel lager dan de drie andere bakken (zelfde waarneming als in demo B)
- De aanwezige plantensoorten en de bloei ervan is vrij vergelijkbaar.
- Bij het bewateren blijft al het water aanwezig in bak D1, D3 en D4, terwijl het in bak D2 (rode baksteen) onmiddellijk begint af te vloeien. De waterretentiecapaciteit van dit alternatieve substraat, lijkt dus opvallend lager te zijn dan de drie andere substraten. Dit verklaart wellicht ook de lagere bedekking in deze bak.

Finaal kunnen we stellen dat een groendak met Sedum en kruidenplugs (A2) naar overleving en biodiversiteitswaarde toe de beste keuze lijkt te zijn. We raden aan om, zoals hier op het demodak werd gedaan, dit groendak te bewateren na droge periodes van meer dan één week.

Van de drie alternatieve substraten blijkt de samenstelling met gebroken dakpannen, cellenglas en compost het meeste overeen te komen met het standaard extensieve substraat. De bedekking is gelijkaardig, en ook visueel geeft het een aantrekkelijk beeld. De toepassing van cellenglas in groendaksubstraat dient echter wel verder onderzocht te worden naar gebruiksveiligheid en stabiliteit in het substraat toe.

Een hogere waterretentie in de drainagelaag is zeker zinvol om extra water vast te houden op het groendak. Echter, wanneer de substraatdikte voldoende is, lijkt het water in de drainagelaag geen doorslaggevende factor voor de overleving en bloei van de groendakbeplanting. Aggrofoam blijkt uit deze demo een geschikt materiaal te zijn voor drainage/waterretentie onder groendaken.

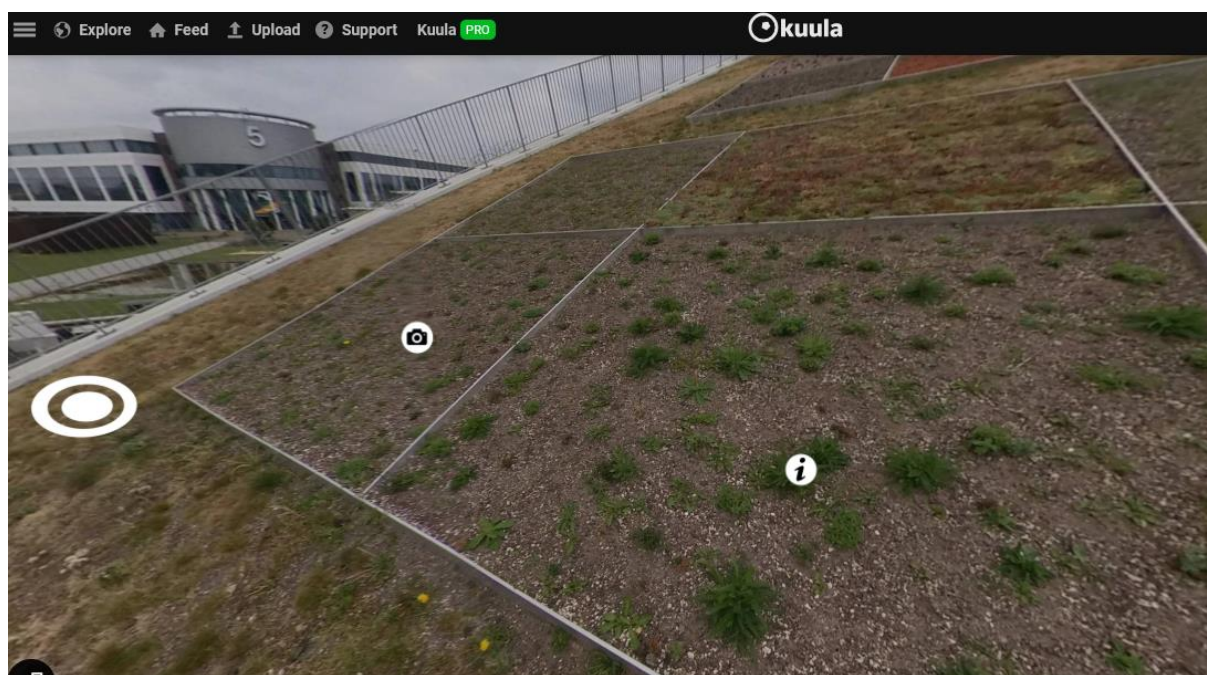
5. VIRTUELE RONDLEIDING + BEGELEIDE BEZOEKEN

Op drie momenten in het voorjaar werd een begeleid bezoek aan het demogroendak georganiseerd:

- Vrijdag 20 mei 10.30
- Dinsdag 31 mei 16.00
- Vrijdag 10 juni 16.00

Zowel aan Hogeschool PXL, Corda Campus als via social media werd de uitnodiging rondgestuurd. De opkomst was op alle drie de momenten zeer schaars. Na overleg met collega's aan Hogeschool PXL werd voorgesteld om in het kader van een ander lopend project 'ID-360' een virtuele rondleiding te ontwikkelen (<https://www.pxl.be/Pub/onderzoek/Projecten/Projecten-Onderwijsinnovatie/ID-360-De-ontwikkeling-een-Instructional-Design-model-voor-360-videolessen.html?cel=GUID-264A29238D6747228DDEE08063A1F731>). Deze laat aan een veel ruimer publiek toe om kennis te maken met het demodak vanop afstand, en hieruit nuttige informatie te halen. In eerste instantie werden in het voorjaar ter plaatse om de 3 meter 360° foto's gemaakt. Vervolgens werden ze in het programma Kuula verder verwerkt tot een virtuele rondleiding. Tot slot werden de beelden verrijkt met extra materiaal waaronder foto's, filmpjes, uitleg en links naar infofiches op de website www.greenroofsup.be of www.duurzamelimburgsegemeenten.be (Figuur 23). In tegenstelling tot een plaatsbezoek waar enkel een indruk van het demodak verkregen wordt op één specifiek moment, kan de virtuele rondleiding zo aangepast worden dat ook de evolutie doorheen de tijd in beelden zichtbaar is. Het biedt dus een meerwaarde en kan na afloop van het project nog verder aangepast worden.

Het resultaat is te bekijken via volgende link: <https://kuula.co/post/NM8Fh/collection/7v9gq>



FIGUUR 23 SCREENSHOT VAN DE VIRTUELE RONDLEIDING OP HET DEMOGROENDAK, ONTWIKKELD IN KUULA.

6. REKENTOOLS KLIMAATROBUUSTE STEDEN

6.1. INTRODUCTIE

Om het belang van groendaken in het kader van klimaatadaptatie aan te tonen worden naast het demodak, ook verschillende tools zoals Natuurwaardeverkenner, Ecoplan-SE en Life@urban roofs verkend. Er wordt kritisch beoordeeld welke tools bruikbare resultaten in het kader van klimaatadaptatie opleveren.

Een aantal rekentools die in dit rapport besproken worden, waren reeds bekend, maar nog niet grondig verkend wat betreft de toepassing van (verschillende types) groendaken in het kader van klimaatadaptatie en klimaatrobuustheid. Andere tools werden gaandeweg doorheen dit project ontdekt, of aangekaart tijdens bijeenkomsten met de begeleidingsgroep.

Van iedere tool werd eerst de algemene informatie bekeken. Vervolgens werd specifiek gezocht naar parameters die onder 'input' horen, waarbij specifiek gelet werd op de mogelijkheden om groendaken in de rekentool te steken. Dan werd ook gekeken welke output de rekentool oplevert.

Bij de tools waar effectief wordt rekening gehouden met groendaken, werd een fictieve case uitgevoerd. Een eerste scenario hierbij omvatte de campus PXL Green&Tech te Diepenbeek, waarbij de effecten van het vergroenen van het volledige dak op gebouwniveau werd onderzocht. Waar mogelijk werd in een tweede scenario gekeken naar het WTCB gebouw te Sint-Stevens-Woluwe, en het omringende bedrijventerrein. Hier werd het effect van vergroening van het dak onderzocht van enerzijds enkel het WTCB gebouw, en anderzijds alle daken binnen de projectlocatie, op wijkniveau.

6.2. OVERZICHT REKENTOOLS

6.2.1. RIONED RAIN TOOLS

Algemene informatie

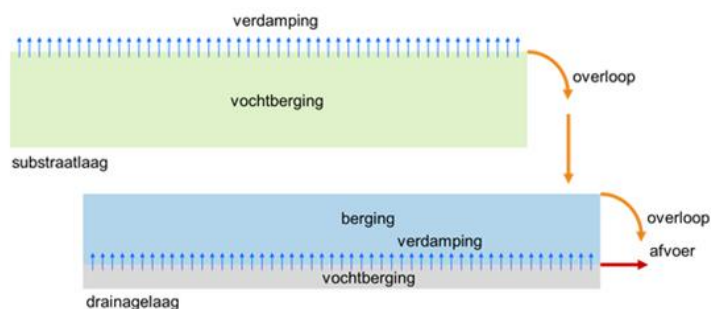
Deze Nederlandse tool (<https://raintools.nl/>) berekent het functioneren van regenwatervoorzieningen en houdt daarbij ook rekening met het verloop van de waterbalans in de tijd. Op perceelsniveau kan de regenwateropvang doorgerekend worden. Momenteel is de rekentool nog in ontwikkeling.

Er wordt gewerkt met verschillende 'rekentegels' voor specifieke situaties (Figuur X):

- Infiltratieproeven
- Water in de tuin (perceeltegel)
- Water op straat
- Reservoirmodel
- Reservoir-varianten
- Regenwater benutten
- Gezondheid bij fontein
- Regenwater in de wijk
- Tunnelbak

Wat groendaken betreft zit 'Groenblauw dak' (retentiedak) in de rektegel 'Water in de tuin'. Met deze tegel kan men maatregelen rond de woning analyseren waaronder de waterberging op en de afvoertraging vanaf het groenblauwe dak. Er wordt rekening gehouden met zowel extreme maar korte regenbuien als meerjarige neerslagreeksen. Zo kan afgeleid worden hoe kwetsbaar een woning is voor wateroverlast. Ook bij de 'wijktegel' kan het dakoppervlak gespecificeerd worden als zijnde: traditioneel hellend; groen; blauw of groenblauw. De wijk dient zelf ingetekend te worden op een grondplaat en vergt daardoor meer kennis en inzicht van de gebruiker.

De rekentool houdt rekening met elementaire basisprincipes van water bergen, verdampen, afvoeren en overlopen in substraat en drainagelaag (Figuur 24).



