

DAKEN GEVEL GROEN

Ir. Margareth E.C.M. Hop



Plant Publicity Holland



Productschap Tuinbouw



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING
WAGENINGEN UR

Deze brochure is gemaakt in opdracht van **Plant Publicity Holland** (PPH).

De samenstelling werd gefinancierd door het **Productschap Tuinbouw**, als onderdeel van het project "Themaonderzoek Sortiment".

Tekst: Ir. Margareth E.C.M. Hop
Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO),
Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.
Onderdeel van Wageningen UR
Margareth.Hop@WUR.NL - www.ppo.wur.nl

Voorbeelden: Jacqueline van Wetten

Eindredactie: Jacqueline van Wetten

Coördinator: Roel van Dijk

Begeleidingscommissie:
Johan van den Berk - Van den Berk Boomkwekerij
Roel van Dijk - Plant Publicity Holland
Dick Lauwerijssen - Mobilane
Jaco Rammelink - VHG vakgroep dak- en gevelbe-
groeners
Paul Verkaik - BDA opleidingen



Uitvoering en fotografie:
Stichting Open Boek
Sjon Heijenga - René Aarnink

Drukwerk
Thieme Deventer

Met dank aan alle dak- en gevelgroenbedrijven,
brancheorganisaties en collega's van PPO die
een bijdrage leverden aan het tot stand komen
van deze brochure.

Omslag voor: Parkeergaragedak, ministerie van
Financiën, Den Haag
Omslag achter: Sedumdak winkelcentrum, Rijswijk

ISBN - 978-90-813439-3-0
NUR 945
Eerste druk, oktober 2010



Inleiding

De toepassing van dak- en gevelgroen is de afgelopen jaren in Nederland in een stroomversnelling gekomen. Steeds meer gemeenten geven er subsidie voor. De aanlegbedrijven komen in hoog tempo met technische innovaties op de markt. En ook het nationale en internationale onderzoek naar de effecten van dak- en gevelgroen kan steeds beter onderbouwen, waarom deze typen groen zo belangrijk zijn voor steden. Dus ondanks dat de vorige dak- en gevelgroenbrochure "Groen boven alles" pas drie jaar oud is, valt er veel nieuws te melden.

Groen voor en door professionals

Deze brochure geeft informatie over dak- en gevelgroen, zoveel mogelijk gebaseerd op harde cijfers uit onderzoek en ervaringen van professionals. Het is geen publicatie voor de technici die groendaken en groene gevels aanleggen; de richtlijnen daarvoor zijn elders te vinden. De informatie in deze brochure is bestemd voor mensen die over dak- en gevelgroen communiceren:

- de medewerker van gemeente of waterbedrijf die moet adviseren of er een subsidie komt.
 - de woningbouwvereniging die bij een renovatie extra groene elementen wil inbrengen.
 - de ondernemer die denkt over een groene gevel aan het nieuwe bedrijfsgebouw.
 - architecten, bouwbedrijven en opdrachtgevers die goed voorbereid willen zijn op gesprekken met dak- en gevelgroenbedrijven.
- De redenen om dit type groen toe te passen worden uitgebreid

toegelicht. U kunt in deze brochure niet vinden hoe u als doe-het-zelver een sedumdakje aanlegt op de garage. Maar u krijgt wel de basisinformatie over de aanleg en onderhoud van een kantoortuin, dakterras, groene wand met gevelpanelen, waterretentiedak of ecodak door professionals, en wat daarbij komt kijken.

Groene daken en gevels:
natuur en techniek
samengebracht
voor een leefbare stad

De kracht van collectiviteit in de beplanting

Een ander onderwerp dat in deze brochure vrij uitvoerig wordt behandeld is welke beplanting het meest geschikt is voor dak- en gevelgroen. Door financiering van Productschap Tuinbouw, en samenwerking tussen PPH (promotie), PPO (onderzoek)

en het bedrijfsleven kon voor deze brochure uitgebreid naar het voor Nederland geschikte sortiment worden gekeken door experts. Dat heeft geresulteerd in plantenlijsten waarin zoveel mogelijk relevante aspecten tegelijk zijn meegenomen: grootte, zontolerantie, waterbehoefte, inheems of exoot, schadelijkheid van de wortels, effect op luchtvervuiling, maar ook praktische punten als verkrijgbaarheid. Dit maakt deze brochure ook voor kwekerijen, voor ontwerpers en aanlegbedrijven van dak- en gevelgroen interessant. Over dit onderwerp wordt ook hier nog lang niet alles gezegd. Wie behoefte heeft aan specifieke informatie over sortiment voor locaties met bijzondere eisen, kan PPO hiervoor inschakelen (info: zie colofon).

Gaat het ook bij u al leven?



Stadsklimaat tegenover platteland



5 - 15%
meer bewolking



+0,5 - 1°C

gem. temperatuur
0,5 - 1°C hoger



+1 - 2°C

wintertemperatuur
1 - 2°C hoger



2-3 weken
minder vorst

14% minder
dagen met
sneeuw



+12°C

zomertemperatuur
pieken tot 12°C hoger



5 - 10% meer neerslag
10% meer regendagen



In de zomer vaker
hevige buien

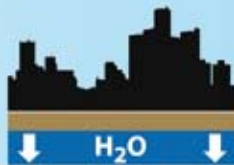


2 keer zo vaak mist



- 8 tot 10%

luchtvochtigheid in de zomer
8-10% lager



lagere grondwaterspiegel



minder wind, maar tussen
hoge gebouwen meer
windstoten



lager zuurstofgehalte

De stad kan meer groen gebruiken

Leefbare steden in de 21^e eeuw

De stad is voor zeker 40% van de Nederlanders hun thuis. Daar zijn de meeste woningen, winkels, werk en vertier te vinden. Maar het is niet een natuurlijke leefomgeving. Iedereen woont en werkt dicht op elkaar, wat een grote concurrentie om de beschikbare ruimte veroorzaakt. Er is vaak lawaai en luchtvervuiling, en de aanwezigheid van gebouwen en verharde oppervlakken heeft veel invloed op het plaatselijke klimaat. Ook wordt er veel energie verbruikt, die uiteindelijk als afvalwarmte in het milieu terecht komt.

De klimaatseffecten worden vooral veroorzaakt, doordat in een stad veel energie uit de zonnestraling door verharde oppervlakken wordt opgenomen. Deze energie wordt als warmtestraling weer aan de omgeving afgestaan, in plaats van gebruikt te worden om water te verdampen zoals in een groene omgeving. Regenwater wordt in de stad immers voor het grootste deel ondergronds afgevoerd, en verdampt niet. Ook luchtvervuiling beïnvloedt het klimaat. De vuildeeltjes vormen de condensatiekernen die mist, bewolking en regendruppels helpen ontstaan.

Een deel van de stadsproblemen is toegenomen, omdat de functies wonen, werken en transport bij de ruimteverdeling een hogere prioriteit hadden dan het groen, dat vooral als aankleding werd gezien. Maar er begint steeds meer waardering te komen voor de ecosysteemfuncties van groen, zoals de bijdrage aan de regeling van het klimaat. Wie de feiten kent zal beamen: groen verdient een volwaardige plaats in de ruimteverdeling naast rood, blauw en grijs.

Een multifunctionele oplossing

Tegen veel stedelijke problemen als zomerhitte, wateroverlast, herrie en slechte luchtkwaliteit zijn technische maatregelen denkbaar. Airconditioning installeren, daken wit schilderen, huizen isoleren tegen hitte en herrie, roetfilters voor auto's verplicht stellen en regenwaterbassins bouwen, het kan allemaal bijdragen aan de leefbaarheid van de stad. Maar elk van deze technische maatregelen lost maar één probleem tegelijk op. De steden van de 21^e eeuw krijgen juist te maken met meerdere grote uitdagingen tegelijk:

- is er voldoende ruimte om de groeiende bevolking te huisvesten?

- hoe kan de bevolking duurzaam van voedsel, water en energie worden voorzien?
- kan de stad klimaatverandering aan?
- hoe behouden en verbeteren we de kwaliteit van leven in de stad?

Een multifunctionele oplossing kunnen we afkijken van de natuur. Extra groen in de stad lost meerdere stadsproblemen op natuurlijke wijze op. Groen pakt problemen bij de wortel aan en doet dat bovendien op een duurzame manier die gunstig is voor bewoners (people), het milieu (planet) en de portemonnee (profit). Vooral aan klimaatbestendigheid en levenskwaliteit kan groen al op korte termijn een belangrijke bijdrage leveren. De eenvoudigste manier om de natuur vóór ons te laten werken, is om meer groen op maaiveldniveau aan te leggen. In nieuwbouwwijken kan extra groen ingepland worden. In bestaande stadscentra, dicht bebouwde wijken en industriegebieden is ruimte op maaiveldniveau niet beschikbaar of te duur. Daar kan extra groen worden aangebracht op de plaatsen die nu nog niet worden benut: de daken en de gevels.

Een oude oplossing voor moderne problemen

Daktuinen worden op het moment steeds populairder, maar een daktuin is zeker geen nieuwe uitvinding. De hangende tuinen van Babylon waren in de oudheid één van de zeven wereldwonderen. Ook in Scandinavië en Canada werden al eeuwenlang de daken van houten huizen met graszoden bedekt. Vroeger was groen op het dak voornamelijk goedkoop. Maar vooral in Duitsland is in de vorige eeuw veel geëxperimenteerd met groendaken vanwege



hun ecologische en milieuvordelen. Er zijn steeds meer harde gegevens beschikbaar over de voordelen van groene daken, waar niet alleen ecologen maar ook economen vrolijk van worden. Wat voorheen alleen marginaal in het alternatieve circuit gebruikt werd, is nu booming business geworden. Groendaken leven, en terecht.

Dan liever de lucht in

Nederland is een land waarvan elke vierkante meter een bestemming heeft. Zeker in de steden is de concurrentie om de beschikbare ruimte groot. Het Ministerie van VROM geeft als richtlijn in de Nota Ruimte dat voor elke woning 75 m² openbaar groen ter beschikking moet zijn, maar dat wordt lang niet overal gehaald. Vooral in dichtbebouwde stadsdelen past er vaak geen extra groen meer bij; alle ruimte is al in gebruik. Behalve de daken en de gevels dan. Als die meegenomen worden, blijkt er ineens nog heel wat extra groen in een stad te passen. In Nederland ligt in totaal ongeveer 380 km² aan geschikte daken (Bron: www.Dakenraad.nl). Ruimte genoeg dus voor vergroening.

Typen dakgroen:

- **Extensief dakgroen:** een dunne laag substraat waarop droogtebestendige planten groeien, zoals Sedum.
- **Semi-intensief dakgroen:** een middeldikke laag substraat met grassen en kruiden, te beheren door maaien.
- **Intensief dakgroen:** een dikke laag substraat met daarop een daktuin, met een zeer gevarieerde beplanting en aankleding.

Wat bedoelen we met dakgroen?

