



# TKI-project Urban PhotoSynthesis

Waterbewuste en natuurinclusieve energie uit Amsterdam

# TKI-project Urban PhotoSynthesis

## Waterbewuste en Natuurinclusieve Energie uit Amsterdam

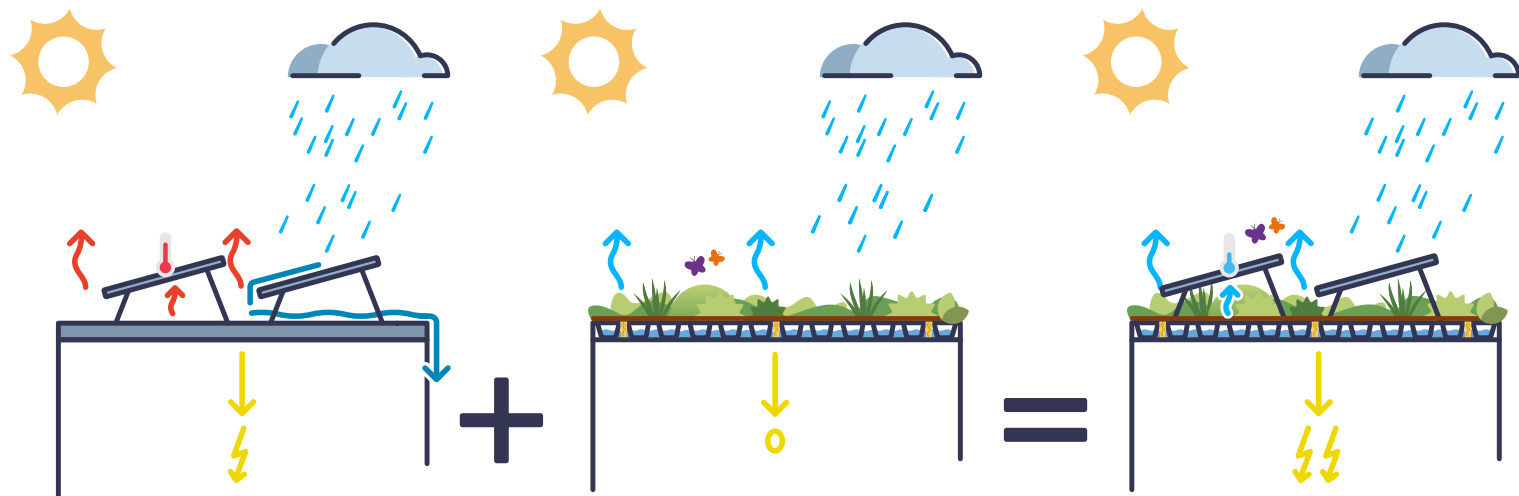
Steden worden geconfronteerd met een groot aantal uitdagingen op het gebied van voldoende woningen, de energietransitie, de achteruitgang van biodiversiteit en aanpassingen aan klimaatverandering. Zomers worden warmer en droger en regenbuien worden intenser terwijl, als we niet uitkijken, de ruimte voor groen afneemt.

Platte daken worden in het algemeen gezien als een ideale locatie voor zonnepanelen, maar ook voor blauw-groene daken. Dat zijn groene daken die ook piekbuien kunnen opvangen. Je kunt je afvragen waar je dan voor moet kiezen, maar dat is niet langer nodig: met project Urban PhotoSynthesis hebben we bewezen dat beide op hetzelfde dak kan, zodanig dat de systemen elkaar op de volgende manieren versterken:

- Het blauw-groene systeem bergt regenwater en zuivert douchewater (grijs water) voor capillaire irrigatie van de beplanting;
- De beplanting koelt door verdamping de zonnepanelen waardoor deze meer elektriciteit produceren;
- De panelen werpen schaduw waardoor er meerdere plantensoorten op het dak kunnen groeien.

De combinatie van zonnepanelen, groen, regenwaterberging en grijswaterzuivering geeft invulling aan een gecombineerde praktische oplossing die:

- De opwarming van de stad helpt tegengaan;
- Het dak nog beter isoleert;
- Bij regen werkt als een spons;
- Douchewater zuivert voor irrigatie van de planten;
- Ruimte maakt voor biodiversiteit;
- Lokale productie van energie verbetert.



Afbeelding 1: het concept van of-of oplossingen naar een succesvolle en-en combinatie.