FIGUUR 24 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE WERKING VAN EEN GROENBLAUW DAK IN DE REKENTOOL RAINTOOLS (WWW.RAINTOOLS.NL).

Belangrijke parameters met betrekking tot een groendak zijn:

- Verdamping via de substraat- en drainagelaag
- Maximale (effectieve) waterberging in de substraat- en drainagelaag
- Maximale afvoer uit de drainagelaag
- Indicatie vertraging afvoer uit de drainagelaag

Input & output

Als input dient men volgende zaken in te geven:

- Gegevens van het dak: type dak; substraatlaag, drainagelaag
- Terrasgegevens
- Grasveld gegevens
- Ondergrondse voorzieningen
- Info over riolering

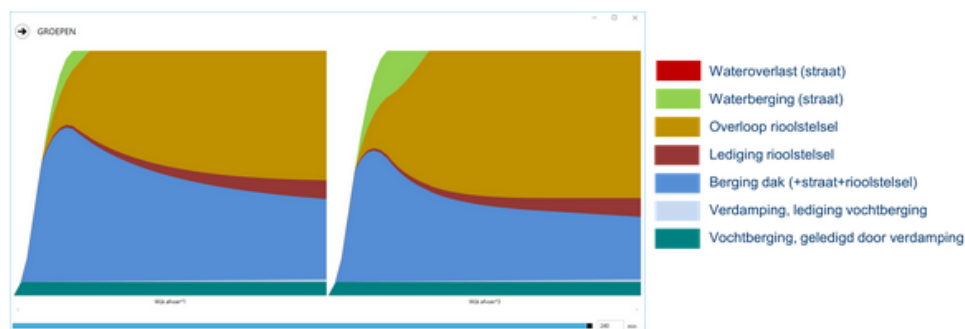
Type dak wordt opgedeeld in traditioneel, blauw, groen, groen/blauw (retentiedak). Voor het substraat is info nodig over de oppervlakte, de waterberging en de verdampingsfactor. Tot slot is ook de drainagelaag voorzien van een waterberging (geledigd door de dakafvoer) en een vochtberging (geledigd door verdamping). Beiden hebben een bepaalde ledigingscapaciteit, waarbij de optie 'vertraagde lediging' kan aangevinkt worden. In dat geval wordt er rekening gehouden met een vertragingfactor tussen 0 (snelle afvoer) en 3 (sterk vertraagde afvoer). De bestemming van het afvloeiwat moet ook opgegeven worden, ofwel als lediging naar de infiltratievoorziening of als overloop naar het terras.

Als output van een simulatie van buien of neerslagreeksen wordt een waterbalans scherm bekomen, met hierin een geanimeerd staafdiagram van de waterbalans in functie van de tijd, opgedeeld in onderdelen (infiltrerend, geborgen, overgelopen, uitgewisseld, doorlaat, op straat en overlast).

Case

In deze rekentool moet geen projectlocatie ingegeven worden, dus is het ook niet specifiek van toepassing op de scenario's op gebouwniveau (PXL Green&Tech) of wijkniveau (WTCB en omringend bedrijventerrein). Toch werd getracht om de software te gebruiken en zelf parameters in te geven. Echter kon de software niet geïnstalleerd worden wegens een probleem, namelijk onbeveiligde connectie.

Op de website zijn wel een aantal rekenvoorbeelden ter beschikking, allen via de functie 'wijktegel'. Zo kan men zien hoe een infiltratievoorziening functioneert onder bepaalde instellingen, of wat het effect is van het aantal dakafvoeren (<https://raintools.nl/effect-aantal-dakafvoeren-wijktegel/>). In dit laatste rekenvoorbeeld wordt de werking van een blauw dak (dit is GEEN retentiedak) gedemonstreerd, waarbij men kiest voor één of drie afvoerpunten per 50m² dak. Als resultaat bekomt men een grafiek van het verloop van de volledige waterbalans in de tijd (Figuur 25). Hieruit valt af te leiden dat in beide situaties de berging op het dak in eerste instantie beduidend is, waarna het overtollige water zal overlopen in het rioolstelsel. Indien slechts één afvoerpunt aanwezig is zal er meer water geborgen worden op het dak. Van wateroverlast op straat is in beide situaties geen sprake. Een vergelijking van een blauw dak met een groen; retentie- of grijs dak wordt hier niet bekeken. Wel wordt vermeld dat bij retentiedaken de vochtberging in de substraatlaag veel groter is.



FIGUUR 25 VOLLEDIGE WATERBALANS VOOR EEN BEPAALDE WIJK NA EEN REGENBUI. LINKS DE SITUATIE BLAUWDAK MET ÉÉN AFVOERPUNT/50M², RECHTS EEN BLAUWDAK MET DRIE AFVOERPUNTEN/M².

Conclusie

Deze rekentool biedt een gedetailleerd overzicht van de waterbalans in verschillende situaties en op verschillende niveaus (perceels- of wijkniveau). Als groendaktype kan gekozen worden voor groen of groenblauw (retentiedak). Verder dienen veel specifieke gegevens ingegeven te worden dus enige technische voorkennis is wel vereist. De software kan nog niet geïnstalleerd worden, maar het is alvast een nuttige tool om verder op te volgen.

6.2.2. GROENBLAUWPEIL

Algemene informatie

Het GroenBlauwPeil (<https://www.groenblauwpeil.be/>) is een tool van Vlaamse Overheid die berekent hoeveel water er op een perceel wordt vastgehouden en welke maatregelen er zijn om dit debiet op te trekken. Het is een project dat kadert binnen de Blue Deal waarmee de strijd tegen droogte en waterschaarste wordt aangegaan.

Input & output

Om te starten is registratie vereist (kan via ItsMe). Eerst dient het betreffende perceel geselecteerd te worden. Volgende informatie dient vervolgens ingegeven te worden:

- Nieuwe of bestaande regenwaterput
- Type bebouwing en aantal gebruikers (bvb. school met aantal studenten)
- Oppervlakte en type dak: plat dak, hellend dak, optie 'groendak'
- Nodige toepassingen: WC, Wasmachine, Poetsen, Tuin (te besproeien m²)

Men heeft dus de optie groendak maar er wordt niet verder ingegaan op de verschillende mogelijke types.

De tool geeft als output een score van A tot F die aangeeft in hoeverre het perceel al klimaatbestendig is. Daarbij komen een aantal suggesties voor maatregelen om het perceel nog groener en blauwer te maken. Hiernaast berekent de tool ook hoe groot de regenwaterput moet zijn.

Case

Aangezien als eerste stap het perceel moet geselecteerd worden, leek deze tool geschikt om de hypothetische scenario's op uit te testen. Echter werd reeds een probleem in deze stap vastgesteld want het campusgebouw PXL Green&Tech kan niet volledig geselecteerd worden. Enkel het dakje op de 1e verdieping of de school met het hele domein errond. Ook bij het selecteren van andere percelen geraakt men niet verder dan de 1^e stap. Momenteel is het dus nog niet mogelijk om de tool te testen.

Conclusie

Momenteel is de tool slechts beperkt interessant om het effect van verschillende types groendaken in het kader van klimaatrobustheid na te gaan. Er wordt namelijk enkel een mogelijkheid voor een 'standaard' groendak aangeboden. Daarnaast zijn er nog problemen om percelen te selecteren en de tool dus daadwerkelijk te gebruiken. Als output bekomt men info over de nodige grootte van de regenwaterput, en een score van de klimaatbestendigheid van het perceel. Dit is wel nuttige informatie om na te gaan.

6.2.3. TOOL NATURE SMART CITIES

Algemene informatie

Als onderdeel van het INTERREG project Nature Smart Cities werd een digitale tool ontwikkeld waarmee men de voordelen van groene infrastructuur in een project kan berekenen. De uitkomst van deze tool, dat als businessmodel beschouwd kan worden, kan helpen bij het beargumenteren van de extra investeringen in groen. Er wordt ook rekening gehouden met de kosten van groen in vergelijking met grijze alternatieven. De ontwikkelaars zijn Universiteit Antwerpen, Universiteit Gent, Imperial College London en verschillende lokale overheden in binnen en buitenland.

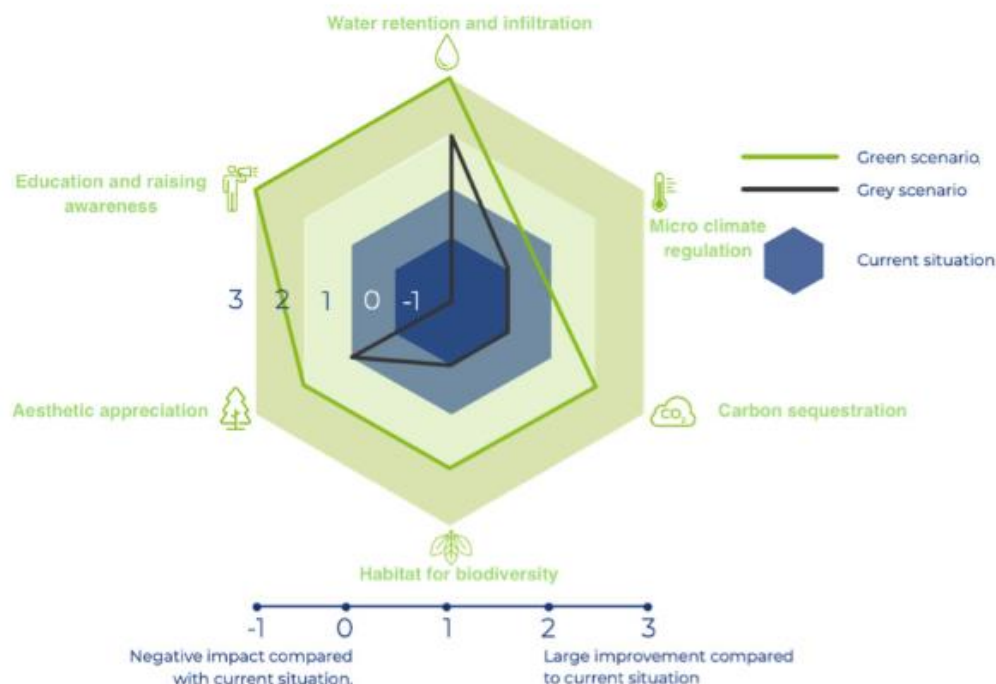
Momenteel is deze tool nog in testfase, een beperkt aantal gemeenten kon zich aanmelden om de tool uit te testen en feedback te geven. Later dit jaar wordt de tool officieel gelanceerd. Nieuwe ontwikkelingen en events binnen dit project kunnen opgevolgd worden via: <https://naturesmartcities.eu/>

Input & output

Qua output bekomt men een spindigram waarop de 'grijze' of huidige situatie met de 'groene' situatie vergeleken wordt (Figuur 26). Parameters die gekwantificeerd worden op een schaal van -1 (negatieve impact) tot +3 (grote verbetering) zijn:

- Waterretentie en infiltratie
- Regulatie microklimaat
- C-sequestratie
- Habitat voor biodiversiteit
- Esthetiek
- Sensibilisatie

Of er in de tool rekening wordt gehouden met verschillende groendaktypes is niet geweten.