Dakgroen is beplanting die groeit op een plaats die van de ondergrond is afgesneden. Dat kan hoog bovenop een gebouw zijn, maar ook op een ondergrondse parkeergarage gelijk met het maaiveldniveau. Omdat het groen is afgesneden van de ondergrond, moeten vaak maatregelen worden genomen om de waterhuishouding te reguleren. Ook worden extra eisen gesteld aan bijvoorbeeld winterhardheid en windbestendigheid van de planten. Een daktuin kan worden aangelegd vanwege de sierwaarde en de gebruiksmogelijkheden, net als een gewone tuin of openbaar groen. Maar tegenwoordig wordt een groendak vooral ingezet als een vorm van eco-engineering: de beplanting vervult specifieke functies waar mensen

Type dakgroen	Extensief	Semi-intensief	Intensief
Dikte substraat	2-15 cm	15-20 cm	15-80 cm, soms plaatselijk meer
Gewicht per m2	30-130 kg	130-300 kg	250-1000 kg
Planten	Mos, Sedum	Gras, kruiden, bloemboletjes, rotsplanten	Kruiden, gazon, heesters, bomen
Toegankelijkheid	Meestal niet	Niet of deels	Meestal wel
Draagkracht dak	Vrijwel altijd voldoende	Soms voldoende, met dak-aanpassing vaker mogelijk	Vergt extra stevig dak
Irrigatie	Meestal niet	Nodig bij droogte	Altijd nodig
Onderhoud	Weinig	Matig, vooral wieden en/of maaien	Veel, vergelijkbaar met tuin op begane grond
Hellingshoek dak	Tot 45°	Tot circa 25°	Meestal vrijwel vlak of in terrassen
Aantrekkelijkheid	Jaarrond begroeid, vrij monotoon, wel kleurvariatie maar nauwelijks hoogteverschil	Meer variatie in planthoogte en -kleur, 's winters deels dor	Kan door de brede keuze aan planten en andere elementen jaarrond aantrekkelijk gemaakt worden

en hun leefmilieu behoefte aan hebben. Deze functies worden nader toegelicht in het hoofdstuk over de voordelen van groendaken. Dakgroen wordt meestal in categorieën verdeeld: extensief, semi-intensief en intensief dakgroen, gebaseerd op verschillende substraatdiktes en de bijbehorende mate van onderhoud.

Bij het plannen van een nieuw stukje openbaar groen roept de beheerder vaak bij voorbaat: „doe maar gras“. Lekker goedkoop in aanleg en makkelijk te onderhouden. Op dit moment bestaat in Nederland bij het plannen van dakgroen eenzelfde neiging om meteen te roepen: „doe maar Sedum“. Dat is een bekend en gemakkelijk te onderhouden type dakgroen. Maar het is niet altijd de oplossing die het meest recht doet aan de wensen van de opdrachtgever. Op daken kan meer dan u misschien denkt, en het is goed om ook de andere typen eens te bekijken.

Wat zijn groene gevels?

Naast daken is er nog een locatie in steden waar meer groen aangebracht zou kunnen worden: de gevels. Groene gevels kennen we vooral als muren begroeid met klimop of wingerd. En ook andere klimplanten kunnen met behulp van een klimsteun muren bedekken. Maar ook op dit gebied gaan de technische ontwikkelingen op het moment hard. Wanneer een groeimedium compleet met druppelleiding voor water en meststoffen op de wand wordt aangebracht, kunnen allerlei gewassen een wand begroeien. Dit wordt ook wel een levende muur, of verticaal tuinieren genoemd.

Typen groene wanden:

- **Klimplanten geplaat**
aan de voet van de gevel, groeien al dan niet met klimsteun langs de muur omhoog.
- **Grote plantenbakken** met klimplanten of heesters, begroeien per bak een deel van een gevel.
- **Gevelpanelen** bestaande uit bijvoorbeeld steenwolplaten of kunststof modules met substraat, die met beplanting erin aan

Groene gevels dragen bij aan energiebesparing, geluidsdemping, schone lucht en natuur. Hiernaar wordt op het moment veel onderzoek gedaan. Verderop in deze brochure wordt de werking en de aanleg van groene gevels toegelicht.



Type gevelbegroeiing	Klimplanten vanuit de grond	Plantenbakken	Gevelpanelen
Planten	Zelfklimmers, slinger- en rankplanten	Klim- en hangplanten, heesters	Eenjarigen, vaste planten, heestertjes
Techniek	Soms klimsteunen	Ophanging	Speciale groeipanelen
Watergeefstelsel	Nee	Meestal wel	Onmisbaar
Aanschafprijs	Laag	Middelhoog	Hoog
Onderhoud	Jaarlijks of minder	Enkele malen per jaar	Wekelijkse controle
Eindbeeld	Pas na meerdere jaren	Meteen tot na 1 à 2 jaar	Meteen tot na enkele maanden

Wat doet een groendak voor het gebouw en de

Een groendak aanleggen is in Nederland nog geen vanzelfsprekende stap bij nieuwbouw of dakrenovatie. Toch zijn er goede redenen om dit wel te doen, omdat er effecten zijn waar de eigenaar, gebruikers en bewoners van een gebouw direct voordeel van hebben.

Er zijn ook enkele nadelen, maar die kunnen door een correcte aanleg en onderhoud worden opgelost. Stadsbewoners krijgen vaak te maken met veranderingen in hun omgeving waar zij zelf nauwelijks invloed op kunnen uitoefenen, zoals meer lawaai van verkeer en vliegtuigen, vuilere lucht, het opofferen van het groen in hun straat voor parkeerplaatsen of het plaatsen van zendmasten. Het aanleggen van een groendak is een van de weinige dingen die men kan ondernemen om iets tegenover deze veranderingen te stellen. Tegelijkertijd biedt een groendak oplossingen voor veel nadelen die het leven in de stad met zich meebrengt.

Verlenging levensduur dak

Een groendak kan de levensduur van waterdichte lagen van een dak met wel 20 jaar of meer verlengen. De effecten van de begroeide laag zijn:

- tegenhouden van zonnestraling, waardoor de uv-straling uit zonlicht de waterdichte lagen niet aantast. Een groendak houdt overigens ook andere vormen van elektromagnetische straling tegen, zoals meer dan 90% van de straling van een UMTS-mast voor mobiele telefonie. Hoe dikker het substraat, hoe sterker de werking.
- demping van temperatuursverschillen (10°C in plaats van 50°C temperatuursverschil binnen een etmaal).^[1]
- tegenhouden van hagelstenen.

Isoleert het gebouw tegen kou en warmte

Elk type groendak kan veel invloed hebben op het leefklimaat in het gebouw en op de kosten voor airconditioning in de zomer. De zonnestraling wordt gebruikt voor verdamping en fotosynthese, en een deel wordt teruggekaatst naar de lucht boven het dak. Er wordt dus nog maar een klein deel doorgegeven aan het gebouw. In warme klimaten kunnen de kosten voor airco hierdoor met wel 95% omlaag.

Hoeveel precies, hangt onder meer af van het type dak, de vorm van het gebouw, de instraling en van hoe nat het dak is. In gematigde klimaten zal het effect kleiner zijn, maar nog altijd een goed meetbare besparing opleveren. Ook wanneer geen airco aanwezig is, zal het binnenklimaat op hete zomerdagen aangenamer en stabielier zijn. Ditzelfde effect kan ook met goede dakisolatie bereikt worden, maar een groendak heeft meer functies dan isolatie alleen.

Omdat een extensief groendak in de winter vaak veel water en weinig lucht bevat (en soms bevroest), is de isolatiewaarde dan lager en verlaagt het de stookkosten in de winter niet veel. Een intensief groendak met dik substraat daarentegen heeft ook in de winter een hoge isolatiewaarde. In Canada verlaagde een semi-intensief groendak de stookkosten over een jaar met 25% ten opzichte van een conventioneel dak.^[2]

Belevingswaarde en imago

Voor bewoners van binnensteden kan hun daktuin het enige stukje privégroen zijn dat ze hebben. Daardoor is het voor hen zeer waardevol. Een plek om in badjas met een kopje koffie wakker te worden, terwijl een merel zingt op de balustrade. Of een plek om 's avonds gezellig met vrienden uit te blazen, omringd door de geur van



's Hertogenbosch, Essent kantoordak Foto: Essent

bewoners?



bloeiende planten, genietend van het uitzicht. Ook voor werknemers is de waarde van een daktuin op hun kantoor veel hoger, als die te gebruiken is. Het biedt de mogelijkheid even een frisse neus te halen of te lunchen op een bankje in de zon, of om op een warme zomerdag de laptop en telefoon mee naar buiten te nemen om te werken. Met een groendak kan de eigenaar van een gebouw ook zijn zorg voor het milieu zichtbaar maken. Veel natuur- en milieuorganisaties en groene opleidingen wereldwijd hebben er dan ook al een. Ook gebruiken sommige restaurants in de Verenigde Staten hun dak als kruidentuin. Een groendak past ook uitstekend binnen de cradle-to-cradlefilosofie, want het is volledig op te bouwen uit herwinbare materialen.

Dempt lawaai en trillingen

Geluidsgolven doven deels uit tussen de planten en in de substraatlaag. Hoe dikker de substraatlaag, hoe groter de massa en hoe beter de geluidsisolatie van een groendak is. Een grondlaag van 20 cm kan reducties tot 46 dB geven ^[3]. Maar ook met een extensief groendak zijn reducties van 3 tot 10 dB haalbaar, wat merkbaar is bij bijvoorbeeld de hoge tonen van verkeerslawaai of overvliegende vliegtuigen. Doordat een groendak geluidsgolven absorbeert, helpt het ook om te voorkomen dat verkeerslawaai van een straat doordringt over een huis heen naar de tuin en de slaapkamers aan de achterkant. ^[4] ^[5] Behalve een vermindering van lawaai, zorgt een groendak tevens voor een reductie van de trillingen van verkeer, mits de massa van het groendak groot genoeg is.

Bescherming tegen wind

Een groendak biedt door zijn gewicht bescherming tegen optillen van het dak door de wind tijdens storm. Een vakkundig aangelegd

Delft, grasdak universiteitsbibliotheek,

groendak is ook zelf windbestendig; dat is met windtunneltests aangetoond. Alleen lichtgewicht mosmatten (slechts 15 kg/m²) moeten wel aan de onderlaag gelijmd worden. Om stormschade te voorkomen moet wel bij alle typen groendaken de dakrand-detailing op de juiste manier worden uitgevoerd. Hiervoor worden meestal betontegels of grind gebruikt. Ook bij hoge gebouwen en bij daken met bijzondere vormen kan extra windbescherming nodig zijn. Hoge bomen of pergola's op een intensief groendak kunnen met verankeringsmatten of tuidraden worden vastgezet.

Zonnepanelen worden efficiënter

Een groendak vergroot de efficiëntie van zonnepanelen (fotovoltaïsche cellen) op het dak, doordat de optimale werktemperatuur van de panelen minder vaak overschreden wordt. Daktemperaturen van conventionele daken kunnen op een hete zomerdag tot 70°C oplopen. De meeste zonnecellen worden 0,5% minder efficiënt voor elke °C boven de optimale werktemperatuur van circa 25°C (Bron: Wikipedia - Solar cell). In gematigde klimaten zal het gunstige effect van een groendak op de werking van zonnepanelen echter niet heel groot zijn, omdat het aantal dagen per jaar met een daktemperatuur ver boven de 25°C beperkt is. Er zijn speciale groendakpanelen verkrijgbaar, waarin de steun voor de montage van een zonnepaneel geïntegreerd is.



Assen, sedumdak Kloosterveenschool

Wat doen groene daken voor een stad?

- Ze laten regenwater verdampen.
- Ze dempen piekbelastingen in de hemelwaterafvoer.
- Ze beïnvloeden de waterkwaliteit meestal gunstig.
- Ze verminderen het 'urban heat island'-effect.
- Ze verminderen het 'urban heat island'-effect.
- Ze produceren zuurstof en nemen CO₂ op.
- Ze vangen fijnstof en luchtvervuiling weg.
- Ze verbeteren het woon- en werkklimaat.
- Ze bieden leefruimte aan planten en dieren.
- Ze zijn ruimtebesparend en milieuvriendelijk.