Het Aedes gebouwcomplex Mannoury (2020-2021) met twee woontorens en ondergrondse parkeerkelder is ontworpen met biodiverse beplanting op alle niveaus: de daken, balkons en daktuin op de parkeergarage zijn voorzien van bloeiende beplanting die groeit op het Permavoid waterretentie en capillaire irrigatiesysteem. De begroeide etages zijn met elkaar verbonden: water stroomt onzichtbaar van de hoogste daken via de begroeide balkons naar de daktuin op de parkeergarage.

Er zijn steeds vaker lange droge periodes en uit het eerdere Amsterdamse project Smartroof 2.0 (<https://www.projectsmaartroof.nl/>) leerden we dat water voor de beplanting essentieel is om te kunnen groeien en koelen. Bij droogte irrigeren met drinkwater is niet duurzaam en wordt in periodes van droogte juist ontmoedigd door drinkwaterbedrijven om zo drinkwater te besparen voor de hoofdfuncties. Daarom wordt in dit project het douchewater uit de appartementen met een natuurlijk (horizontaal doorstroomd) begroeid filter van ECOFYT op het hoogste blauw-groene dak gezuiverd tot bruikbaar irrigatiewater waarmee de watervoorraad voor de planten dagelijks wordt aangevuld.

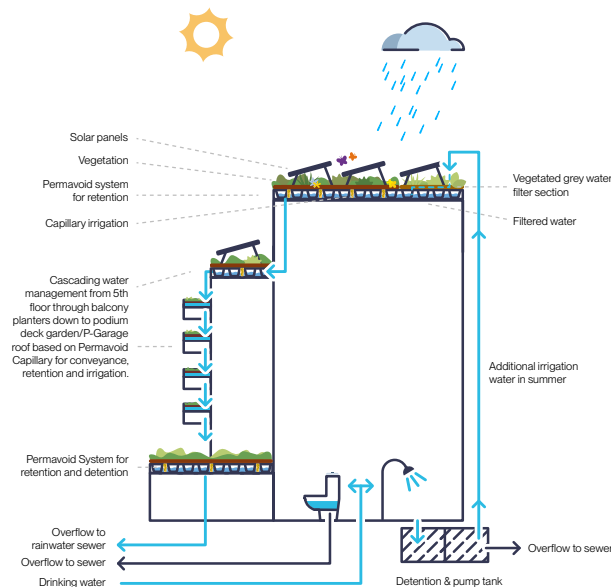
De combinatie van dit filtersysteem en de blauw-groene daken resulteert in:

- Minder regenwater naar de riolen;
- Jaarrond voldoende water voor de beplanting voor groei en verkoeling;
- Minder douche-afvalwater naar het riool.

In de film Mannoury – Project Urban PhotoSynthesis, wordt het belang en de opzet van het onderzoek uitgelegd: <https://vimeo.com/730971056> (Engelse versie: <https://vimeo.com/731349371>)



Afbeelding 2: de twee woontorens van Mannoury (Aedes) in de West-as van Amsterdam.



Afbeelding 3: de werking van het watersysteem in de gebouwen



Afbeelding 4a en 4b: filtersysteem in aanbouw (links) en in werking (rechts).

Volgens een zeer beperkt aantal eerdere onderzoeken kan de combinatie van groene daken en zonnepanelen een toename van 0,5 tot 6% van het vermogen van de zonnepanelen opleveren. Om inzicht te krijgen in het effect van een blauw-groen capillair geïrrigeerd dak in combinatie met zonnepanelen, specifiek in Nederland, hebben we de energieprestaties van het blauw-groene zonnedak (Mannoury toren 1) vergeleken met die van een standaard zwart bitumen dak met zonnepanelen (Mannoury toren 2). We hebben zowel de opbrengst van de zonnepanelen, als de temperatuur van de zonnepanelen, de relatieve vochtigheid en luchttemperatuur onder 6 panelen op ieder dak gemeten in 2022.

Als we de resultaten van de 5 warmste maanden (juni - oktober 2022) bekijken dan zien we het volgende:

1. Op het bitumen dak is de oppervlaktetemperatuur onder de panelen overdag gemiddeld 2,4°C hoger dan op het blauw-groene dak. Op een heldere zomerdag kan het temperatuurverschil oplopen tot 12°C. De paneeltemperatuur is tot 6,6°C hoger op het zwart bitumen dak.
2. Gemiddeld meten we een 4,4% hogere opbrengst bij zonnepanelen op een geïrrigeerd blauw-groen dak dan op een bitumen dak bij gelijke hoeveelheid zoninstraling. Dit resultaat is relatief hoog vergeleken met andere studies

van zonnepanelen op een groen dak. Het is waarschijnlijk dat de continue beschikbaarheid van water en daarmee optimale verdamping door de vegetatie hier een rol bij speelt.