FIGUUR 26 VISUELE WEERGAVE VAN HOE EEN OUTPUT VAN EEN BEPAALD SCENARIO ER MET DE NATURE SMART CITIES TOOL KAN UITZIEN ([HTTPS://NATURESMARTCITIES.EU/](https://naturesmartcities.eu/))

Case

Aangezien de tool nog in ontwikkeling is, kan er op dit moment geen hypothetische case uitgewerkt worden.

Conclusie

De tool Nature Smart Cities is veelbelovend, maar momenteel nog niet gelanceerd. Over de output is al een tipje van de sluier toegelicht, en daaruit valt af te leiden dat het een eenvoudig interpreteerbare visuele weergave is die voor verschillende ecosysteemdiensten het verschil geeft tussen het grijze en groene scenario. Wat men als input dient in te geven in de tool, en of in het groene scenario ook verschillende groendakopties worden aangeboden, is momenteel niet geweten.

6.2.4. CLIMATE APP KNMI

Algemene informatie

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut ontwikkelde in 2014 een klimaatapp voor de klimaatrobuuste stad (<https://www.climateapp.nl/>). Hierin zit klimaatdata van het KNMI verwerkt. De tool is gratis en kan door verschillende belanghebbenden gebruikt worden als ondersteuning voor het kiezen van maatregelen om stedelijke gebieden meer klimaatrobuust te maken.

Input & output

Als input dient men volgende parameters te specificeren:

- Klimaatdoel: overstroming (kust, fluviaal of pluviaal); hitte; droogte
- Landgebruik: stadscentrum; industriezone; suburbaan; ruraal, park
- Dominant bodemtype: zand, klei, turf, stenig/fundament

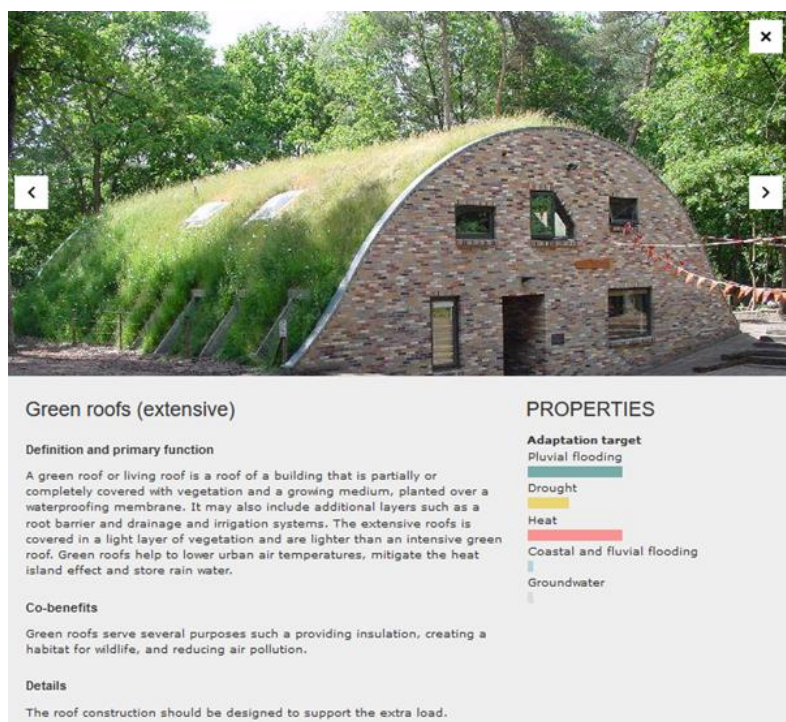
- Oppervlakteniveau: helling; vlak op hoogte; vlak in lager gelegen gebied
- Schaal: stad, wijk, straat, gebouw
- Projecttype: nieuwbouw, renovatie, verbetering huidige situatie

Als output wordt een hele reeks van adaptatiemogelijkheden voorgesteld, met afhankelijk van de gekozen criteria een indicatie van hoe effectief ze zijn als oplossing (in %).

Stel dat men zoekt naar de meest effectieve maatregelen tegen de hitte in een stadscentrum, in een gebied met een zandige bodem op redelijke hoogte. De oplossing moet op gebouwniveau zijn en het gaat om maatregelen bij een nieuwbouw. De tool stelt in dit geval 45 oplossingen voor waarvan er 18 een effectiviteit van 100% hebben, 6 een effectiviteit van 91%, 6 een effectiviteit van in de 80%, en 15 een effectiviteit tussen 50 en 80%. Binnen de meest effectieve oplossingen vinden we onder andere:

- Groen toevoegen in de straten
- Extensieve groendaken
- Intensieve groendaken
- Groene gevels
- Selecteren droogteresistente planten
- Ontzegelen

Van iedere oplossing is een beknopte infofiche ter beschikking. Bijvoorbeeld in de infofiche van extensieve groendaken wordt een beschrijving gegeven, enkele voordelen, aandachtspunten en een indicatie van hun efficiëntie naar de verschillende klimaatdoelen toe. Extensieve groendaken blijken in eerste instantie effectief te zijn voor het bufferen van hitte en pluviale overstromingen (Figuur 27). Opvallend is dat de fiches voor extensieve en intensieve groendaken zo goed als identiek zijn en suggereren dat beide types groendaken even efficiënt zijn in het bieden van klimaatadaptatie.



FIGUUR 27 INFOFICHE VAN EXTENSIEVE GROENDAKEN, UIT [HTTPS://WWW.CLIMATEAPP.NL/](https://www.climateapp.nl/)

In de input opties zijn geen categorieën gelinkt aan groendaken. Enkel de output geeft als één van de vele mogelijke adaptatieoplossingen een extensief of een intensief groendak weer, waarvan een zeer beknopte infofiche beschikbaar gesteld wordt.

Case

Niet van toepassing

Conclusie

De Climate App van het KNMI is nuttig om een overzicht van alle mogelijke adaptatieoplossingen in een specifieke context te bekomen. Echter, om de invloed van de plaatsing van een groendak na te gaan in termen van klimaatrobuustheid, is deze tool niet geschikt.

6.2.5. TOOLBOX KLIMAATBESTENDIGE STAD

Algemene informatie

Met de Toolbox Klimaatbestendige Stad (<https://kbstoolbox.nl/nl/>) kan men de maatregelen die de klimaatbestendigheid van de stad vergroten, verkennen. Dit kan op verschillende niveaus: wijk, buurt, terrein of straat. De toolbox bevat een 40-tal adaptatiemaatregelen om uit te kiezen. De informatie is afgestemd op de Nederlandse context, en werd ontwikkeld binnen het onderzoeksprogramma 'Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat'.

Input & output

Het voordeel is dat in deze toolbox wordt vertrokken vanuit de ingave van een specifiek project, in tegenstelling tot de Climate App KNMI.

Als input dient men eerst volgende parameters met betrekking tot de uitgangssituatie te specificeren:

- Projectlocatie
- Wijktype
- Klimaatadaptatiedoel: hittestress, droogte, wateroverlast, waterveiligheid
- Belangrijkheid multifunctioneel landgebruik: beperkt, belangrijk, zeer belangrijk
- Schaalniveau: stad, buurt, straat, gebouw
- Bestaande ruimtetypes: grijs, groen intensief, braakliggend, stadslandbouw, groen/grijs (sport en speelruimte), rood (gebouwen), blauw (water)
- Ondergrondse beschikbaarheid: zeer laag, laag, matig, hoog
- Daktype: plat, helling < 35°, helling >35°
- Grondtype: zand, veen, klei, gesteente

De toolbox is afgestemd op Nederland, dus enkele criteria zijn dan ook enkel in Nederland van toepassing, zoals het wijktype (Hoog NL of Laag NL)

Nadien dienen de nieuwe maatregelen toegevoegd te worden. Er zijn 36 maatregelen om een stad meer klimaatbestendig te maken die geselecteerd kunnen worden. Iedere maatregel omvat een korte omschrijving, een toepasbaarheidsscore voor de specifieke uitgangssituatie en icoontjes voor welk klimaatadaptatiedoel de maatregel het meest geschikt is. Wat groendaken betreft zijn volgende maatregelen opgenomen:

- Groendak met afvoervertraging (retentiedak)

- Groendak algemeen

Ook groene gevels, straatbomen, wadi's, waterdoorlatende verharding, slimme irrigatie, regentonnen, ontharden,... vormen mogelijke adaptatiemaatregelen.

Een indicatie van onderstaande parameters wordt bekomen (Tabel 5):

TABEL 5 OUTPUTPARAMETERS VAN DE TOOL KLIMAATBESTENDIGE STAD

KLIMAAT	KOSTEN	WATERKWALITEIT	GROENE BATEN
Bergingscapaciteit (m ³) Grondwateraanvulling (mm/jaar) Evapotranspiratie (mm/jaar) Hittereductie (°C) Koele gebieden (aantal) Herhalingstijd factor	Aanleg (euro) Onderhoud (euro/jaar)	Pathogenen reductie (%) Nutriënten reductie (%) Adsorptie stoffen (%)	Opslag CO2 Vermeden vroegtijdige sterfgevallen door fietsen (euro/jaar) Toename fysieke activiteit (min/jaar) waarde woningen

Daarnaast is er ook nog een mogelijkheid om effect qua hittestress weer te geven. Hiervoor kijkt men naar het verschil in potentiële evapotranspiratie tussen de nieuwe en huidige situatie. Alle achtergrondinformatie voor de berekeningen van de groene baten en de hittestress kan geraadpleegd worden via de site.

Wat groendaken betreft kunnen twee opties gekozen worden: groendak met afvoertraging (retentiedak) en een standaard groendak zonder extra waterretentie.

Case

Ondanks dat de tool is afgestemd op Nederland, werden de hypothetische scenario's toch uitgetest, om zo de bruikbaarheid van de tool te kunnen inschatten.

Scenario 1. Projectlocatie = PXL Green&Tech te Diepenbeek (8.200 m²)

Polygoon van minstens 10.000 m² tekenen rond projectgebied (Figuur 28).