Brandwerendheid

De eerste groene daken in Duitsland werden aangeprezen vanwege hun brandwerendheid. Een dak met anorganisch substraat en vetplanten levert inderdaad een laag brandrisico op. Maar dit geldt niet voor alle groendaken. Als in de winter veel dor materiaal van planten aanwezig is, zoals bij een dak met grassen, is het brandrisico juist hoger dan dat van een conventioneel dak. Dit kan consequenties hebben voor de brandverzekering van het gebouw. In de brochure "Daken in 't groen" staan een aantal aanbevelingen voor het aanbrengen van brandwerende zones in een groendak.^[6]

Kosten en baten

Voor de meeste eigenaren van gebouwen zijn de kosten van aanleg en onderhoud het belangrijkste nadeel van een groendak. Het is belangrijk om de kosten en baten tegen elkaar af te wegen. Op de lange duur kan de langere levensduur van het dak plus de vermindering van de kosten voor airco al opwegen tegen de aanschaf- en onderhoudskosten. Maar wanneer er lokaal subsidies of kortingen worden gegeven vanwege de maatschappelijke voordelen, kan een extensief groendak zich al binnen enkele jaren terugverdienen. Kies bij de aanleg voor kwaliteit in de uitvoering en van de gebruikte materialen. Dit voorkomt hoge onderhoudskosten en kostbare herstelwerkzaamheden en pakt op den duur goedkoper uit. Een groendak kan ook als investering gezien worden, want een gebouw met groendak kan bij verkoop meer waard zijn dan zonder. Vooral een onder architectuur aangelegde, betreedbare daktuin is voor veel kopers waardevol. Een appartement in de stad is met een tuin € 169 per m² meer waard dan zonder.^[7] In Duitsland mag voor een appartement met daktuin of -terras een kwart meer huur worden gevraagd dan zonder. De daktuin is daarmee evenveel waard als een extra kamer in het appartement^[3]. Kosten en baten zijn echter niet het enige argument voor de aanschaf van dakgroen. Een tuin op maaiveldniveau wordt immers ook meestal niet aangelegd om er geld mee te besparen. Het gaat – naast de hierna genoemde maatschappelijke effecten – ook om de belevingswaarde, de mogelijkheid tot ontspanning en de verademing die het biedt in de hectiek van de stad.



Wat doen groene daken voor een stad?

Een enkel dak met groen heeft vooral effect op het gebouw waar het op ligt. Maar als het aantal groene daken stijgt, nemen ook de voordelen toe die ze voor de stad hebben. Want net als andere typen beplanting kunnen groene daken de nadelen van het wonen in een stad verzachten.

Regenwater verdampt

De planten op een groendak houden regenwater vast, en gebruiken dit onder meer voor verdamping, fotosynthese en groei. Ook het substraat houdt water vast en verdampt dit weer. In een gematigd klimaat absorbeert en verdampt een groendak jaarlijks wel 50-70% van het gevallen regenwater, wat 5 tot 10% besparing op afvalwaterzuivering kan opleveren.^[8] Zolang de regenval redelijk over het jaar verdeeld is, maakt de substraatdikte niet heel veel uit voor het percentage water dat door verdamping in de lucht verdwijnt. Het type beplanting maakt wel uit: een groot totaal bladoppervlak kan veel verdampen. Het maakt ook uit of er vetplanten gebruikt worden die weinig verdampen, of planten die maar een deel van het jaar groen zijn. Een intensieve daktuin met bomen en heesters zal het grootste effect op de verdamping hebben. Een groendak met een watergeefstelsel zorgt ervoor dat ook op warme, droge dagen de verdamping – en dus de verkoeling van het gebouw en de omgeving – door kan gaan.

Dempt piekbelasting waterafvoer

Klimaatdeskundigen verwachten, dat in West-Europa in de toekomst regen vaker zal vallen in korte maar hevige buien. Dit betekent een grote piekbelasting voor de hemelwaterafvoer van een stad. De substraatlaag van een groendak heeft een opvangcapaciteit voor water, en zolang deze buffer niet vol is, gaat het water niet de regenpijp in. Metingen vonden een vertraging van 1,5-4 uur in de waterafvoer, en ook doet een groendak er in totaal langer over om dezelfde hoeveelheid water af te voeren dan een conventioneel dak.^[9] Deze vertraagde afvoer van water zorgt ervoor, dat de stedelijke hemelwaterafvoer een minder hoge piekcapaciteit hoeft te hebben. Ook treedt er minder waterschade op en komt er minder vaak

ongezuiverd rioolwater via overstorten in het milieu terecht. De substraatdikte van het groendak is van groot belang: hoe dikker het substraat, hoe groter de opvangcapaciteit. De hellingshoek van het dak mag niet te groot zijn. Er zijn ook speciale drainagelagen en waterafvoeren die het mogelijk maken om extra water tijdelijk op



het dak op te slaan. Het opvangen van neerslagpieken werkt echter alleen als het dak tussen twee buien door de kans krijgt om de waterbuffer weer te legen, ofwel vertraagd via de afvoer, ofwel door verdamping.

Waterkwaliteitsverbetering

Water dat op een groendak valt, wordt door het substraat gefilterd en is meestal voldoende van kwaliteit om als grijs water gebruikt te worden. Doordat veel substraatlagen licht basisch zijn, neutraliseert een groendak zure regen gedurende 10-30 jaar. Daarna kan dit effect indien gewenst door bekalking worden hersteld.^[10] Het is wel belangrijk om geen sterk kalkhoudende materialen in een groendak te verwerken, aangezien dit ketelsteen in de afvoeren kan veroorzaken. Een groendak kan ook een negatief effect op de waterkwaliteit hebben, als er meer bemesting wordt gegeven dan de beplanting

kan opnemen. Het is van belang om spaarzaam te bemesten, alleen langzaam vrijkomende meststoffen te gebruiken en te zorgen dat er geen gevaarlijke stoffen uitspoelen uit de gebruikte substraten. Een intensief groendak kan ook speciaal worden ingericht als biologische waterzuiveringsinstallatie (helofytenfilter). Beplanting wordt dan ingezet om een teveel aan voedingsstoffen in het afvalwater van het gebouw te absorberen.

Vermindering van het urban heat island-effect

Steden houden meer warmte vast dan het omringende platteland; dit wordt het *urban heat island*-effect genoemd. Planten gebruiken wel 70% van de instraling van de zon om water te verdampen en voor fotosynthese^[11]. Daardoor warmt de lucht boven een groendak minder op en wordt de luchtvochtigheid hoger. Bij een toename van 6% van het aantal groene daken in een stad zullen de zomerse piektemperaturen met 1,5°C dalen, wat 5% besparing op de kosten voor airconditioning oplevert^[8]. In een hittegolf kan dit ook helpen om gezondheidsklachten en extra sterfte te beperken. Bij hitte overlijden bij elke graad temperatuurstijging in Nederland 31 mensen extra per week (= 1,3%). (Bron: CBS, 2006)

Zuurstofproductie en CO₂-vastlegging

Een extensief groendak van 25 m² kan genoeg zuurstof produceren voor één persoon.^[8] Een intensief begroeid dak bereikt die capaciteit al met een kleiner oppervlak.

De vastlegging van CO₂ hangt direct samen met de hoeveelheid biomassa die de beplanting produceert. Bij extensieve en semi-intensieve groendaken is het juist niet de bedoeling dat er veel biomassa wordt gevormd, want dan moet het dak regelmatig gemaaid worden. Alleen intensieve groendaken waar veel biomassa wordt geproduceerd, leggen aanzienlijke hoeveelheden CO₂ vast. Het effect kan nog versterkt worden door eetbare planten op het dak te kweken, zoals kruiden of fruit. Daar wordt de geproduceerde biomassa nuttig gebruikt en leveren de planten voedsel zonder de CO₂-uitstoot van het transport. In New York en Tokyo gebruiken restaurants groenten, kruiden en zelfs honing die hun eigen daktuinen opleveren.


Wegvangen fijnstof en luchtvervuiling

Planten leggen stof en roet vast op hun grote oppervlak en verhogen de luchtvochtigheid, wat stof en stuifmeel gemakkelijker laat neerslaan. Ze nemen gasvormige stoffen zoals NO_x op via hun huidmondjes, en leggen ze vast in de plant. NO_x is samen met de vluchtige organische stoffen (VOS) uit uitlaatgassen verantwoordelijk voor de vorming van smog, wat vooral bij hoge temperaturen plaatsvindt. Planten zorgen voor lagere piektemperaturen in de stad, en dragen ook op die manier bij aan een vermindering van de smogvorming. De vluchtige stoffen uit uitlaatgassen worden goed geabsorbeerd door de waslaag op bijvoorbeeld de naalden van naaldbomen. De beste planten om luchtvervuiling mee weg te vangen zijn – vanwege hun formaat – bomen en heesters, die alleen op een intensief groendak kunnen groeien. Maar ook van allerlei andere vegetatiedaken is bewezen dat ze fijn stof wegvangen. Wanneer bijvoorbeeld 10-20% van de daken wordt voorzien van een graskruidendak heeft dat een merkbaar positief effect op de luchtkwaliteit in een stad^[12]. Een grasoppervlak van 1 m² kan per jaar 0.2 kg zwevende deeltjes wegvangen.^[8] Andere maatregelen om fijnstof in de stad terug te dringen kosten rond de € 400 per kilo stof, dus die ene m² gras bespaart € 80 per jaar.^[13]

Bij het wegvangen van fijnstof blijkt uit recente metingen, dat het erg belangrijk is hoe beplanting wordt toegepast. Bomen werken niet alleen als filter, maar houden in smalle straten ook de wind tegen, waardoor vuile lucht kan blijven hangen. Wat dat betreft is het voor het luchtreinigende vermogen van groene daken gunstig dat ze veel wind vangen, en is het beter om – waar dat kan – geen windscherm te plaatsen om het dak. Over de manier waarop bomen lucht zuiveren en de beste soorten daarvoor, is meer te lezen in de brochure "Bomen - een verademing voor de stad".^[14]

Verbetering van woon- en werkklimaat

Uitzicht op groen reduceert stress bij bewoners, maar ook bij werknemers, patiënten en omwonenden. Een openbaar betreedbaar groendak biedt nog extra mogelijkheden voor ontspanning, en kan als speeltuin of sportveld worden ingericht. Hierdoor is extra open-



baar groen te realiseren, juist op dicht bebouwde plaatsen waar de behoefte aan groen groot is. Groendaken reduceren verkeerslawaaï, dempen temperatuurschommelingen en maken de lucht schoner. Tussen hoge gebouwen geeft een groendak minder hinderlijke spiegeling van zonlicht dan een nat plat dak. Lagere piektemperaturen in de zomer zorgen ervoor dat de arbeidsproductiviteit minder daalt.

Leefruimte voor planten en dieren

Groendaken bieden extra leefruimte en voedsel voor planten en dieren in de stad, zoals nestelgelegenheid voor vogels en voedsel voor insecten. Zelfs al wordt alleen met een dunne laag niet-inheemse planten gewerkt, het wordt altijd een klein stukje natuur. Insecten hebben op groendaken voordeel van het feit dat er niet met bestrijdingsmiddelen wordt gewerkt, omdat de dakbedekking door dit soort middelen kan worden aangetast. Groendaken kunnen ook speciaal worden aangelegd om hun ecologische functie. Op een extensief groendak kunnen lokale plantensoorten worden gebruikt, mits die de leefomstandigheden op het dak verdragen. Het gaat bijvoorbeeld om planten van rotsen en kliffen, uit duinen en heidegebieden. Op een dak met een wat dikkere substraatlaag en eventueel irrigatie is het makkelijker om met Nederlandse inheemse planten te werken; van toepassing is bijvoorbeeld de vegetatie van een kruidenrijk grasland.