Het wetenschappelijke artikel waarin de methoden en resultaten in detail beschreven zijn is te vinden op: [Increasing solar panel output with blue-green roofs in water-circular and nature inclusive urban development - ScienceDirect](#)



**Afbeelding 5a en 5b:** de zonnepanelen op het blauw-groene dak (rechts) en op het zwarte dak (links).

In de periode november 2021 – juni 2023 is het verzamelde douchewater vóór het helofytenfilter en de uitstroom van het helofytenfilter op toren 1 bemonsterd. Daarnaast is ook de uitstroom van de membraanbioreactor in gebouw 2 bemonsterd. Dit meer gebruikelijke kleinschalige zuiveringssysteem is in gebouw 2 geplaatst om de vergelijking te kunnen maken met het helofytenfilter op het dak van gebouw 1. Daarnaast is een monster genomen op de uitstroompunten naar het hemelwaterriool. Het bemonsterde water is onderzocht op 18 parameters waaronder nutriënten, zuurstofverbruik, was-actieve stoffen en bacteriën. Uit het meetprogramma blijkt dat met het begroeide filter (toren 1) goede zuiveringsrendementen worden gehaald, die voor de meeste parameters minimaal vergelijkbaar zijn met een conventionele membraanbioreactor (toren 2). Bij uitstroom van het helofytenfilter is enkel ammonium nog wat verhoogd in het water. Nadat het water echter trapsgewijs daalt van het dak, via de balkonbakken, naar het dak van de parkeergarage is het water ook voor deze parameter voldoende ver gezuiverd om te kunnen overstorten op het hemelwaterriool. Conclusie van de metingen is dat het water prima geschikt is voor irrigatie van de beplanting. Belangrijk is wel om op te merken dat het water niet direct geschikt is voor andere vormen van hergebruik in huis. In het douchewater zijn namelijk wel poebacteriën aangetroffen in lage concentraties. Die worden er deels door de zuiveringen uitgehaald maar vormen toch een indicatie dat intensief contact met dit water beter wordt vermeden.

**Afbeelding 6:** door de zeer diverse bloeiende beplanting waan je je niet langer op een dak.

De rapportage over het onderzoek naar de effectiviteit van het horizontaal doorstroomde helofytenfilter is te vinden op: <https://library.kwrwater.nl/publication/71259482/een-horizontaal-doorstroomd-helofytenfilter-voor-douchewaterzuivering-op-daken/>

De biodiversiteit van de beplanting en voorkomende insecten is niet specifiek onderzocht, maar op de foto's is te zien dat de beplanting bestaat uit een zeer diverse bloeiende beplanting van vele soorten die goed in het Nederlandse ecosysteem passen.



- 1. Vanaf het begin**

Om al die extra functies van waterberging, energieopwekking en natuurinclusiviteit mogelijk te maken op de daken en de balkons moeten alle partijen vanaf het begin van het ontwerp betrokken zijn. Dergelijke multifunctionele daken hebben namelijk effect op de constructie van de daken, de architectuur van het dak en de toegang, water- en elektra systemen, het type dakbedekking en isolatie, de zonnepanelen met montage en de mogelijke beplanting.
- 2. Ontwerp geen groen zonder blauw**

Houdt bij het ontwerp van het watersysteem rekening met de te verwachten hoeveelheid plantverdamping. Ontwerp een balans tussen de plantverdamping en de hoeveelheid regenwater die je kunt opslaan en het extra water dat je uit douchewater kunt oogsten. Houd daarbij ook rekening met de door de gemeente gestelde minimale eisen aan regenwaterberging uit de hemelwaterverordening.
- 3. Samenwerking nodig tussen verschillende partijen tijdens de bouw**

Normaal gesproken is het dak de “laatste” fase van het waterdicht maken van het gebouw, maar om een multifunctioneel daklandschap te creëren, moeten specialisten uit verschillende vakgebieden (ventilatie, energie, waterbeheer, hoveniers, zonnepanelen) in de bouw samenwerken om het dak op een efficiënte manier en in de juiste volgorde functioneel in te kunnen richten.
- 4. Minimaliseer en cluster technische infra op het dak**