FIGUUR 28 PROJECTLOCATIE PXL GREEN&TECH INGETEKEND IN DE TOOL KLIMAATBESTENDIGE STAD ([HTTPS://KBSTOOLBOX.NL/NL/](https://kbstoolbox.nl/nl/))

Ingeven parameters:

- Keuze voor meest corresponderende wijktype: /
- Klimaatadaptatiedoel: wateroverlast
- Belangrijkheid multifunctioneel landgebruik: belangrijk
- Schaalniveau: gebouw
- Bestaande ruimtetypes: gebouwen + grijs
- Ondergrondse beschikbaarheid: matig
- Daktype: plat
- Grondtype: zand
- Positie in landschap: Laaggelegen vlak gebied

Selectie maatregel: Groendak met afvoervertraging OF standaard groendak

Hier loopt de demo vast, er kan geen oppervlak getekend worden waarop de maatregel van toepassing moet zijn. Hierdoor kunnen de kosten en baten niet doorgerekend worden.

Scenario 2. Bedrijventerrein rond WTCB, Sint Stevens Woluwe

In dit scenario werden dezelfde parameters geselecteerd, enkel als wijktype werd gekozen voor 'Laag NL – bedrijventerrein' en 'schaalniveau: buurt', wat het beste bij de situatie leek te passen (Figuur 29). In Tabel 6 staan de resultaten die de tool kon weergeven. De groene baten en de hittestress konden niet berekend worden.



FIGUUR 29 PROJECTLOCATIE BEDRIJVENTERREIN WTCB INGETEKEND IN DE TOOL KLIMAATBESTENDIGE STAD ([HTTPS://KBSTOOLBOX.NL/NL/](https://kbstoolbox.nl/nl/))

TABEL 6 ENKELE RELEVANTE RESULTATEN UIT DE FICTIEVE SCENARIO'S MET DE TOOL KLIMAATBESTENDIGE STAD

Maatregel	Maatregel: Standaard groendak enkel op WTCB	Maatregel: Retentiedak enkel op WTCB	Maatregel: Standaard groendak op meerdere daken	Maatregel: Retentiedak op meerdere daken
Oppervlak (m ²)	674	674	6.493	6.493
Bergingscapaciteit (m ³)	7	67	65	649
Grondwateraanvulling (mm/jaar)	0	3	0	27
Evapotranspiratie (mm/jaar)	2	2	17	21
Hittereductie (°C)	0,05	0,05	0,44	0,44
Aanleg (euro)	80.885	53.923	779.142	519.428
Onderhoud (euro/jaar)	4.044	3.235	38.957	31.166
Pathogenenreductie (%)	1	2	14	15
Nutriëntenreductie (%)	0	1	-3	14
Adsorptie stoffen (%)	1	2	14	15

Uit de berekeningen blijkt dat de aanleg van retentiedaken op meerdere daken in een gebied de meeste voordelen biedt naar klimaatadaptatie en waterkwaliteit toe, gevolgd door een standaard groendak op meerdere daken, dan een retentiedak en een standaard groendak op enkel het dak van het WTCB. Uiteraard is aan de aanleg van meerdere groendaken een hogere kost qua aanleg en onderhoud verbonden, maar deze wordt gedeeld door de verschillende bedrijven die mee kiezen voor een groendak. De maatschappelijke baten voor de wijk zijn een mooie tegemoetkoming. Een retentiedak blijkt in deze tool trouwens goedkoper zijn in aanleg en onderhoud dan een standaard groendak.

Conclusie

De Toolbox Klimaatbestendige Stad is een zeer interessant en nuttige tool om de klimaatrobustheid van steden te kwantificeren wanneer voor bepaalde 'groene' opties gekozen wordt. De parameters zijn wel toegespitst op

de Nederlandse context, maar het kan ook bruikbare schattingen geven over verschillende ecosysteemdiensten in België. Niet alle scenario's werkten even goed, wellicht door enkele problemen qua oppervlakte van het terrein, de combinatie van de ingegeven parameters,... Ook de output rond groene baten en hittestress werd niet bekomen in de uitgevoerde cases. Twee soorten groendaken zitten in het systeem: groendak (standaard extensief), of met vertraagde afvoer (retentiedak). Uit de case blijkt dat retentiedaken, geïnstalleerd op verschillende daken in een bepaalde locatie, voor doorslaggevende maatschappelijke- en milieuvoordelen voor de wijk te zorgen, in vergelijking met een standaard groendak.

6.2.6. FAVEUR

Algemene informatie

Deze Franstalige tool (<https://faveur.cerema.fr>) dient specifiek om de impact van groendaken op de stedelijke waterafvoer na te gaan. Het is een resultaat van het onderzoeksproject TVGEP door CSTB (de Franse tegenhanger van het WTCB) en Cerema d'Île-de-France.

Om toegang te krijgen tot de tool wordt om enkele contactgegevens gevraagd, en een omschrijving waarvoor de tool zal gebruikt worden. Na goedkeuring (kan enkele weken duren) ontvangt men een user name en wachtwoord.

Input & output

Onderstaande informatie met betrekking tot het groendak dient ingegeven te worden:

- Maximale waterberging in substraat (Volume-%, zie technische info substraat); tussen 10 en 50%, ideaal is 35% of meer
- Dikte substraat, tussen 4 en 30 cm
- Vegetatietype: sedum of grassen en kruiden
- Klimaat: Mediterraan of gematigd oceaanklimaat (representatief voor centraal Frankrijk, maar ook voor België).

De opties voor vegetatie zijn beperkt, de drainagelaag heeft in deze simulaties geen waterbergende functie, en er is geen sprake van een gecontroleerde afvloeit.

Als resultaat worden twee parameters bekomen:

- Afvloeicoëfficiënt = hoeveelheid afvloeit (mm) / hoeveelheid neerslag (mm)
- Waterretentie = hoeveelheid neerslag (mm) – hoeveelheid afvloeit (mm)

Deze worden beiden bekeken gedurende één neerslagmoment en over een heel jaar. Ter vergelijking wordt ook een onbegroeid dak met enkel dakafdichting, en één met grind erop beschouwd.

Case

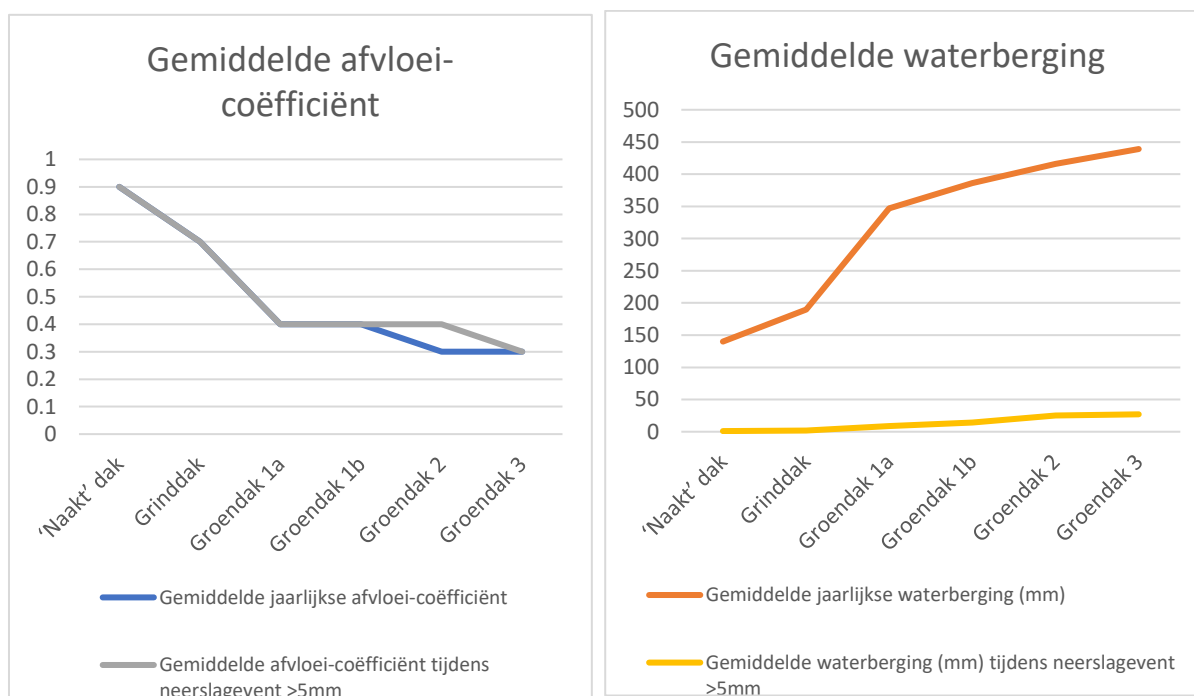
De tool kan pas gebruikt worden na het bekomen van een login, waarvoor men een mail naar de ontwikkelaars dient te sturen met contactinformatie en een korte uitleg waarvoor men de tool wenst te gebruiken. Als demonstratie kan een voorbeeldberekening vanop de website bekeken worden (Faveur-Outil, V1.0, notice d'Avril 2017). Hieronder 6 uitgewerkte rekenvoorbeelden op basis van enkele karakteristieken die we vooropstelden. Er worden telkens 2 situaties met elkaar vergeleken. Op groendak 1 bekijken we het effect van een verschil in waterhoudende capaciteit van het substraat, op groendak 2 het effect van substraatdikte en op groendak 3 het effect van een kruidachtige vegetatie (Tabel 7, Tabel 8, Figuur 30).