Een intensief groendak heeft de meeste mogelijkheden om een ecosysteem te herbergen, al blijft de draagkracht een beperkende factor. Alle ecosystemen waarvan de beplanting vooral uit kruidachtige soorten bestaat, aangevuld met een beperkt aantal heesters en/of bomen zouden kunnen. Bijvoorbeeld een heidedak of het al eerder genoemde graskruidendak. Aan de kust kunnen duinvegetaties ook op een dak groeien. Het aanleggen van een ecodak vergt zeer veel kennis van groendaken én van de lokale ecologie. Kies daarom de ontwerpers en uitvoerders met zorg.

De aanwezigheid van onkruiden en sommige dieren – bijvoorbeeld spinnen en wespen – kan ook als een nadeel worden gezien. Maar net als in een tuin is dit door adequaat onderhoud goed bij te sturen. En onkruid komt niet alleen op groendaken voor, maar ook

op daken met grind. In een groendak worden echter altijd wortelwerende lagen verwerkt, waardoor plantenwortels geen schade berokkenen aan het dak.

Ruimtebesparend en milieuvriendelijk

Groene daken passen prima in de moderne stedenbouw. Het is een efficiënte manier van ruimtegebruik, die extra ontwerp- en gebruiksmogelijkheden creëert. Het is een milieuvriendelijke toevoeging aan gebouwen, die duurzaam (cradle-to-cradle) aan te leggen is. En in tegenstelling tot veel andere milieuvriendelijke vernieuwingen in de bouw, is een groendak iets dat voor iedereen zichtbaar en herkenbaar is. Een levend visitekaartje voor de groene ambities van de eigenaren, de subsidieverstrekkers en de bouwers.



Een gastvrij dak voor vogels en insecten

Voor vogels is belangrijk dat ze op een dak veilig en rustig kunnen nestelen, en dat er voor nestvliedende kuikens voldoende insecten en wormen te vinden zijn. Vogels die op daken hun nest maken zijn bijvoorbeeld Zwarte Roodstaart, Kneu, Putter en Witte Kwikstaart. Op grote groene daken kunnen Veldleeuwerik, Kievit, Scholekster en (kolonies van) meeuwen en visdieven voorkomen. Zorg bij hoge daken voor een type dakrandafwerking waardoor rondlopende vogelkuikens niet van het dak vallen. Voor zeer veel dieren is het noodzakelijk dat er een drinkplaats aanwezig is op het dak, in de vorm van een drinkschaal of poeltje. Ook is het belangrijk dat er schuilplaatsen zijn, en plekken met schaduw. Ook insecten hebben nestelplaatsen nodig, bijvoorbeeld dood hout en zandige onbegroeide plekken. In het substraat overwinterende insecten hebben een substraatlaag van minimaal 15 cm nodig, om vorstperiodes te overleven.

Een groendak realiseren

Bij het tot stand brengen van een groendak zijn veel factoren belangrijk. Niet alleen de techniek en de beplanting, maar ook de organisatorische aspecten.

Hoe wordt het dak ingericht en gebruikt?

Extensief dakgroen

Lichtgewicht extensieve groendaken kunnen bedoeld zijn als aantrekkelijk uitzicht, voor lage capaciteit regenwaterretentie, voor luchtzuivering of als natuurdak. Dergelijke daken kunnen bestaan uit klimplanten die over de dakrand heengroeien en op het dak liggen, of uit een heel dun laagje substraat waar zich spontaan mossen op kunnen vestigen. Het meest gebruikelijke type is een dunne substraatlaag begroeid met Sedum en andere vetplanten. Voor de afwisseling kunnen tussen de beplanting patronen van (half)verharding of roosters worden gebruikt. Die kunnen zelfs in de vorm van een kunstwerk of reclame-uiting worden aangelegd. Extensieve groendaken kunnen kleinschalig op woonhuizen worden toegepast, maar ook bijvoorbeeld grootschalig op een fabriekshal of school, om de zomertemperaturen aangenamer te maken.

Semi-intensief dakgroen

Semi-intensieve groendaken worden meestal grootschalig toegepast, maar zouden ook een deel kunnen vormen van een intensieve daktuin.

Intensief dakgroen voor particulieren

Intensieve groendaken hebben een enorm scala aan mogelijkheden. Bij particuliere woningen kan een daktuin worden gemaakt, met vrijwel alle elementen die in een gewone tuin ook voorkomen: bomen, gazon, een terras, paden, borders, hoogteverschillen en zelfs een vijver is mogelijk. Bij vrijstaande huizen en rijtjeshuizen is een intensieve daktuin juridisch makkelijker te realiseren dan bijvoorbeeld op een appartementencomplex. Het dakterras van de

Bij de realisatie van een groendak zijn een aantal zaken belangrijk.

- Hoe wordt het dak ingericht en gebruikt?
- Welke wetten en regels gelden?
- Welke factoren zijn belangrijk bij ontwerp en aanleg?
- Wat zijn de kosten en subsidiemogelijkheden?
- Waaruit bestaat een groendak (opbouw en aanleg)?
- Welke beplanting is geschikt?

ene eigenaar kan op het dak van een andere eigenaar liggen, wat de situatie wat ingewikkelder maakt. Maar ook dan is het in goed overleg mogelijk.

Intensief dakgroen voor bedrijven en instellingen

Op het dak van bedrijven en instellingen is vaak veel ruimte en het gebouw is meestal van één eigenaar, wat het juridisch eenvoudig maakt om een daktuin aan te leggen. Intensieve daktuinen van kantoren of instellingen bieden werknemers en bezoekers de mogelijkheid buiten te zitten of een wandeling in het groen te maken tijdens de lunch. Ziekenhuizen en verzorgingshuizen kunnen de beplanting aan de gebruikers aanpassen door een zogenaemde *healing garden* aan te leggen. Voor winkels, horecagelegenheden en sportinstellingen is de aanleg van een groen aangekleed dakterras interessant; klanten en leden kunnen na het winkelen of sporten even uitblazen met een prachtig uitzicht over de stad. Musea zouden hun dak als extra tentoonstellingsruimte kunnen inrichten. Scholen, sportinstellingen en zwembaden kunnen een extra speelplaats, ligweide of





sportveld op het dak creëren. Een voorbeeld in Barendrecht toont dat een dak ook kan functioneren als volwaardig openbaar groen. Op de overkapping van het treinstation daar is een park van in totaal 9 ha aangelegd, dat door reizigers en omwonenden gebruikt kan worden. Het is het grootste dakpark van Europa.

Combinaties

Wanneer sommige delen van de dakconstructie een grotere draagkracht hebben, kan een combinatie van intensief en extensief dakgroen worden aangelegd. Boven dragende delen van het dak kan een terras worden gemaakt en met zwaardere plantenbakken of pergola's met klimplanten worden gewerkt, terwijl de minder stevige delen van het dak met extensief dakgroen worden aangekleed. Zo ontstaat een gebruiksdak, dat niet in zijn geheel een grote draagkracht hoeft te hebben. De balustrade van een beloopbaar deel van het dak wordt vaak voor de veiligheid en de privacy van de burens op enige afstand van de dakrand aangebracht. Extensieve beplanting wordt ook gebruikt om de dakranden buiten de balustrade aan te kleden.

Wetten en regels voor groendaken

Er is in Nederland geen speciale wetgeving voor groene daken, wel kunnen allerlei andere wetten van toepassing zijn.

Met de aanleg van een extensief, niet permanent betreedbaar groendak verandert de bestemming van het dak niet. Om dit type groendak te mogen aanleggen, is dan ook geen toestemming nodig van de plaatselijke autoriteiten.

Permanent betreedbare extensieve daken en alle intensieve groendaken vallen wel onder verschillende wetten. Voor de aanleg moet een bouwvergunning worden aangevraagd bij de gemeente, bijvoorbeeld voor het maken van een deur naar het dak en het



plaatsen van balustrades. Daarvoor moet een bouwtekening van het dak (oude en nieuwe situatie) en een constructieve berekening worden aangeleverd.

U kunt bij de beoordeling van de plannen te maken krijgen met:

- Bestemmingsplan (bijv. vrijstelling maximale bouwhoogte)
- Welstandscommissie
- Monumentenzorg
- Burgerlijk Wetboek (rechten van de burens op privacy)
- Waterwet (dimensies waterafvoer, eisen aan buffering water op eigen erf)
- Flora- en faunawet
- Arbo-wet (veiligheidsvoorzieningen op het dak)

Een vrij vaak voorkomende eis is, dat de daktuin niet tot de dakrand mag lopen, maar een stuk terug moet wijken om inkijk en schaduwwerking bij de burens te voorkomen.

Verder kunt u te maken krijgen met eisen die subsidieverstrekkers aan het dak stellen, bijvoorbeeld wat betreft de waterretentiecapaciteit. En het kan zo zijn dat de brandverzekering eisen stelt aan de dakopbouw. Verder zijn er eisen aan groendaken geformuleerd wanneer de overheid deze duurzaam inkoopt.

Voor een vakkundige aanleg en onderhoud van groendaken heeft het Duitse Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Land-



Barendrecht, station (foto: Pieter Collet)

Bergschenhoek, particulier wooncomplex

schaftsbau (FLL) richtlijnen opgesteld.^[15] Deze zijn vertaald en aan de Nederlandse wetgeving aangepast als: FLL dakbegroeiingsrichtlijn.^[16] Deze wordt veel gebruikt als naslagwerk voor een technisch juiste uitvoering.

Welke factoren zijn belangrijk bij ontwerp en aanleg?

Groendaken kunnen zowel bij nieuwbouw als bij renovaties worden toegepast. Bij bestaande daken met beperkte draagkracht zijn er minder mogelijkheden, maar een extensief groendak is bijna overal toepasbaar. Een groendak kan ook op een omgekeerd dak worden aangelegd, waarbij de isolatielaag bovenop de waterlichte laag ligt. Bij het ontwerpen en aanleggen van een groendak spelen veel factoren een rol. Gedeeltelijk zijn die hetzelfde als voor een tuin op maaiveldniveau, maar voor daken moet met enkele specifieke eisen rekening gehouden worden.

De opdrachtgever bepaalt welk budget er beschikbaar is en welke functies het dak moet vervullen. Wordt het bijvoorbeeld een eco-dak, verkeersdak, waterretentiedak, dak met zonnepanelen of een daktuin?

Uitgaande van de functie en de randvoorwaarden waaraan het groendak moet voldoen maken opdrachtgever en ontwerper een keuze voor het groendakstelsel, de beplanting en een eventueel watergeefstelsel en/of veiligheidsvoorzieningen.

Een groendak is een toevoeging aan een al functionerend dak; het is geen vervanging ervan. Dat betekent dat een bestaand dak in goede staat van onderhoud moet zijn: voldoende stevig, isolerend en waterdicht. Een extra eis is dat het dak zelf of een erop aangebrachte laag folie wortelwerend moet zijn. Bij nieuwbouw kan het geplande groendak invloed hebben op de dakconstructie die gekozen wordt, bijvoorbeeld wat betreft de isolatiewaarde. Een groot deel van de technische gegevens die nodig zijn bij het aanleggen van groendaken is te vinden in de "Dakbegroeiingsrichtlijn"^[16], en in de brochure "Daken in 't groen"^[6].