Waar het dak in het verleden werd beschouwd als verloren ruimte waar bijvoorbeeld ventilatie en andere technische infrastructuur kon worden geplaatst waar dat handig was, is het met het multifunctionele ontwerp nu belangrijk om de hoeveelheid ruimte die voor deze infrastructuur wordt gebruikt te minimaliseren en deze te clusteren in beperkte en specifieke gebieden op het dak zodat ook de andere functies de ruimte krijgen.
- 5. ‘Groen’ is niet per se hetzelfde als ‘groen’**

Voor de beste bijdrage aan lokale biodiversiteit is het raadzaam om advies in te winnen bij een ecooloog, betreffende te kiezen plantensoorten of de samenstelling van een zaai-mengsel. In verschillende regio's in Nederland passen verschillende beplantingstypen, dus zorg dat de nieuwe vegetatie daar in past.
- 6. Een innovatief project waarin zoveel systemen voor het eerst met elkaar gecombineerd worden vergt extra aandacht en inzet van de hoofdaannemer en de onderaannemers. In het werk moeten veel kleine uitdagingen die men nog niet eerder tegenkwam op praktische wijze opgelost worden. Dat kan alleen door samen te werken. Vingerwijzen en verantwoordelijkheden afschuiven helpt hierin niet.**
- 7. Inregelen kost minimaal één jaar na constructie**

Bij het creëren van gebouwen met nieuwe en innovatieve waterbeheersystemen zal het minstens een jaar na de bouw nodig zijn (voor alle seizoenen) om de systemen te optimaliseren en ervaring op te doen met het werkelijk vereiste onderhoud dat in het uiteindelijke onderhoudshandboek moet worden opgenomen. Benoem hierbij duidelijk de verantwoordelijkheid en budgetteer tijd en geld voor dit leerproces.
- 8. Duidelijkheid nodig over waterkwaliteitseisen**

Om het potentieel van dit concept verder te vergroten is duidelijkheid over waterkwaliteitseisen voor gezuiverd grijswater en zijn randvoorwaarden voor veilige toepassing nodig. Bovendien is het noodzakelijk te kijken naar de totale waarde van het gebouw en niet alleen naar Energieprestatienormen, om meer ruimte voor combinaties met ook de andere functies mogelijk te maken.

Omdat planten in de winter niet groeien, verdampen ze ook nauwelijks regenwater dat ook 's winters op de daken opgevangen wordt. Dat stroomt uiteindelijk over naar het regenwaterriool. En dat is jammer, zeker nu is gebleken dat de Nederlandse winters natter en de zomers juist droger worden (KNMI Klimaat Scenario's 2023).

In de winter is het dus ook niet nodig om douchewater te zuiveren tot irrigatiewater, terwijl de filtersystemen wel de capaciteit hebben om dat wel te doen. Twee bronnen van lokaal beschikbaar en bruikbaar water gaan 's winters dus verloren. Omdat douchewater belast is met poepbacteriën kan het voor (kwetsbare) mensen risicovolle ziekteverwekkers bevatten, daarom is verdere toepassing van het gezuiverde douchewater in huis geen goede optie. Wel kansrijk is een combinatie met seizoensberging in de ondergrond zoals al wordt toegepast in Rotterdam (<https://www.urbanwaterbuffer.nl/>). Hiermee kan in gebieden met brak of zout water een voorraad zoet water worden verkregen voor irrigatie van stedelijk groen en grondwaterpeilbeheer in de zomer.

### Samenwerking

De innovatie binnen TKI-project Project Urban PhotoSynthesis (<https://www.tkiwatertechnologie.nl/projecten/urban-photosynthesis-drie-functies-op-een-dak/>) kwam tot stand door de intensieve samenwerking van de volgende partijen::