TABEL 7 KARAKTERISTIEKEN VAN 2 HYPOTHETISCHE GROENDAKEN VOOR BEREKENING VAN AFVLOEI-COËFFICIËNT EN WATERBERGING MET DE TOOL FAVEUR

Parameter	Groendak 1a	Groendak 1b	Groendak 2	Groendak 3	'Naakt' dak	Grinddak
Maximale waterhoudende capaciteit van substraat	35%	50%	50%	50%		
Dikte substraat	8cm	8cm	15cm	15cm		
Vegetatie	Sedum	Sedum	Sedum	Grassen/kruiden		
Klimaat	Gematigd	Gematigd	Gematigd	Gematigd		

TABEL 8 RESULTATEN VAN DE FAVEUR TOOL VOOR DE 6 HYPOTHETISCHE GROENDAKEN VOOR DE GEMIDDELDE JAARLIJKSE AFVLOEI-COËFFICIËNT EN WATERBERGING

Parameter	Groendak 1a	Groendak 1b	Groendak 2	Groendak 3	'Naakt' dak	Grinddak
Gemiddelde jaarlijkse afvloeicoëfficiënt	0,4	0,4	0,3	0,3	0,9	0,7
Gemiddelde jaarlijkse waterberging (mm)	347	386	416	439	140	190
Gemiddelde afvloeicoëfficiënt tijdens neerslagevent >5mm	0,4 (tussen 0 en 1)	0,4 (tussen 0 en 1)	0,4 (tussen 0 en 1)	0,3 (tussen 0 en 1)	0,9	0,7
Gemiddelde waterberging (mm) tijdens neerslagevent >5mm	9 (tussen 0 en 20)	14 (tussen 0 en 32)	25 (tussen 0 en 57)	27 (tussen 0 en 57)	1	2



FIGUUR 30 GRAFIEK MET VISUELE WEERGAVE VAN DE RESULTATEN VAN DE FAVEUR TOOL VOOR 4 HYPOTHETISCHE GROENDAKEN, DIE VERGELEKEN WORDEN MET EEN NAAKT DAK EN EEN GRINDDAK

De FAVEUR tool berekent hiervoor volgende resultaten:

- Qua afvloeicoëfficiënt is een naakt dak de slechtste optie, gevolgd door het grinddak (Figuur 30). Alle berekende groendaktypes zorgen voor een lagere afvloeicoëfficiënt. Er is weinig verschil tussen de waarde op jaarbasis en deze voor één neerslagevent. Op groendak 2 en 3 is de afvloeicoëfficiënt net iets lager op jaarbasis, substraatdikte en kruidachtige vegetatie hebben dus wel een kleine invloed op de afvloeicoëfficiënt. De waterhoudende capaciteit van het substraat heeft op deze waarde geen merkbare invloed.
- Voor de waterbergende capaciteit merken we een groot verschil tussen het effect op jaarbasis en deze voor slechts één neerslagevent. Bij deze laatste is het effect op de waterberging weinig opvallend, het is dus beter om waardes op jaarbasis te bekijken. Een naakt dak bergt op jaarbasis het minste water, gevolgd door het grinddak. Hierna zien we dat voor ieder van de vier berekende groendaktypes het waterbergende vermogen toeneemt. De keuze voor een eenvoudig extensief groendak zorgt reeds voor een sterke toename in waterbergend vermogen in vergelijking met een naakt en grinddak. Een groendak is dus steeds een betere optie dan een onbegroend dak. De waterbergende capaciteit neemt verder lineair toe bij een hogere waterretentiecapaciteit in het substraat, bij een dikkere substraatlaag en vervolgens ook door de keuze van een grassige/kruidige vegetatie in plaats van Sedum.

Conclusie

FAVEUR lijkt een zeer nuttige tool die ook in ons klimaat gebruikt kan worden. Op basis van vegetatie en substraat kunnen verschillende groendaktypes gespecificeerd worden, waarna de parameters waterretentie en de afvloeicoëfficiënt worden berekend. De vergelijking met een traditionele dakbedekking (enkel afdichting of met grind) wordt hiernaast ook getoond. Echter wordt er geen rekening gehouden met de oppervlakte, locatie en omgeving. Het is dus eerder een hypothetische berekening en niet meteen van toepassing om voor een concreet project exacte cijfergegevens te bekomen. Het gaat ook enkel om een indicatie van waterretentie en afvloeicoëfficiënt.

6.2.7. LIFE@URBAN ROOFS – REKENMODULE GROENE DAKEN

Algemene informatie

Deze tool is voortgekomen uit een LIFE project van Gemeente Rotterdam, in samenwerking met Arcadis, en kan gratis gedownload worden via volgende site: <https://www.ondernemen010.nl/themas/duurzaam-ondernemen/jouw-dak-duurzaam-inzetten-met-de-rekenmodule-groene-daken/>. Het heeft als doel privépartijen inzicht te geven in de voordelen van multifunctionele daken. De kosten en opbrengsten van de aanleg van een groendak, inclusief de maatschappelijke kosten en baten, worden in de tool berekend. De tool is in de vorm van een exceldocument, met bijhorend onderbouwingsrapport.

Input & output

Zowel gegevens van de huidige daksituatie van de projectlocatie, als de toekomstige daksituatie, dienen ingegeven te worden. Van de huidige situatie is informatie nodig over de oppervlakte, investeringskosten en constructiekosten. Wanneer de gebruiker de exacte onkosten niet kent, kan hij gebruik maken van meegeleverde richtlijnen (bv. extensief groendak: 40 tot 50 €/m²). Van het nieuwe/toekomstige dak dient men het type dak en oppervlakte ervan te specificeren. De meeste parameters zijn reeds standaard ingevuld. Bij een blauw dak dient bijvoorbeeld nog aangegeven te worden of het afvloeiwatervat wordt gerecupereerd of niet.

De output is zeer uitgebreid en omvat een financiële businesscase en maatschappelijke kosten-batenanalyse.

1. Financiële businesscase

- Saldo van kosten en opbrengsten over de analyseperiode van 40 jaar
- Jaarlijkse kosten en opbrengsten
- Investeringskosten per daktype

De kosten omvatten investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten

2. Maatschappelijke kosten-batenanalyse

- Saldo van maatschappelijke kosten en baten over de analyseperiode van 40 jaar
- Maatschappelijke kosten per dakkleur
- Maatschappelijke baten per jaar

De opbrengsten/maatschappelijke baten houden volgende aspecten in:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| • Energieopbrengsten | • Afvang fijnstof |
| • Exploitatieopbrengsten (rood dak) | • Hittestress |
| • Vastgoedwaarde | • Gezondheid (fysiek + mentaal) |
| • Imago | • Sociale cohesie |
| • Waterretentie | • Bijdrage biodiversiteit volgens natuurlandschapssysteem* |
| • Waterhergebruik | • Bijdrage aan credit BREAAAM |
| • Waterkwaliteit | • Woningen (paars dak) |
| • CO2 uitstoot | • Mobiliteit (oranje dak) |
| • Luchtkwaliteit | |

Het werken met een natuurlandschapssysteem als indicatie voor de bijdrage van het groendak aan biodiversiteit, is een interessant gegeven. De natuurlandschappen opgenomen in de tool staan weergegeven in Tabel 9.

TABEL 9 OPGENOMEN NATUURLANDSCHAPPEN IN LIFE@URBANROOFS

Natuurlandschappen	
1	Groen dak met sedum (>5-7cm)/30%
2	Groen dak met sedum, grassen en kruiden (>7-15cm)/30%
3	Groen dak met (sedum), grassen, kruiden, dwergheesters en struiken (15-30 cm)/30%
4	Groen dak met (grassen), kruiden, dwergheesters en struiken (30-50 cm)/30%
4	Groen dak met kruiden, dwergheesters, struiken en bomen (>50 cm) /30%
4	Alleen bij hoogbouw (>50m): minimaal 100% van de footprint van de stedelijke laag komt terug als horizontale buitenruimtes zoals daktuinen. Daarvan moet minimaal 40% ingericht worden met groen dat een bijdrage levert aan biodiversiteit

Zeven dakkleuren worden beschouwd: groen, blauw, geel, rood, oranje, paars en grijs (Tabel 10). Bij de keuze 'Groene daken' kan nog verder gekozen worden voor en sedumdak, een natuurdak of een daktuin.

TABEL 10 BESCHRIJVING EN EFFECTEN VAN TYPEN DAKEN OPGENOMEN IN LIFE@URBAN ROOFS

Type dak	Beschrijving en effecten
Groene Daken	Groene daken dragen bij aan een groene omgeving en zijn nuttig bij extreem droog, warm en nat weer. De positieve effecten van een groen dak zijn: toename in biodiversiteit, vermeden zorgkosten, voorkomen arbeidsverlies, waterretentie en toename in vastgoedwaarde.
Blauwe Daken	Blauwe daken vangen water op. Ze spelen een belangrijke rol bij erg nat of juist droog weer. De positieve effecten van een groen dak zijn waterretentie en mogelijke hergebruik van het opgevangen water.
Gele daken	Gele daken wekken duurzame energie op uit zon of wind. De positieve effecten hiervan zijn energieopbrengsten voor de eigenaar, een reductie in CO ₂ uit de opwekking van stroom en een verbeterde luchtkwaliteit doordat minder vervuilende stoffen nodig zijn voor de opwekking van stroom.
Rode daken	Rode daken hebben een sociale functie. De samenleving kan op dit soort daken elkaar ontmoeten en er zijn exploitatiemogelijkheden op een rood dak.
Oranje daken	Oranje daken worden gebruikt voor verbinding en vervoer.
Paarse daken	Paarse daken zijn woondaken.
Grijze daken	Grijze daken zijn voor technische installaties.

Case

In deze tool dient geen projectlocatie ingetekend te worden. Het is enkel nodig om enkele gegevens over het gebouw in te geven. Omdat de tool specifiek bedoeld is voor gebruik op gebouwniveau, werd enkel Scenario 1 (PXL Green&Tech te Diepenbeek) hier uitgewerkt.

Huidige situatie:

- Oppervlakte huidige dak 8200m²
- Vervangingstermijn huidige dak (iedere X jaar) 20 jaar (standaardinstelling)
- Vervangingskosten huidige dak 45 euro per m² excl. BTW (standaardinstelling)
- Beheer- en onderhoudskosten huidige dak 4 euro per m² excl. BTW (standaardinstelling)
- Frequentie onderhoud huidige dak (iedere x jaar) 2 jaar
- Grootte huishouden (indien relevant) / (max 5)
- Huidig energieverbruik 400.000 KWh per jaar*
- Type wijk Bedrijf

*uit duurzaamheidsrapport PXL Green&Tech 2017

Nieuw dak:

- Groendak: 2000m² Sedumdak; 2000m² Natuurdak
- Blauw dak: 2000 m²; regenwater opnieuw te gebruiken
- Geel dak: 2000m²

Verschillende grafieken en berekeningen worden in het tabblad weergegeven met betrekking tot de financiële businesscase en de maatschappelijke kosten en baten-analyse. Hieronder worden twee zaken toegelicht. De analyseperiode is 40 jaar. Uit Tabel 11 kunnen we afleiden dat de belangrijkste maatschappelijke baten zich bevinden bij de extra waterretentie- en hergebruik, en energieopbrengsten. Deze zijn toe te schrijven aan de aanleg van respectievelijk een retentiedak en een groendak met zonnepanelen.

TABEL 11 JAARLIJKE KWANTITATIEVE MAATSCHAPPELIJKE BATEN VOOR SCENARIO 1, DE BEGROENING VAN HET VOLLEDIGE DAK VAN PXL GREEN&TECH.