Fysische eigenschappen waarmee rekening gehouden moet worden zijn:

- Draagkracht (en daaruit afgeleide maximale substraatdikte)
- Hellingshoek
- Dakoppervlak
- Dakhoogte
- Bereikbaarheid
- Beschikbaarheid van water en elektriciteit
- Ligging t.o.v. de zon
- Lokaal klimaat
- Omringende bebouwing en beplanting

Draagkracht

De dakconstructie moet berekend zijn op het extra gewicht van het groendak plus het water dat de beplanting en het substraat kan opzuigen. (Nat substraat weegt al gauw 1000-1500 kg per m³.) Ook moet het dak dan nog voldoende reservedraagcapaciteit hebben om een sneeuwdek te kunnen torsen. Een substraatlaag van 3 tot 15 cm geeft een extra gewicht op het dak van 30 tot 160 kg per m². In substraat worden vaak lichtgewicht materialen verwerkt, zoals puimsteen, lava of kleikorrels, om het totaalgewicht laag te houden. Bestaande gebouwen die van beton, staal of hout gemaakt zijn kunnen meestal wel een extensief groendak dragen, maar dit moet steeds voor de zekerheid worden doorgerekend door een bouwkundig ingenieur. Kleine gebouwtjes als een schuurtje of carport hebben in het verleden vaak een plat dak gehad met grind erop. Dit weegt ongeveer net zoveel als een extensief groendak met een dunne substraatlaag.



Uit de bouwkundige analyse kan blijken dat sommige delen van het dak een groter gewicht kunnen dragen. Bijvoorbeeld de dakranden, of plaatsen boven een pilaar of binnenmuur. Deze delen zijn eventueel geschikt om er een plantenbak of een terras te realiseren. In dat geval moet wel bij eigenaar en gebruikers bekend zijn, dat deze elementen niet verplaatst mogen worden, of de elementen moeten worden vastgezet.

Als de draagcapaciteit van het dak minimaal 250 kg/m^2 is, kan er een intensieve daktuin op worden aangelegd. Sommige daken zijn geschikt of geschikt te maken voor verkeer, bijvoorbeeld een parkeerdak. Ook deze functie is goed te combineren met groen op het dak.

Hellingshoek

Om een groendak te kunnen aanleggen, mag het dak een helling hebben van ten hoogste 45° . Op steile daken is alleen extensief dakgroen mogelijk. Daken met zeer steile hellingen zouden wat de techniek betreft haast beschouwd moeten worden als een groene wand in plaats van een groendak.

Op schuine daken kan semi-intensief dakgroen worden aangelegd. Daarbij is wel een wat grotere minimale substraatdikte nodig dan op platte daken, omdat het substraat anders te weinig water vasthoudt. Bij een helling groter dan 15° is extra bescherming tegen afschuiven van het medium nodig.

Voor een goede afwatering kan bij een nieuw gebouw het beste een dakhelling van $1-3^\circ$ worden aangehouden. Hierop zijn alle vormen van groendaken aan te leggen. Bij daken met een slecht afschot, waarop plassen blijven staan, worden hoge drainageplaten gebruikt om een goede waterafvoer te garanderen.

Voorzieningen

Om een groendak aan te leggen en te onderhouden moet erop gelopen worden. Dat stelt eisen aan de bereikbaarheid, de draagkracht en de veiligheid (veiligheidsmaatregelen zijn verplicht vanaf $2,5 \text{ m}$ hoogte).

Kort na aanleg en in droge tijden moet er soms water gegeven

worden. Er moet dus een kraan binnen bereik zijn of er moet een irrigatiesysteem worden aangelegd. Sproeiers zijn voor grote oppervlakken niet ideaal, vanwege de oppervlakkige wortelontwikkeling en verspilling van water. Beter zijn systemen met druppelbevloeiing of systemen die het water in de drainagelaag met een vlotter op peil houden. In plaats van kraanwater kan voor irrigatie ook regenwater worden gebruikt dat elders in of op het gebouw wordt gebufferd. Ook is het mogelijk om voor irrigatie grijs water uit het gebouw te gebruiken. Voor het onderhoud van grote oppervlakken is een aansluitmogelijkheid voor elektrische apparaten gewenst.

Klimaat en omgeving

Nederland heeft een klimaat dat de aanleg van een groendak goed mogelijk maakt. De regenval, zomerhitte en winterkou zijn niet extreem en vrij goed voorspelbaar. Er zijn enkele klimaatfactoren die de aanleg van een groendak wat lastiger maken, maar niet onmogelijk. Een dak dat permanent in de schaduw ligt of op een locatie vlak aan de kust met zoute zeewind vereist extra aandacht, vooral wat betreft de beplantingskeuze. Meestal is het voldoende als de beplanting wordt samengesteld uit soorten die tegen dergelijke omstandigheden bestand zijn. De standaard begroeide matten zijn vaak bedoeld voor gebruik in de volle zon. Maar beplanting voor



andere situaties kan wel als zaad of losse planten worden geleverd. Een omgevingsfactor die nadelig kan zijn voor een groendak is wanneer er naast een extensief dak op een woonhuis een boom staat met veel kiemkrachtig zaad. Het wieden van de boomzaailingen die op het dak vallen, kan veel tijd in beslag nemen en maakt de beplanting minder onderhoudsarm dan gepland. Op een intensieve daktuin speelt dit probleem een kleinere rol, omdat boomzaailingen tijdens het reguliere onderhoud kunnen worden verwijderd.



Een beplanting met Sedum is bestand tegen incidentele betreding, bijvoorbeeld twee keer per jaar door de glazenwasser, maar overleeft het niet als er regelmatig op gelopen wordt. Het ontwerp van een groendak en de plantenkeuze moet daarom steeds aangepast worden aan het beoogde gebruik en de gebruiksintensiteit.

Kwaliteit

Aanleg en onderhoud van groendaken vereist specifieke kennis. Bedrijven die groendaken verkopen moeten verstand hebben van dakdekken en het veilig werken op hoogte, maar ook van hovenierswerk en de technische aspecten van de aanleg van groendaken. De gespecialiseerde bedrijven op dit gebied zijn aangesloten bij de vakgroep Dak- en Gevelbegroeners van de brancheorganisatie VHG. Er is geen verplicht keurmerk voor dakgroenbedrijven, maar veel bedrijven zijn aangesloten bij bijvoorbeeld Groenkeur BRL dak- en gevelbegroeners. Groenkeur houdt ook toezicht op de exameneisen voor diploma's Basisedewerker, Gevorderde of Expert op het gebied van daktuinen en gevelgroen. Enkele andere kenmerken waaraan kwaliteitsbedrijven te herkennen zijn:

- Verstrekken van garantie op het groendak (10 jaar is gebruikelijk).
- Mogelijkheid om eerder uitgevoerde projecten van het bedrijf te bezichtigen.
- Naleven van de technische specificaties van SBR (Stichting Bouw Research), ook wel aangeduid met de FLL dakbegroeiingsrichtlijn.
- Gebruik van materialen van gerenommeerde leveranciers van systemen voor dakbegroening.

Kosten en subsidiemogelijkheden

De kosten van een groendak hangen vooral sterk af van het gewenste type. Wordt het een eenvoudig extensief dak met Sedum, of een weelderige intensieve daktuin? De laatste is beduidend duurder in aanleg en onderhoud. Een simpel Sedumdak op een schuurtje of carport kan ook door een handige doe-het-zelver worden aangelegd, maar voor grotere daken moeten professionals worden ingeschakeld.

Aanlegkosten

Voor een extensief groendak, waarvan de ondergrond al in orde is, zijn de voornaamste posten op de begroting:

- Inventarisatie wensen opdrachtgever en fysieke eigenschappen dak
- Bouwkundige inspectie
- Eventueel ontwerp
- Wortelwerende en drainagelagen
- Substraat
- Plantmateriaal
- Materialen detaillering
- Arbeid aanleg
- Huur apparatuur aanleg (bijv. hijskraan)
- Eventueel aanleg watergeefstelsysteem
- Eventueel extra veiligheidsvoorzieningen op het dak

Het bedrag per m² komt dan uit op € 30 - 100. Dit kan variëren vanwege schaalvoordelen, en een eenvoudig Sedumdak is natuurlijk goedkoper dan een groendak met extra's als een waterbuffer en geïntegreerde valbescherming.

Een semi-intensief dak met een graskruidenmengsel wordt over het algemeen op grote gebouwen toegepast, en altijd door professionals aangelegd. De kosten liggen rond de € 40-50 per m². De aanleg van een intensief groendak dient steeds door professionals te gebeuren. Veiligheidsvoorzieningen en een watergeefstelsysteem worden altijd aangebracht. Ook komen de kosten van de benodigde vergunningen erbij. Voor een daktuin beginnen de kosten voor de simpelste types rond de € 80-100 per m², deze kunnen voor een luxe uitvoering tot € 500 per m² stijgen. De totale kosten zijn sterk afhankelijk van de grootte en de gewenste uitvoering van de daktuin, die kan variëren van sober tot riant.

Onderhoudskosten

Het tweede onderdeel van de kosten van een groendak wordt gevormd door het onderhoud.

Een groot of hoog extensief groendak heeft professioneel onderhoud nodig. Als alles naar wens gaat, kan volstaan worden met 1 tot 2 maal per jaar een inspectie, waarbij vooral wordt gelet op onkruidgroei en of de waterafvoeren goed functioneren. Indien aanwezig wordt het watergeefstelsysteem gecontroleerd. Als het nodig is wordt

er gewied, bemest, gesnoeid en worden kale plekken opnieuw ingeplant of ingezaaid. De beplanting op een groen dak hoeft niet steeds hetzelfde te blijven. Er sterven soorten af en nieuwe soorten vestigen zich. Het onderhoudsbedrijf heeft voldoende vakkennis om deze successiereeks te kunnen bijsturen, zodat probleemkruiden tijdig worden aangepakt en het aantrekkelijke uiterlijk behouden blijft. Bij een graskruidendak kan verzuiving optreden, als het bemestingsniveau (vooral fosfaat) te hoog is. Dit wordt opgelost door de beplanting te maaien en het maaisel af te voeren. Het onderhoud van een intensief groendak is vergelijkbaar met dat van een tuin op maaiveldniveau. Er is alleen extra aandacht nodig voor de essentiële daktuinvoorzieningen, zoals de waterafvoer, het watergeefstelsysteem en de veiligheidsvoorzieningen.