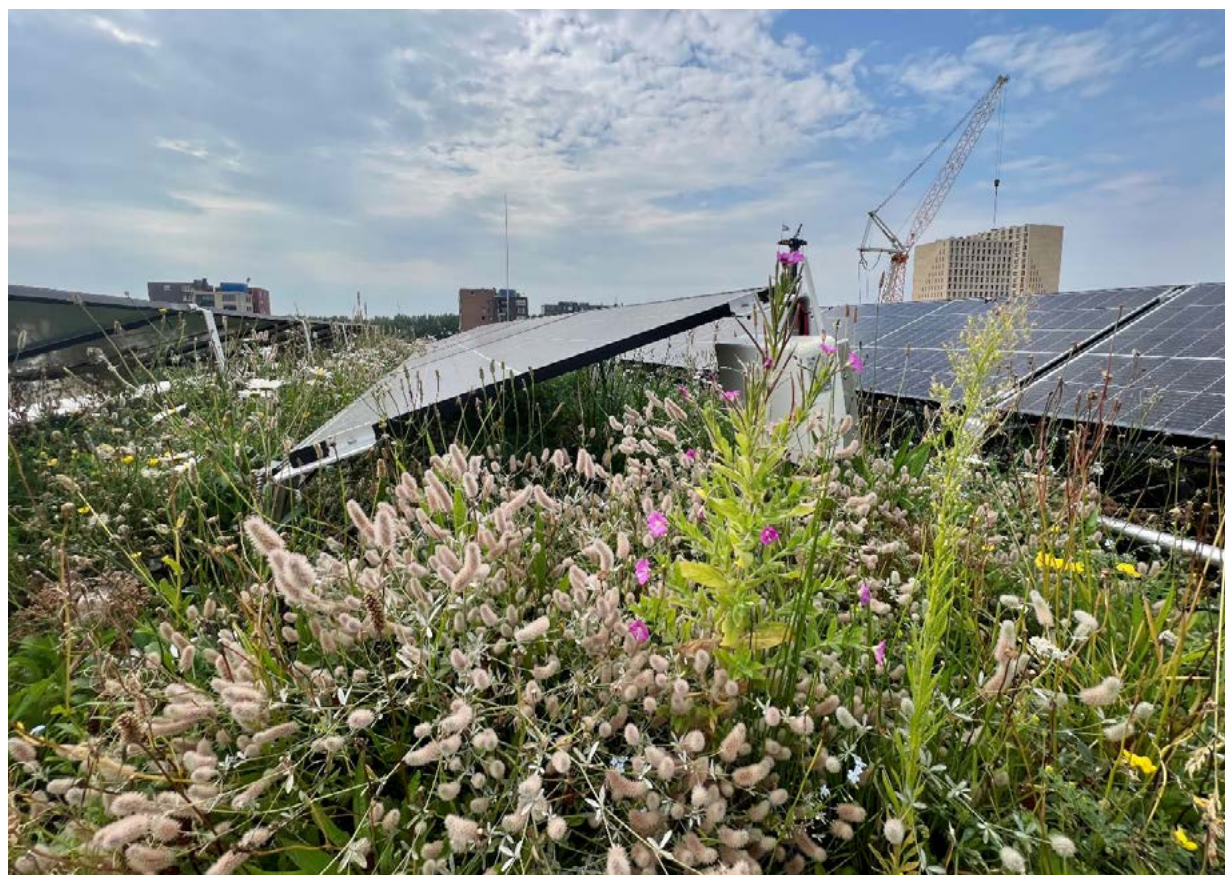
- Belanghebbende Aedes als hoofdinvesteerder;
- Gemeente Amsterdam vanuit de overheid;
- Ondernemingen als Permavoid en ECOFYT die bereid zijn tijd en materialen te investeren voor het innoveren;
- SDR en Techniplan als adviseurs op het gebied van installatietechniek;
- KWR voor de inbreng van onafhankelijke wetenschappelijke kennis en kunde.

TKI Urban PhotoSynthesis is een topvoorbeeld van een innovatieproject op basis van publiek-private samenwerking (PPS) en is mede gefinancierd met PPS-financiering uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

### Conclusie

Als team is het gelukt om het idee van een watersensitief, natuurinclusief en energiebewust gebouw om te zetten naar een succesvolle werkelijkheid. Ons onderzoek

heeft laten zien dat er een win-win-win situatie ontstaat door water, energie en biodiversiteit te combineren. Het project biedt daarmee een blik op de toekomst van klimaatadaptief bouwen, die hopelijk andere projecten inspireert en laat zien dat er geen keuze hoeft te worden gemaakt tussen (blauw)groen óf zonnepanelen, maar dat de combinatie juist meerwaarde biedt.



**Afbeelding 7:** er zijn geen technische redenen meer te bedenken waarom niet alle daken op nieuwe gebouwen er niet zo uit zouden kunnen zien in Nederland.





# Gemeente Amsterdam



ECOFYT



KWR



techniplan adviseurs bv  
RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU

Aedes