Maatschappelijke baten per jaar	%	euro/jaar
Waterretentie en -hergebruik (blauw dak)	49	52.856
Energie-opbrengsten	37	39.273
Vermeden CO2 uitstoot (geel dak)	7	7.435
Vermeden uitstoot overig (geel dak)	7	7.435
Fijnstof afvang (groen dak)	0	68
Vermeden zorgkosten (groen dak)	0	169
Vermeden arbeidsverlies (groen dak)	0	28
TOTAAL	100	107.300

Ook het saldo van kosten en opbrengsten over de analyseperiode van 40 jaar worden weergegeven. Het vergroenen van het gebouw PXL Green&Tech (+/- 8000m²) zorgt voor een netto winst van 820.170 euro (excl. BTW). De keuze voor een groendak, eender welk type, is dus zeker een interessante investering.

Conclusie

De LIFE@UrbanRoofs tool is een zeer nuttige en gebruiksvriendelijke tool die rekening houdt met alle onkosten die met een groendak te maken kunnen hebben. Buiten Excel is er geen andere software nodig. De ingevoerde data wordt automatisch omgezet tot bruikbare grafieken. De achterliggende kengetallen zijn heel transparant, in het meegeleverde onderbouwingsrapport staan alle bronnen die gebruikt zijn. De focus ligt op multifunctionele daken, dus alle types daken zitten erin vervat (groen, blauw, geel, rood), zelfs paars en oranje zijn mogelijke opties. De nodige input is wel zeer specifiek en toegespitst op de situatie in Nederland. Voor fictieve scenario's waarbij niet alle details gekend zijn is het dan ook vrij moeilijk om te gebruiken. Ook voor projecten op grote schaal is het moeilijk om de impact in te schatten.

6.2.8. SUMAQUA_SIRIO

Algemene informatie

De Sirio tool (<https://www.sumaqua.be/sirio>) simuleert de impact van extreme neerslag op regenwaterbuffers, infiltratiepoelen en dijken. Voor regenwaterbeheer is het mogelijk om op zowel perceelsniveau als naar een complete site te kijken. De tool houdt rekening met de Vlaamse regelgeving.

Op basis van enkele essentiële parameters, simuleert de tool een tijdreeks van 100 jaar neerslag, en houdt hierbij rekening met of zonder invloed van klimaatverandering.

Sumaqua biedt de mogelijkheid om een gratis en tijdelijke proefversie te gebruiken, waarna kan overgegaan worden tot aankoop van de software.

Input & output

De handleiding van de tool geeft onder meer informatie over de installatie instructies en de verschillende modelleeropties. Hierbij staat specifiek de optie voor het configureren van de parameters voor de groendak module. Vervolgens worden ook de simulatieopties waaronder oppervlakteberging, tijdreeksen en klimatscenario's, en het naderhand analyseren van de resultaten toegelicht.

De configuratie van de groendakmodule laat toe volgende paramaters te specificeren:

- Substraatdikte

- Onderlaag: drainagemat of buffer met capaciteit van $X \text{ l/m}^2$
- Kan de buffer leegstromen? Nee (enkel overstorten indien vol), of Ja (via kleine opening)

Daarnaast zijn er enkele bijkomende gegevens nodig die projectspecifiek zijn:

- Capaciteit (tot overstortdrempel, in m^3)
- Aantal verbonden GSV modules². Ieder van deze GSV modules dient ook geconfigureerd te worden met specifieke info over de hemelwaterput en infiltratievoorziening.
- Oppervlakte groendaken (in ha)
- Toevoerende oppervlaktes (1-3) en hiervan: oppervlakte (in ha), afvloeicoëfficiënt, en de concentratietijd in minuten.

Volgende processen worden vervolgens door Sirio gesimuleerd. Deze werden door een uitgebreide meetcampagne op een aantal groendaken te Antwerpen vertaald naar wiskundige vergelijkingen en parameters. Deze meetcampagne maakte deel uit van een wetenschappelijke studie van de KU Leuven.

- Verdamping
- Berging in de vegetatie (interceptie)
- Directe neerslagafstroming over het oppervlak
- Percolatie naar het substraat
- Opname door planten van water uit substraat door capillariteit
- Percolatie naar de waterbergingslaag
- Opname door substraat van water uit de waterbergingslaag door capillariteit

Als output worden de waterbalans en de overstortvolumes en -debieten voor terugkeerperiodes tot 100 jaar weergegeven. Ook het potentieel hergebruik, de variatie van de doorvoer en de vullingsgraad worden geanalyseerd.

Case

Na een aanvraag bij Sumaqua werd een licentie voor 1 maand bekomen met handleiding om de demoversie te kunnen uitproberen. We ondervonden echter enkele problemen met de installatie, waardoor de tool zelf niet werd uitgetest. Wel kon in de handleiding de nodige informatie over input en output afgeleid worden. Aangezien er veel gemodelleerd dient te worden en er veel specifieke informatie voor de configuratie nodig is, was het toepassen van een concrete case voor de beoogde doelstelling te specifiek. In Figuur 31 staat weergegeven hoe een simulatierapport er ongeveer uitziet.

² Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening voor hemelwaterputten, infiltratie- en buffervoorzieningen



FIGUUR 31 VOORBEELD VAN SIMULATIERAPPORT MET GEBRUIK VAN DE SUMAQUA TOOL VAN SIRIO.

Conclusie

De tool heeft verschillende mogelijkheden om regenwaterbeheer te kwantificeren in verschillende situaties. Ook groendaken met verschillende substraatdikte en waterbergingscapaciteit kunnen mee geconfigureerd worden in het model. De output is dan ook zeker van nut voor specifieke projecten waar reeds kwantitatieve informatie over onder meer de infiltratievoorziening en de hemelwaterput geweten is. Op die manier kan de tool effectief gebruikt worden als hulpmiddel om het effect van groendaken op de klimaatrobustheid van steden te berekenen, en dan specifiek voor regenwaterbeheer.

6.2.9. NATUURWAARDEVERKENNER

Algemene informatie

De natuurwaardeverkenner van VITO (<https://www.natuurwaardeverkenner.be/>) is een online toepassing waarmee ecosysteemdiensten gewaardeerd kunnen worden. Zo kan de maatschappelijke impact van open ruimte in kaart worden gebracht.

Input & output

In de eerste stap wordt het onderzoeksgebied opgesteld. De gebruiker tekent het onderzoeksgebied in op een kaart en geeft een naam en een beschrijving aan het opgestelde gebied. In de volgende stap worden de gewenste maatregelen voor het gebied gekozen uit een lijst, en vervolgens ook ingetekend. De gebruiker kan hiervoor uit volgende maatregelen kiezen.

- Groendaken
- Verhardingen
- Water en natte groenvormen
- Open (droge) groenvormen
- Struiken, hagen en houtkanten
- Bos
- Stadsbomen
- Bebouwde oppervlakte
- Gevelgroen

In de derde stap moet de gebruiker een aantal eenvoudige vragen over het scenario beantwoorden. In de laatste stap kan gekozen worden van welke ecosysteemdiensten de gebruiker de resultaten wenst te verkrijgen (Tabel 12)

TABEL 12 OVERZICHT VAN DE MOGELIJKE ECOSYSTEEMDIENSTEN DIE BEREKEND WORDEN MET NATUURWAARDEVERKENNER

Producterende diensten	Regulerende diensten	Culturele diensten
Voedselproductie	Luchtkwaliteit Luchtkwaliteit canyon Vermeden afstroom C-opslag biomassa Verkoelend effect	Recreatie Meerwaarde woningen in de buurt Gezondheidseffect contact groen

De natuurwaardeverkenner drukt de resultaten op vier manieren uit, namelijk kwalitatieve waardering, kwantitatieve waardering, monetaire waardering en jaarlijkse impact. Wat groendaken betreft kan men kiezen tussen een extensief, semi-intensief of intensief groendak.

Case

Als case werd hier het effect nagegaan van het begroenen van het dak van PXL Green&Tech te Diepenbeek, enerzijds met een extensief groendak, anderzijds met een intensief groendak (Figuur 32)



FIGUUR 32 PROJECTLOCATIE PXL GREEN&TECH ALS FICTIEF BEGROENINGSSCENARIO IN DE NATUURWAARDEVERKENNER

TABEL 13 BELANGRIJKSTE RESULTATEN VOOR DE FICTIEVE CASE MET NATUURWAARDEVERKENNER, WAARBIJ HET VOLLEDIGE DAK VAN PXL GREEN&TECH BEGROEND WORDT MET EEN EXTENSIEF GROENDAK OF EEN INTENSIEF GROENDAK.

Jaarlijkse impact op maatschappij/gebruikers	Extensief groendak	Intensief groendak
Extra afvang fijnstof gelijk aan uitstoot van ... personen	0,7	1,1
Extra afvang fijnstof gelijk aan ... autokilometers	90.575	138.300
... euro vermeden kosten klimaatmitigatie	256	574

Extra C-opslag gelijk aan uitstoot van ... inwoners	0,2	0,6
Extra C-opslag gelijk aan ... autokilometers	15.802	44.334
... euro vermeden gezondheidsuitgaven	11	11
... m ³ /jaar water extra vastgehouden	1.591	2.285
... °C koeler	0,1	0,5
... minder doktersbezoeken geregistreerd	<0,1	<0,1

De resultaten worden zowel in tabelvorm weergegeven, met cijfers voor de huidige situatie, de toekomstige situatie en het verschil tussen beide. Daarnaast worden de belangrijkste resultaten ook visueel weergegeven met icoontjes en een omschrijving om de impact beter te kunnen kaderen. Zo valt uit Tabel 13 af te leiden dat de aanleg van een extensief groendak in dit scenario zorgt voor een verminderde fijnstof uitstoot vergelijkbaar met 90.575 autokilometers. Voor een intensief groendak is dit significant meer, namelijk 138.300 autokilometers. Ook voor vermeden kosten voor klimaatmitigatie, extra C-opslag en waterbuffering leveren de groendaken een serieuze bijdrage, waarbij het intensieve groendak steeds een hogere impact heeft dan het extensieve groendak.