Totale kosten per m²

Type dak	Aanlegkosten	Renovatiecyclus	Kosten over levensduur 90 jr.
Conventioneel dak	€ 33	Elke 15 (-25) jaar	€ 270
Extensief groendak	€ 75	Alleen klein onderhoud	€ 140
Intensief groendak	€ 315	Alleen klein onderhoud	€ 720

Naar: Porsche 2003. Prijspeil Duitsland 2003. ^[3]

Onderhoudskosten per m²

Type dak	onderhoud	Kosten over levensduur 90 jr.
Conventioneel dak	Minimaal elke 5 jaar inspecteren	€ 15
Extensief groendak	Jaarlijkse inspectie, onkruid verwijderen	€ 75
Intensief groendak	8 x per jaar, bijv. wieden, snoeien, bemesten	€ 600

Naar: Porsche 2003. Prijspeil Duitsland 2003. ^[3]



Besparing en subsidie

In Nederland geven verschillende gemeenten subsidie op de aanleg van een groendak. Soms levert ook een waterbedrijf een bijdrage. De bedragen liggen rond de € 20 – 30 per m², en zijn aan maxima gebonden. Op de website www.degroenestad.nl staat een overzicht van Nederlandse gemeenten die op dit moment subsidie verlenen. Ondernemers kunnen bij de aanleg van een groendak gebruik maken van een tweetal regelingen voor milieu-investeringen die belastingtechnisch gunstig kunnen uitpakken:

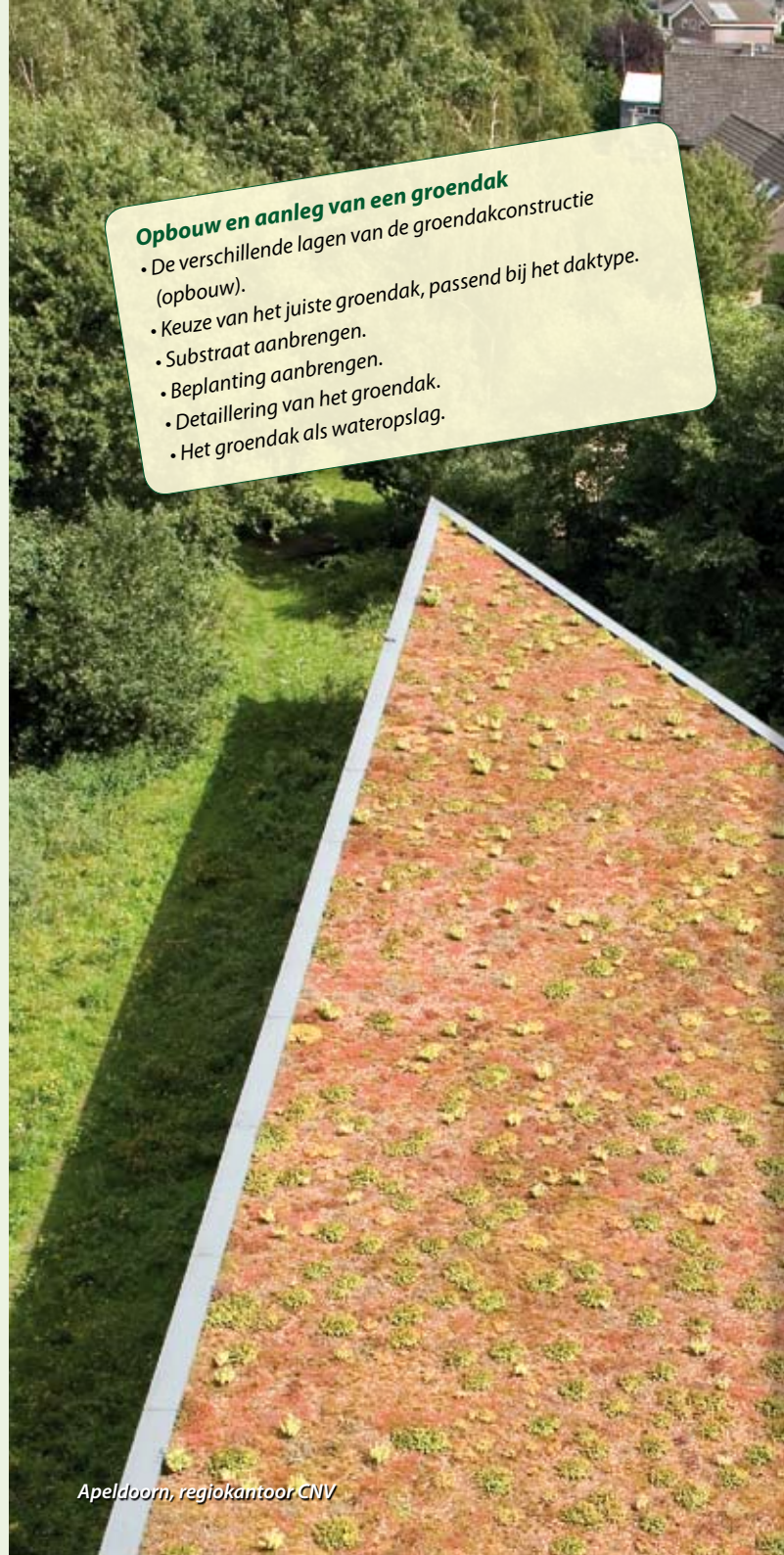
- VAMIL (Aanwijzingsregeling willekeurige afschrijving milieu-investeringen)
- MIA (Aanwijzingsregeling milieu-investeringsaftrek)

Beide regelingen mogen ook gecombineerd worden. Meer informatie over deze regelingen is te vinden op de website van Agentschap NL (voorheen SenterNovem) (www.agentschapnl.nl). Met een groendak valt geld te besparen. Het aanbrengen van een nieuwe laag op een conventioneel dak, bijvoorbeeld bitumen, kost ongeveer € 15 per m². Inclusief arbeid komt dit neer op € 25-30 per m². Dit zijn kosten die bespaard worden door een groendak, omdat vervanging pas na bijvoorbeeld 40 in plaats van 20 jaar nodig is. De andere besparingen, zoals op verwarming en koeling, zijn sterk afhankelijk van het type dak en van het gebouw, daarom is daarvan veel moeilijker een richtgetal te geven. Met de direct bespaarde kosten is niet op korte termijn de aanleg van een extensief groendak terug te verdienen, maar pas na 8-20 jaar. De situatie wordt anders, als ook de maatschappelijke waarde van de ecosystemendiensten wordt meegerekend. Met de besparing op stookkosten plus de waterretentie is binnen 4 jaar de aanleg van een extensief dak terugverdiend. Daarvoor dienen de maatschappelijke voordelen dan wel in de vorm van subsidies of (belasting)kortingen te worden uitbetaald. Intensieve daktuinen worden niet uit besparingsoverwegingen aangelegd, dus daarvoor zijn deze berekeningen minder relevant.

Delft, grasdak universiteitsbibliotheek

Opbouw en aanleg van een groendak

- De verschillende lagen van de groendakconstructie (opbouw).
- Keuze van het juiste groendak, passend bij het daktype.
- Substraat aanbrengen.
- Beplanting aanbrengen.
- Detaillering van het groendak.
- Het groendak als wateropslag.



Apeldoorn, regiokantoor CNV

De opbouw en aanleg van een groendak

Een groendak bestaat uit verschillende onderdelen. Soms worden die door één bedrijf aangelegd, maar er kunnen voor sommige delen ook specialisten worden ingeschakeld.

De opbouw van een groendak

Onder een groendak ligt een conventioneel dak, met een draagconstructie en waterdichte en isolerende lagen, maar zonder ballastmateriaal zoals grind. Specifiek voor groendaken is, dat de waterdichte daklaag ook wortelwerend moet zijn. De laag moet stevig genoeg zijn om niet alleen de zachte wortels van Sedum of gras tegen te houden, maar ook de penwortels van boomzaailingen. Bij nieuwbouw of dakrenovatie kan meteen voor een wortelwerend



De opbouw van een groendak

- Beplanting
- Substraat
- Filtervlies
- Drainagelaag
- Waterdichte en wortelwerende dakbedekking
- Draagconstructie en isolatie

dak worden gekozen. Bij aanleg van een groendak op een niet-wortelwerende dakbedekking kan een extra laag op het dak worden aangebracht. Hiervoor wordt vaak een PE of EPDM folie gebruikt. De resultaten hiervan zijn minder betrouwbaar dan wanneer het dak zelf wortelwerend is.

Bovenop de waterdichte en wortelwerende daklaag komt een drainagelaag. Deze bestaat bij extensieve groendaken meestal uit geprofileerde kunststof platen. De drainagelaag zorgt ervoor dat de plantenwortels niet te lang nat blijven. De keuze van de het type drainageplaat is cruciaal voor het waterbufferende vermogen van het dak. Op intensieve groene daken bestaat de drainagelaag ook wel uit bijvoorbeeld kleikorrels onder het substraat. Het waterbufferende vermogen wordt dan voor het grootste deel bepaald door het substraat zelf. Bij natuurdaken wordt vaak met een drainagelaag van natuurlijke materialen – bijvoorbeeld lava – gewerkt. Bovenop de drainagelaag komt een filtervlies, dat voorkomt dat deeltjes uit het substraat de drainagelaag verstoppen. Op het vlies ligt het substraat waarin de plantenwortels groeien. Het substraat kan organisch, anorganisch of een mengsel daarvan zijn. Een anorganisch substraat heeft als voordeel dat het langer meegaat en niet inklinkt, omdat het niet verteert. Er kunnen eventueel nog extra tussenlagen worden toegevoegd, zoals een extra watervasthoudende laag, een anti-erosielaag, extra isolatielagen of een wortelverankeringslaag voor bomen of heesters. Ook kan onder de beplanting een net worden aangebracht, waaraan de valbeveiliging wordt bevestigd.

Groendaken voor verschillende daktypen

De hierboven beschreven constructie is geschikt voor een warm dak, een dakconstructie waarbij op de dragende constructie eerst een dampremmende laag en vervolgens isolatiemateriaal wordt aangebracht. Daarbovenop ligt de waterkerende laag (dakbedekking).

Als de isolatielaag daarentegen bovenop de waterdichte laag ligt, wordt dit een omgekeerd dak genoemd. Het enige isolatiemateriaal



dat hiervoor gebruikt kan worden is geëxtrudeerd polystyreen-schuim (XPS). Omdat de bovenzijde van de isolatieplaten van een omgekeerd dak niet waterdicht mag worden afgedekt, is in dat geval een iets andere groendakconstructie nodig. De waterdichte en wortelwerende laag wordt dan onder de isolatielaag aangebracht, en bovenop de isolatieplaten komt een beschermvlies dat meer waterdamp doorlaat. Met een groendak op de isolatieplaten kan er soms waterdamp in de isolatieplaten doordringen en er condenseren. Daardoor neemt de isolatiewaarde af. In "Daken in 't groen" [6] raadt SBR aan om in dit geval een 20% dikkere XPS-isolatie te gebruiken. Een omgekeerd dak is niet te combineren met waterretentie waarbij water op het dak zelf wordt opgezet. Vormen waarbij het water in de drainageplaat en het substraat wordt opgevangen zijn soms wel mogelijk. Raadpleeg hiervoor een expert.

Een ander modern type warm dak is een Kompaktdak. Hierbij worden isolatieplaten volledig onderling en met de waterdichte laag verkleefd. Dit geeft extra zekerheid wat betreft de waterdichtheid, waardoor dit daktype bij uitstek geschikt is om er een groendak op te leggen. Bij een omgekeerd dak wordt de waterdichte laag extra beschermd door de isolatie, en bij een Kompaktdak door de onderlinge verkleving. Vooral op daken die niet extra beschermd zijn, is het belangrijk om aandacht te besteden aan compartimentering: het aanbrengen

van een waterscheiding in de dakconstructie, bijvoorbeeld op de perceelsgrenzen. Dit maakt eventuele lekkages makkelijker te lokaliseren en voorkomt vervolgschade bij de burens. Er kunnen elektronische waterdetectoren in de dakconstructie worden opgenomen. Hierdoor kunnen lekkages eenvoudiger worden opgespoord en verholpen zonder dat het groendak eraf moet. Omdat deze systemen kostbaar zijn worden deze in de praktijk nog niet veel toegepast.