Conclusie

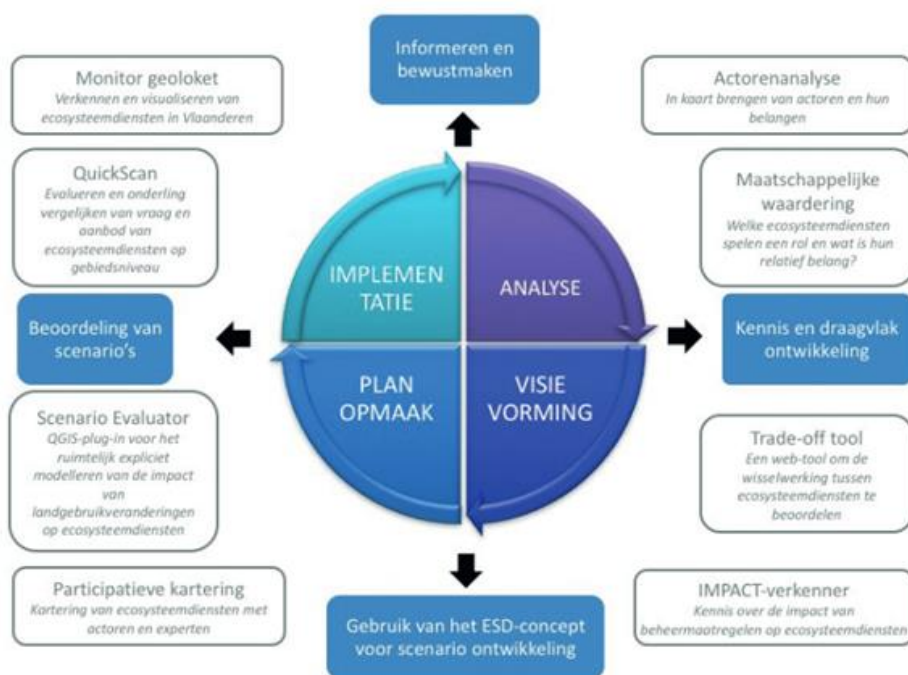
De natuurwaardeverkenner is gemakkelijk en snel in gebruik. Deze is online beschikbaar na login. De achterliggende parameters zijn relevant in een Vlaamse context. Zowel een kwalitatieve, als kwantitatieve en monetaire waardering worden als resultaat bekomen, en dit voor verschillende ecosysteemdiensten. De resultaten worden weergegeven in tabelvorm of als figuur waarbij de huidige met de toekomstige situatie wordt vergeleken. Niet alle scenario's werkten even goed, soms worden serverfouten weergegeven. Drie soorten groendaken zitten in het systeem: extensief, semi-intensief en intensief. Omdat de projectlocatie handmatig moet ingetekend worden, is deze tool minder bruikbaar voor grote projecten waarbij complexe polygonen getekend moeten worden. De tool levert nuttige informatie die gebruikt kan worden om het belang van groendaken binnen het kader van klimaatadaptatie aan te tonen.

6.2.10. ECOPLAN SCENARIO EVALUATOR

Algemene informatie

ECOPLAN is een project van UAntwerpen, dat ruimtelijke informatie en instrumenten voor de beoordeling van ecosysteemdiensten ontwikkelt. De beschikbare tools kunnen ingezet worden tijdens zowel de analysefase, visievorming, planopmaak als implementatiefase van een ontwikkelingsproces. De tools zijn open source en kunnen gebruikt worden om ecosysteemdiensten te identificeren, kwantificeren, waarderen, valideren en monitoren.

Verschiedende tools zijn beschikbaar (Figuur 33). Vooral de ECOPLAN-SE (Scenario Evaluator) is interessant om bvb. de impact van een ingevoerde maatregel zoals een groendak op de klimaatrobuustheid van een locatie na te gaan.



FIGUUR 33 OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE BESCHIKBARE TOOLS BINNEN HET ECOPLAN PROJECT

Input & output

De ECOPLAN plug-in bestaat uit twee grote delen, namelijk de plug-in zelf en een ESD-database, die apart geïnstalleerd worden. In een eerste folder genaamd 'Geodatabase' zitten de kaarten (op Vlaams niveau) die de informatie bevatten waarop berekeningen uitgevoerd zullen worden, zoals bodembedekking, bodemgebruik, bodemtextuur en grondwaterstanden. In een tweede folder genaamd 'Modellen' zitten de gegevens voor de berekeningen zelf, zoals omzettingsregels, omzettingstabellen en ruimtelijke data.

Er worden drie modules doorlopen (Figuur 34). De eerste module selecteert de data die binnen het onderzoeksgebied vallen en bereidt deze data voor voor de verdere berekeningen. Module 2 berekent de ESD's en stelt vervolgens ESD-kaarten op. Module 3 vat de informatie van de ESD-kaarten verder samen in tabellen en grafieken.



FIGUUR 34 OVERZICHT VAN HET GLOBALE PROCES VAN DE ECOPLAN SE PLUG-IN. ER ZIJN 3 MODULES MET SUBMODULES DIE DOORLOPEN MOETEN WORDEN.

- Stap 1: Onderzoeksgebied afbakenen via het importeren van een shapefile. Dit is de huidige toestand.
- Stap 2: Scenario's opstellen in een tekstbestand, gebruik makend van een meegeleverd excelbestand met omzettingsregels. Bij elke omzetting van één type bodembedekking of -gebruik naar een ander type

hoort een door de gebruiker aangemaakte shapefile. Deze shapefile bakent de zone af waarbinnen de omzetting zal worden toegepast. Dit is de toekomstige toestand.

- Stap 3: Berekenen drainageklasse voor huidige en toekomstige toestand.
- Stap 4: Berekenen van de ecosysteemdiensten (Tabel 14). De scenario's worden doorgerekend voor 18 verschillende ecosysteemdiensten: 4 producerende, 8 regulerende, 3 ondersteunende en 3 culturele diensten.

TABEL 14 DE ECOSYSTEEMDIENSTEN DIE MET MODULE 2 VAN DE ECOPLAN SE PLUG-IN BEREKEND KUNNEN WORDEN

Ecosysteemdienst	Beschrijving outputkaarten
Voedselproductie	Jaarlijkse toegevoegde waarde van de landbouwactiviteiten in 2013 (€/ha*jaar)
Houtproductie	Jaarlijks gemiddeld volume houtoogst (m ³ /ha*jaar) Waardering jaarlijkse gemiddelde houtoogst (€/ha*jaar)
Watervoorziening	Jaarlijks onttrokken volume uit freatisch grondwater (m ³ /ha*jaar)
Bestuiving	Kwalitatieve indicator voor bestuiving geleverd in Vlaanderen
Waterinfiltratie	Jaarlijkse infiltratie (m ³ /ha*jaar)
Waterretentie	Seizoensale retentie (m ³ /ha) Maximale retentie (m ³ /ha)
Koolstofopslag biomassa	Jaarlijkse koolstofopslag in biomassa (ton C/ha*jaar)
Koolstofopslag bodem	Totale koolstofopslag in de bodem (ton C/ha)
Nutriëntenopslag bodem	Totale stikstofopslag (kg N/ha) Totale fosforopslag (kg P/ha)
Stikstofverwijdering	Jaarlijkse denitrificatie in de bodem (KgN/ha*jaar)
Erosiepreventie	Jaarlijkse vermeden erosie (ton/ha*jaar)
Luchtkwaliteit	Depositie PM10 (ton/ha*jaar)
Geluidsreductie	Vraag naar geluidsreductie (aantal woningen) Jaarlijkse toegevoegde woningwaarde (€/woning ° jaar)
Stedelijk klimaat	Aangeboden verkoeling (°C) Vermeden temperatuurstijging (°C)
Beleving recreanten	Aantal bezoekers per jaar (#bezoekers/ha*jaar)
Kwaliteit woonomgeving	Jaarlijkse toegevoegde woningwaarde (€/ha*jaar)
Gezondheidseffecten	Ontvangst van gezondheidseffect (DALY/ha)

De outputkaarten geven visuele informatie die reeds gebruikt kan worden om het verschil tussen de huidige en de toekomstige situatie in te schatten. In een volgende stap kunnen de data vervat in de kaarten echter nog verder geanalyseerd worden en vervolgens uitgedrukt worden in tabellen en grafieken. Hiervoor wordt een meegeleverd excelbestand gebruikt.

Case

Binnen het kader van groendaken is de tool echter niet geschikt. Tijdens de uitwerking van een case met de Scenario Evaluator in een eerder project, kwamen reeds twee problemen naar boven. Een eerste probleem is dat enkel een volledige omzetting van urbaan naar grasland mogelijk is. Een groendak is een toevoeging van een vegetatie aan een urbane omgeving en is geen volledige omzetting. Een tweede probleem is dat er fouten gemeld worden bij de berekening van verschillende ecosysteemdiensten.

In het kader van een ander lopend project EcoCities (www.ecocities.be) wordt er informatie verzameld over de ecosysteemdiensten van verschillende types groendaken, die nadien zal ingebouwd worden in de ECOPLAN-SE.

Daardoor zal het mogelijk zijn om scenario's met betrekking tot de aanleg van groendaken op verschillende niveaus online te visualiseren en te evalueren. Hiernaast wordt ook een nieuwe tool ontwikkeld, namelijk de 'Private owners tool', om een kosten-batenanalyse uit te voeren op gebouwniveau.

Momenteel zijn deze nieuwe tools nog in testfase, er werd een aanvraag gedaan om twee hypothetische scenario's door te rekenen, op gebouwniveau voor PXL Green&Tech, en op wijkniveau voor het bedrijventerrein rond WTCB te Zaventem. Beide scenario's werden ook toegepast als case bij de Toolbox Klimaatbestendige Stad.

Conclusie

De plug-in heeft een grote potentie om een krachtige tool te zijn voor het belang van ESD's aan te tonen en ecosystemen te promoten. De tool is een overzichtelijke software, maar een basiskennis van QGIS en Python is vereist. Deze is dus minder gebruiksvriendelijk dan de andere tools. Het voordeel is dat de tool ook bruikbaar is voor zeer grote oppervlakten en gedetailleerde analyses, door het importeren van shapefiles. Een volledige analyse is tijdrovend, de benodigde opslagruimte op de pc is aanzienlijk (2GB) en momenteel heeft de tool nog geen specifiek optie voor groendaken als maatregel.

Interessant is dat in het kader van een ander lopend project EcoCities (www.ecocities.be) er informatie verzameld wordt over de ecosysteemdiensten van verschillende types groendaken om nadien in te bouwen in de ECOPLAN-SE. Daardoor zal het mogelijk zijn om scenario's met betrekking tot de aanleg van groendaken op verschillende niveaus online te visualiseren en te evalueren. Hiernaast wordt ook een nieuwe tool ontwikkeld, namelijk de 'Private owners tool', om een kosten-batenanalyse uit te voeren op gebouwniveau. Deze ontwikkeling dient verder opgevolgd te worden.