Substraat aanbrengen

Er zijn drie methoden om substraat en beplanting van een groendak aan te brengen:

- Het substraat kan los worden gestort en ter plaatse worden ingezaaid of ingeplant. Dit is de gebruikelijke methode voor intensieve groendaken. Het kan plaatselijk om behoorlijk grote grondvolumes gaan; een boom heeft circa 0,75 m³ substraat nodig per m² kroonprojectie.^[17]
- Voorbegroeid substraat wordt aangeleverd op rollen. Deze rollen worden gelegd op de manier van graszoden of tapijt. Het dak is dan meteen groen. Dit is een gebruikelijke aanlegmethode voor grote extensieve daken met overal hetzelfde beplantingstype.
- Voorbegroeid substraat kan ook worden gelegd als losse rechthoekige elementen (zoals tapijttegels). Ook deze methode levert meteen een groen dak op. Voordeel van dit systeem is, dat gemakkelijk plaatselijke verschillen in de beplanting kunnen worden aangebracht. Ook is het eenvoudig om losse elementen te vervangen, of om een element tijdelijk te verwijderen als toegang tot het dak nodig is.

Beplanting aanbrengen

Planten die los in het substraat worden geplant, moeten soms aan speciale eisen voldoen. Voor een intensieve daktuin worden normaal opgekweekte tuinplanten gebruikt. Extensieve en semi-intensieve daken vereisen speciaal opgekweekt plantmateriaal. Dat zijn gewoonlijk kleine plantjes, die in pluggen in een speciaal voedselarm grondmengsel zijn opgekweekt. Bij extensieve Sedumdaken worden ook wel onbewortelde Sedumstekken gebruikt, die vanzelf vastwortelen als ze voldoende vocht krijgen. Soms worden groen-

dakplanten ook gezaaid. Om onkruid weg te concurreren en erosie te voorkomen wordt met voorbehandeld zaad en met speciaal zaaisubstraat geprobeerd een snelle, egale kieming te verkrijgen. In het volgende hoofdstuk worden de geschikte plantensoorten behandeld.

Detailering van het groendak

Behalve het beplante deel, moeten ook enkele andere delen van het dak worden aangepast. Bij een extensief groendak moet de dakrand zo worden geconstrueerd, dat er geen wind onder de beplanting of de matten kan komen. Hiervoor wordt vaak een rand tegels of grof grind neergelegd. Rondom pijpen en lichtkoepels en voor deuren en dergelijke is ook een rand tegels van circa 30 cm nodig, omdat



Nijverdal, particuliere daktuin



op die plekken geen beplanting gewenst is. Op grote daken kunnen brandgangen in de beplanting noodzakelijk zijn. Door de beplanting zal er meer organisch afval in de hemelwaterafvoer terecht komen, daarom is het verstandig om controleschachten te monteren.

Soms wordt beplanting gecombineerd met halfverharding. Bij kalkhoudende soorten (bijv. schelpen) zou er ketelsteen in de drainage kunnen ontstaan. Materialen als grind of gebroken natuursteen met weinig kalk zijn daarom geschikter.

Op een groendak kan ook een vijver of een ander waterelement worden gemaakt. De drainagelaag van het groendak loopt onder het waterdichte folie van de vijver gewoon door. Mocht er onverhoopt een lek in de vijver ontstaan, dan loopt het water via de reguliere hemelwaterafvoer weg, en niet het gebouw in.

Het groendak als wateropslag

Door op daken zonder afschot een waterstuwelement bij de afvoerte plaatsen, kan met een vlotter geregeld worden hoeveel water het dak vasthoudt. Andere methoden om de waterretentie te versterken zijn: het gebruik van speciale drainageplaten die water extra langzaam afvoeren, en het werken met een watervasthoudend substraat. Ook kan voor de afvoer een blokkade worden aangebracht van materiaal dat water langzaam doorlaat.

Rijswijk, winkelcentrum

Onder werktijd genieten

De daktuinen op het hoofdkantoor van energiebedrijf Essent in Den Bosch zorgen voor een prettig werkklimaat voor de eigen werknemers en een groene uitstraling naar de buitenwereld. Gustaaf Geldrop Groenspecialisten legde de daktuinen aan naar een ontwerp van Buro Sant en Co.

Het is de variatie in de beplanting - van kruiden en struiken tot bomen van formaat - die de daktuinen op het hoofdgebouw van Essent in Den Bosch tot iets bijzonders maken, vindt Michael van Oeffelen van Gustaaf Geldrop Groenspecialisten. De daktuinen zijn gerealiseerd op de nieuwbouwvleugels waarmee het oude PNEM-gebouw in 2006 werd uitgebreid. „Eigenlijk gaat het om twee daktuinen op hoogte”, specificeert Van Oeffelen. „Een derde tuin en het entreeplein zijn aangelegd op het dak van een nieuwe, ondergrondse parkeergarage.

In de op een na hoogste daktuin domineert een harthouten vloerterras gecombineerd met een kruidachtige beplanting en losse Gleditsia's van behoorlijk formaat. Van Oeffelen: „Om ze windbestendig te maken zijn die bomen met sjobanden verankerd aan een bouwmat van draadstaal.”

De hoogste tuin ligt 12 m boven peil. Voor het ontwerp van die tuin liet Buro Sant en Co uit Den Haag zich inspireren door printplaten. Het resulteerde in een strakke vormgeving met wit grind, taxuskegels, buxus, geelbloeiende tulpen en sierui. „Ook is Verbena bonariensis toegepast omdat die in exact dezelfde kleur bloeit als het paarsrood in het logo van Essent. En hoewel de plant niet 100% winterhard is en we daarom zo onze bedenkingen hadden, blijkt hij het toch goed te doen. Doordat de plant erg uitzaait, kan hij zich handhaven.”

De draagkracht van de printplaattuin is voldoende om te belopen. Toch is de tuin vooral bedoeld als kijktuin. Vanuit een groot aantal kantoorruimtes is er van bovenaf zicht op. Dat geldt eveneens voor de inpandige varentuin die op het dak van de ondergrondse parkeergarage is gerealiseerd. In deze schaduwtuin zorgen de verschillende soorten varens en de berken voor een bosachtige sfeer. „Blikvanger zijn de eikenhouten stammen die van bovenaf gezien in

van groen

de vorm van een varenblad liggen.”

Weer geheel anders is het ontwerp van het entreeplein dat iets verhoogd van het maaiveld op de parkeergarage is gerealiseerd. Rondgesnoeide buxuskussens, ontluchtingskokers en cortenstalen cirkels beplant met berk vormen samen een patroon van druppels op het plein.

Hoewel de tuinen wat betreft beplanting nogal van elkaar verschillen, is voor alle vier de tuinen eenzelfde daktuinsysteem (drainagematten, afdichtende en wortelwerende folies) gebruikt. Ook zijn alle tuinen voorzien van een irrigatiesysteem en is voor de afvoer van hemelwater het Pluvia-systeem gekozen. Van Oeffelen: „We zijn niet gebonden aan bepaalde leveranciers. We kijken altijd per dak wat het best voldoet en stellen dan zelf een pakket samen.”

Wel is voor elke tuin een specifiek substraatmengsel gebruikt. „Zo kreeg de terrastuin een intensief substraat waarin kruiden en vaste planten goed groeien, terwijl voor de varentuin het substraatmengsel zuurder is gemaakt.” Ook verschilt de substraatdikte per tuin. „De grote bomen in de terrastuin staan in uitsparingen in het verhoogd aangelegde hardhouten vlonderterras. Zo kon het pakket dikker worden en krijgt de boom meer groeiruimte”, legt de medewerker van Gustaaf Geldrop uit. Dat de bomen op een dak staan, is eigenlijk alleen te merken aan het uitzicht. „Om hier je broodje te mogen eten. Dat is echt geweldig”, vindt Van Oeffelen. En hij is niet de enige die er zo over denkt. Tijdens lunchtijd zijn, als het weer het enigszins toelaat, de stoelen in de terrastuin in minder dan geen tijd bezet door de werknemers van Essent.



Printplaattuin op nieuwbouwvleugel.

Feiten en cijfers:

Locatie: Hoofdkantoor Essent, Den Bosch.

Opdrachtgever: BAM.

Uitvoeringsperiode: Start aanleg september 2006, oplevering april 2007.

Ontwerp daktuin: Buro Sant en Co, Den Haag.

Uitvoerende partijen: Gustaaf Geldrop Groenspecialisten, Geldrop (aanleg daktuin). BAM (dakafdichting). Gelsenrot, Gelsenkirchen (Dld)(substraat). Geberit (Pluvia waterafvoersysteem). Joosten Kunststoffen, Gendt (drainage/irrigatie).

Oppervlakte: 12.000 m², verdeeld over twee daktuinen op hoogte, en een varentuin en entreeplein op het dak van een ondergrondse parkeergarage.

Draagkracht: Varieert per tuin, afhankelijk van de gebruikte beplanting en de gebruiksfunctie.

Onderhoud: Maandelijks wordt regulier onderhoud aan de tuin uitgevoerd (onkruid verwijderen, bladvrij maken, e.d.) en daarnaast wordt op gezette tijden de watervoorziening en de waterafvoer gecontroleerd.

Kosten: € 1.600.500 (aanleg van intensieve daktuinen). Gustaaf Geldrop geeft 3 jaar garantie op de daktuin en neemt gedurende die periode ook het onderhoud op zich.



Terrastuin op nieuwbouwvleugel. Foto's: Essent

Openbare daktuin stelt hoge eisen aan aanleg en techniek



24





Op het dak van een nieuwe parkeergarage bij de Lichttoren in Eindhoven legden hoveniersbedrijf Du Pré Groenprojecten en dakdekker Kimmenade volgens het Green(p)roof-concept een grote daktuin aan. De daktuin is openbaar toegankelijk en moet zwaar verkeer kunnen dragen. Dit stelt specifieke eisen aan de technische uitwerking.

Middenin het groen lunchen bezoekers op het terras van grand café Usine dat sinds april 2009 is gevestigd in de Lichttoren, een oude gloeilampenfabriek van Philips in het centrum van Eindhoven. Het terras dat wordt omgeven door langwerpige, cortenstalen bakken gevuld met hulst, Pachysandra, hortensia en meerstammige Rhododendron, is onderdeel van een in totaal 4.000 m² grote tuin, waarvan 3.200 m² boven op het dak van een parkeergarage ligt. Dat het hier om een daktuin gaat is eigenlijk nauwelijks te merken. Ten opzichte van de omgeving ligt het dak van de ondergelegen parkeergarage iets verhoogd. En de daktuin is weliswaar omgeven door een pergola waarlangs Wisteria zich een weg omhoog vindt, maar de tuin heeft geen hekken of poorten die afgesloten kunnen worden en behoort dus tot de openbare ruimte.

Hufterproof

Dat de tuin voor iedereen vrij toegankelijk is, heeft consequenties voor het ontwerp en de aanleg. „De tuin ligt op de route van het PSV-stadion naar het station, daar moet je rekening mee houden”, merkt Robert Smid van Du Pré Groenprojecten op. „Het betekent bijvoorbeeld dat je druppelleidingen van het beregeningssysteem onzichtbaar weg moet werken, om het op die manier hufterproof te maken.”

Ook het feit dat in noodgevallen ambulances of brandweerwagens het dak op moeten en dat auto's gasten afzetten bij de ingang van het hotel dat even verderop in de Lichttoren is gevestigd, stelt bijzondere eisen aan de draagkracht en de opbouw van de daktuin. Smid: „Rijden of bochten nemen, levert extra belasting op. Dan heb je drainmatten nodig van extra zware kwaliteit. Green(p)roof werkt altijd met de dakgroensystemen van ZinCo. De producten van deze leverancier hebben zich in de praktijk bewezen.”