6.2.11. KLIMAATSCHADESCHATTER

De tool Klimaatschadeschatter (<https://klimaatschadeschatter.nl/>) helpt om inzicht te krijgen in de schade van de effecten van klimaatverandering, meer specifiek voor droogte, wateroverlast en hitte. Per Nederlandse gemeente kan een schatting van de schade berekend worden. Dit wordt mogelijk gemaakt door het bundelen van de kennis over de schadekosten. Het dient vooral om te sensibiliseren over de klimaatverandering, en om discussies aan te wakkeren.

De tool toont enkel de problemen die verschillende scenario's van klimaatverandering met zich meebrengen, en koppelt hier een geschatte schadekosten aan vast. Het toont niet aan tot welke vermindering in deze schadekosten de aanleg van groendaken kunnen leiden. Daarom wordt niet verder ingegaan op deze tool.

6.3. SAMENVATTING

De verschillende besproken rekentools worden hieronder in tabelvorm samengevat (Tabel 15). De mate waarin ze kunnen helpen bij het inschatten van de impact van (verschillende types) groendaken op klimaatrobuustheid, werd met een kleurcode benadrukt. De groen gemarkeerde rekentools, namelijk Natuurwaardeverkenner, LIFE@Urban Roofs en Toolbox klimaatbestendige stad zijn allen zeer interessant om toe te passen in reële scenario's. Ze geven op een kwantitatieve manier verschillende ecosysteemdiensten weer en houden rekening met verschillende types groendaken. Oranje aangeduide rekentools zijn ook van nut, hoewel ze enkel dienen om de waterbalans in kaart te brengen. De lichtrode tools leveren slechts een beperkte bijdrage aan het bepalen van het effect van groendaken op de klimaatrobuustheid van steden. Ook zijn er een aantal tools bij die momenteel nog niet gelanceerd zijn en waarvan het nut niet kan gedemonstreerd worden. De Tool Nature Smart Cities is zeker veelbelovend en de ontwikkelingen dienen hier verder opgevolgd te worden voor latere toepassing. Ook de EcoCities plugin binnen de bestaande ECOPLAN Scenario Evaluator, samen met de Private Owners Tool bieden

een nuttige insteek. Beiden zijn resultaten van het project EcoCities (www.ecocities.be) en zullen later dit jaar gelanceerd worden.

Uit de verschillende uitgevoerde cases leiden we enkele zaken af met betrekking tot klimaatrobustheid van verschillende groendaksystemen.

- Toolbox klimaatbestendige stad: Uit de case blijkt dat retentiedaken, geïnstalleerd op verschillende daken in een bepaalde locatie, voor doorslaggevende maatschappelijke- en milieuvoordelen voor de wijk zorgen, in vergelijking met een standaard groendak.
- FAVEUR: Qua afvloeicoëfficiënt is een naakt dak de slechtste optie, gevolgd door het grinddak. Alle berekende groendaktypes zorgen voor een lagere afvloeicoëfficiënt. Een naakt dak bergt op jaarbasis ook het minste water, gevolgd door het grinddak. Hierna zien we dat voor ieder van de vier berekende groendaktypes het waterbergende vermogen toeneemt. De keuze voor een eenvoudig extensief groendak zorgt reeds voor een sterke toename in waterbergend vermogen in vergelijking met een naakt en grinddak. Een groendak is dus steeds een betere optie dan een onbegroend dak. De waterbergende capaciteit neemt verder lineair toe bij een hogere waterretentiecapaciteit in het substraat, bij een dikkere substraatlaag en vervolgens ook door de keuze van een grassige/kruidige vegetatie in plaats van Sedum.
- LIFE@urban roofs: De belangrijkste maatschappelijke baten bevinden zich bij de extra waterretentie- en hergebruik, en bij de energieopbrengsten. Deze zijn toe te schrijven aan de aanleg van respectievelijk een retentiedak en een groendak met zonnepanelen. De keuze voor een groendak, eender welk type, blijkt uit de analyse ook een interessante investering.
- Natuurwaardeverkenner: De aanleg van een extensief groendak zorgt voor een verminderde fijnstof uitstoot. Voor een intensief groendak is de verminderde uitstoot dit significant hoger. Ook voor vermeden kosten voor klimaatmitigatie, extra C-opslag en waterbuffering leveren groendaken een serieuze bijdrage, waarbij het intensieve groendak steeds een hogere impact heeft dan het extensieve groendak.

Een groendak is dus steeds een betere optie over een onbegroend dak. Retentiedaken die extra veel water bergen bieden bijkomende milieuvoordelen. Extra waterberging kan bereikt worden via de drainagelaag, via het substraat (dikte) en ook door de keuze van beplanting. Intensieve groendaken met een dikker substraat leveren naast naast extra waterbuffering ook een hogere bijdrage aan klimaatmitigatie en C-opslag. Ook de keuze voor groendaken in combinatie met zonnepanelen zorgt voor extra energieopbrengsten.

TABEL 15 SAMENVATTING VERSCHILLENDE UITGETESTTE TOOLS

TOOL	INFO	PRO'S	CON'S	Interessant in een groendakcontext
Natuurwaardeverkenner	https://www.natuurwaardeverkenner.be/	Voor Vlaamse context. Extensieve, semi-intensieve en intensieve groendaken als maatregel		JA, kwalitatieve, kwantitatieve en monetaire waardering van verschillende ecosysteemdiensten
Multifunctionele Daken Tool – LIFE@Urban Roofs	https://www.ondernemen010.nl/t-hemas/duurzaam-ondernemen/jouw-dak-duurzaam-ondernemen/	Specifiek voor multifunctionele daken. Volledig doorerekend	Cijfers voor situatie in Nederland.	JA, financiële businesscase en maatschappelijk

	inzetten-met-de-rekenmodule-groene-daken/			ijke kosten en baten van multifunctionele daken
Toolbox klimaatbestendige stad	https://kbstoolbox.nl/nl/	Drie groendakmaatregelen: standaard, extra waterretentie, retentiedak	Berekening niet steeds mogelijk; parameters voor Nederlandse context	JA, verschillende ecosysteemdiensten; veel nuttige info
FAVEUR	https://faveur.cerema.fr	Specifiek voor groendaken (sedum of gras; substraatdikte)		JA, voor waterretentie en afvloeivaard en
RioNed Rain Tools	https://raintools.nl/	Dak = standaard, groen, blauw of groenblauw; waterbalans in detail; op perceel of wijkniveau	Beveiligingsprobleem software	JA, voor waterbalans
Sirio tool van Sumaqua	https://www.sumaqua.be/sirio	Groendakconfiguratie: substraatdikte en type onderlaag.	Betalend na demoversie; specifieke info nodig; enige verdieping in de werking van het programma vereist.	JA, regenwaterbeheer / waterbalans
Groenblauwpeil	https://www.groenblauwpeil.be/	Dak = hellend, plat of groen	Problemen met ingeven data. Geen onderscheid tussen groendaktypes	BEPERKT, voor score en berekening grootte regenwaterput
Tool Nature Smart Cities	https://naturesmartcities.eu/	Verschillende ecosysteemdiensten	Nog niet gelanceerd	?
ECOPLAN_SE (EcoCities plugin) en Private Owners Tool	www.ecocities.be	Verschillende ecosysteemdiensten	Nog niet gelanceerd; kennis van QGis en Python vereist	?
Climate app	https://www.climateapp.nl/	Veel verschillende maatregelen ter beschikking	Geen groendakopties; beknopte infofiche; geen doorrekening	NEE, geen groendakopties
Klimaatshadeschatter	https://klimaatshadeschatter.nl/	Schatting van kosten gerelateerd aan klimaatproblemen	Toont geen maatregelen als oplossing	NEE, geen groendakcontext

		ndroogte, wateroverlast en hitte		
--	--	--	--	--

BIJLAGE A: WERKPAKKET SENSOREN

Centraal meetstation: CO₂, partikels 0.3-10 µm, neerslag, luchttemperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk

Per opstelling: substraattemperatuur, substraatvochtigheid

Sensor	Wat?	Aansluiting
MHZ19 CO ₂ Sensor	Meet CO ₂ in omgeving	centrale meettoestel
SDS011 Particle Sensor	Meet vaste partikels in de lucht. Partikels van 0.3 tot 10µm. Uitstoot partikels hebben een grootte tot 2,5 µm. Pollen, schimmels en stof hebben een grootte tot 10 µm.	centrale meettoestel
RG-15 Rain Sensor	Meet de hoeveelheid neerslag met een nauwkeurigheid van 10%. Deze sensor meet de hoeveelheid regen optisch en zonder kiepemer wat het een moderne sensor maakt.	centrale meettoestel
BME Temperature, Humidity and Pressure sensor	Deze sensor bevat een temperatuursensor, een vochtigheidsensor en een luchtdruksensor. Deze sensor meet de omgevingsvariabelen van Corda Campus.	centrale meettoestel
5TE Ground Temperature and Humidity sensor	Deze sensor meet de temperatuur en de vochtigheid van het groendak	1 per opstelling

Nog toe te voegen door PXL Smart ICT:

- Overzicht uitgevoerde activiteiten en timing
- Aantal betrokken studenten en bij welke activiteiten
- Welke problemen zijn opgetreden, hoe jullie hiermee zijn omgegaan/mogelijke oplossingen
- Wat er gerealiseerd is (o.a. 3D schetsen)
- Wat jullie nog plannen door te voeren de komende periode en wat dit nog aan output kan opleveren.

BIJLAGE B: FOTO'S BLOEIENDE SOORTEN

Bloeiende soorten op het demodak in 2022. Engels gras (*Armeria maritima*) april 2022; Beemdkroon (*Knautia arvensis*) april 2022; Ruige klaproos (*Papaver argemone*) april 2022; Paardenbloem spp. (*Taraxacum spp.*) april 2022; Fijne kervel (*Anthriscus caucalis*) april 2022; Gewone duivenkervel (*Fumaria officinalis*) april 2022; Duizendblad (*Achillea millefolium*) mei 2022; Steenanjer var. (*Dianthus deltoides*) mei 2022; Oranje havikskruid (*Hieracium aurantiacum*) mei 2022; Rolklaver (*Lotus corniculatus*) mei 2022; Vlasleeuwenbek (*Linaria purpurea*) in demo B1 (standaard substraat) juni 2022; Kleine steentijm (*Clinopodium calamintha*) op demo B4 (gebroken dakpannen) juni 2022; Gewone brunel (*Prunella vulgaris*) juni 2022; Knoopkruid (*Centaurea jacea*) op demo A6 (natuurdak) augustus 2022; Sint Janskruid (*Hypericum perforatum*) op demo A6 (natuurdak) augustus 2022; Wilde marjolein (*Origanum vulgare*) op demo A2 (sedum + kruiden) augustus 2022