Omdat binnen het Green(p)roof-concept Du Pré Groenprojecten

samenwerkt met dakdekker Kimmenade, nemen ze niet alleen de verantwoordelijkheid voor de aanleg van de daktuin op zich, maar ook voor de dakafdekking. Kimmenade gebruikt voor de dakafdichting Novacell, „een naadloos product dat 100% verkleeft met het dak en gegarandeerd een naadloos dak oplevert”. De aannemer van de ondergelegen parkeergarage wilde elk risico op lekkage uitsluiten en stelde daarom als extra eis dat er geen doorvoeren door het dak mochten komen voor de afwatering van de tuin. Green(p)roof bedacht daarop een systeem waarbij lijngoten het water snel afvoeren en lozen op één punt. Om te voorkomen dat bij verstopping de complete waterafvoer stopt, is het systeem in stukken verdeeld met voor elk deel een extra omleidingsgoot. Smid: „Bij de aanleg van een daktuin is juist die technische uitwerking van details in het ontwerp van groot belang. Je wilt natuurlijk niet dat er wateroverlast ontstaat, zeker niet op een dak.”

Feiten en cijfers:

Locatie: Lichttoren in Eindhoven.

Opdrachtgever: Stam en De Koning Bouw, namens woningcorporatie Trudo.

Uitvoeringsperiode: Start aanleg januari 2009, oplevering juni 2009.

Ontwerp daktuin: Buro Lubbers.

Uitvoerende partijen: Du Pré Groenprojecten uit Helmond (hoofdaannemer) en dakdekker Kimmenade, eveneens uit Helmond (onderaannemer) voeren binnen het Green(p)roof-concept gezamenlijk de aanleg van de daktuin en de dakafdekking uit.

Oppervlakte: 4.000 m² buitenruimte waarvan 3.200 m² daktuin op ondergrondse parkeergarage.

Draagkracht: 2.000 kg/m² rustend plus 1.000 kg/m² veranderlijk.

Onderhoud: Du Pré Groenprojecten voert maandelijks regulier onderhoud (snoeien, onkruid wieden, schoonhouden van verharding) uit aan de tuin en daarnaast wordt op gezette tijden het afwateringssysteem, het irrigatiesysteem en de aansluitingen op het riool gecontroleerd.

Kosten: € 800.000 (aanleg van intensieve daktuin). Green(p)roof geeft, in combinatie met een onderhoudscontract, 10 jaar verzekerde garantie op de waterdichtheid van het dak en de werking van het daktuinsysteem. Daarnaast wordt 10 jaar garantie gegeven op het aanslaan en de ontwikkeling van de beplanting.

Beplanting voor een groendak

Planten voor een extensief groendak

De planten op een extensief groendak staan zowel in de zomer als de winter bloot aan extremere omstandigheden dan planten op de begane grond. Ze hebben te kampen met periodes van droogte, omdat ze geen contact met het grondwater hebben. Daarnaast heersen er hoge temperaturen, is er een hoge lichtinstraling en zijn er hoge windsnelheden. Op extensieve daken is de substraatlaag dun, de waterbuffering is gering en de substraatmassa is te klein om temperatuurverschillen sterk te dempen.

De beste soorten planten voor extensieve daken zijn daarom meerjarig, laag en zodevormend, en bestand tegen droogte en temperatuurwisselingen. Het zijn bijvoorbeeld vetplanten, ze hebben grijze beharing of een dikke blauwige waslaag op hun blad. Andere geschikte planten hebben stevige houtige twijgen of smal leerachtig blad. Ook eenjarige planten kunnen gebruikt worden. Die bloeien eenmalig en zaaien zich daarna uit, zodat ze later weer terugkomen. De eenjarigen zijn niet geschikt om de permanente basis van de beplanting te vormen, maar wel bruikbaar voor het aanbrengen van kleurige accenten.

De soortensamenstelling op een dak kan gedurende de jaren veranderen: planten die bij aanleg van een groendak aanwezig zijn, maken het voor andere planten mogelijk om zich te vestigen. Als zich ongewenste soorten vestigen, zoals bomenzaailingen, moeten die verwijderd worden. Soms verdwijnen boomzaailingen ook weer spontaan, omdat ze de omstandigheden op het groendak slechts tijdelijk kunnen overleven, in tegenstelling tot de bewust aan-gebrachte soorten.

Planten voor een intensief groendak

Op intensieve groendaken is de situatie anders. De planten krijgen daar steeds voldoende substraat, water en voedingsstoffen. Slechts enkele omstandigheden zijn anders dan in een tuin. Een groendak vangt vrijwel altijd veel wind, en krijgt meer zon, omdat minder gebouwen er een schaduw op werpen. Bovendien is de draagkracht van het dak aan een maximum gebonden. Dit betekent dat vooral planten geschikt zijn die niet te groot worden en goed groeien in de

volle zon of halfschaduw. Daarin is de keus enorm. Minder geschikt zijn bijvoorbeeld planten met veel wegwaaiend zaad, omdat die vanaf een groendak over een enorm oppervlak overlast kunnen veroorzaken. Ook hoge planten met breekbare of omvallende stengels zijn niet goed bruikbaar vanwege de wind. Planten met sterk woekerende wortels die de dakbedekking kunnen beschadigen, zoals bamboe of Aralia zijn ongewenst. Vanwege de wind en de draagkracht van het dak zijn niet alle bomen geschikt. Bomen van de derde grootte (tot 6 m hoog) met een niet erge grote en vrij open kroon komen vooral in aanmerking. Daaronder vallen bijvoorbeeld ook bolvormige boompjes op stam en veel treurvormen. Sommige bomen kunnen wel hoger worden, maar blijven in het beperkte grondpakket op een dak klein genoeg. Ook een struik op stam (zoals Photinia of Hibiscus) levert een mooi klein boompje op. De gebruikte soorten moeten bij voorkeur niet gevoelig zijn voor takbreuk of ziekten en plagen die door tocht verergerd worden, zoals spint of meeldauw. Het is goed om bomen met een oppervlakkig wortelgestel (bijv. berk, meidoorn) extra te verankeren vanwege de wind.

Plantenmengsels

Wanneer een groendak wordt beplant met meerdere soorten, geeft dat door het jaar heen een gevarieerd beeld. Maar het is ook goed voor de stabiliteit van de beplanting, omdat de plaats van slecht functionerende soorten door andere soorten overgenomen kan worden. Daardoor blijft de beplanting sluiten, ondanks kleine plaatselijke verschillen zoals natte plekken of schaduw. Het gebruik van meerdere plantensoorten is gunstig voor de invloed op het klimaat^[18], de waterretentie^[19] en temperatuurisolatie^[20]. Ook vergroot het de kans dat het dak een geschikt habitat biedt aan een verscheidenheid aan insecten, waaronder zeldzame. Daarvoor is het bijvoorbeeld belangrijk dat er gedurende het hele groeiseizoen steeds bloeiende planten aanwezig zijn.

Onderhoudskosten

De beplantingskeuze bepaalt voor een groot deel hoeveel onderhoud nodig is. Zie hiervoor de paragraaf "Onderhoudskosten" op bladzijde 17.

Geschikte planten voor groene daken

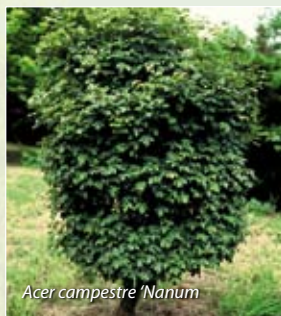
Voorbeelden van bomen, alleen voor intensieve daken

Bomen tot 6 m hoog en bestand tegen wind. Of grotere soorten die op daken meestal niet hoger dan 6 m worden. Of grote solitaire heesters.

- *Acer campestre* 'Nanum'
- *Acer platanoides* 'Globosum'
- *Acer pseudoplatanus* 'Bruchem' of 'Prinz Handjery'
- *Aesculus hippocastanum* 'Umbraculifera'
- *Amelanchier lamarckii* en cultivars
- *Betula pendula* 'Youngii'
- *Betula utilis* 'Doorenbos' (meerstammig)
- *Carpinus betulus* 'Pendula'
- *Castanea sativa* 'Vincent van Gogh'
- *Cedrus deodara* 'Pendula'
- *Cedrus libani* 'Glauca Pendula'
- *Clerodendrum trichotomum* (met winterbeschutting)
- *Cornus florida*
- *Cornus kousa*
- *Cornus mas*
- *Crataegus laevigata*
- *Crataegus mordenensis* 'Toba'
- *Cydonia oblonga*
- *Euonymus europaeus*
- *Fraxinus ornus* 'Meczek'



Nothofagus antarctica



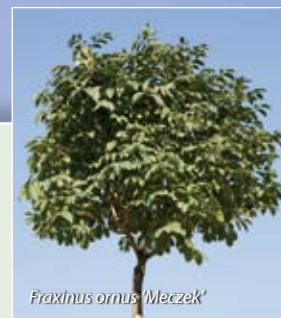
Acer campestre 'Nanum'



Betula pendula 'Youngii'



Cornus kousa



Fraxinus ornus 'Meczek'



Magnolia stellata



Pyrus salicifolia 'Pendula'



Taxus baccata

- *Fraxinus xanthoxyloides*
- *Ginkgo biloba* 'Horizontalis' of 'Pendula'
- *Koelreuteria paniculata*
- *Laburnum alpinum*
- *Magnolia stellata*
- *Malus* (alle kleine cultivars van sierappels, of consumptieappels op laagstam)
- *Nothofagus antarctica*
- *Parrotia persica*
- *Pinus parviflora* 'Glauca'
- *Pinus sylvestris* 'Watereri'
- *Platanus x acerifolia* 'Alphen's Globe'
- *Prunus op stam* (met windbeschutting)
- *Ptelea trifoliata*
- *Pyrus salicifolia* 'Pendula'
- *Sophora japonica* 'Pendula' (met windbeschutting)
- *Taxus baccata* en *T. cuspidata*
- *Ulmus minor* 'Jacqueline Hillier' of 'Umbraculifera'
- *Zelkova serrata* 'Village Green'

Heesters voor intensieve daktuinen

De keuze aan heesters voor intensieve daktuinen is vrijwel onbeperkt. Deze lijst is daarom niet volledig. De genoemde heesters zijn goed winterhard en weinig windgevoelig, ze kunnen in de volle zon groeien, en geven de voorkeur aan een normaal vochtige tot iets droge bodem.

- *Berberis*
- *Buddleja*
- *Caragana arborescens*
- *Carpinus betulus* (haag of snoeivorm)
- *Caryopteris*
- *Chaenomeles*
- *Chamaecyparis*
- *Colutea x media*
- *Cornus sanguinea*
- *Cotinus*
- *Deutzia*
- *Diervilla*
- *Escallonia*
- *Euonymus fortunei*
- *Exochorda macrantha* 'The Bride'
- *Fothergilla*
- *Hypericum*
- *Hibiscus syriacus*
- *Indigofera*
- *Kerria*
- *Kolkwitzia*
- *Lespedeza*
- *Ligustrum*



Caryopteris x clandonensis



Buddleja 'Dart's Papillon Bleu'



Colutea x media 'Copper Beauty'



Philadelphus 'Belle Etoile'

- *Lonicera*
- *Osmanthus*
- *Perovskia*
- *Philadelphus*
- *Physocarpus*
- *Pinus mugo*
- *Poncirus*
- *Potentilla fruticosa*
- *Pyracantha*
- *Ribes*
- *Rosa*
- *Salix* (katjeswilg op stam)
- *Sorbaria*
- *Spiraea*
- *Symphoricarpos*
- *Syringa meyeri* 'Palibin'
- *Tamarix ramosissima*
- *Taxus "Nana groep"* (dwergen)
- *Taxus "Repens groep"* (plat groeiend)
- *Viburnum*
- *Vitex*
- *Weigela*

Heesters voor semi-intensieve daken

Deze lage, droogteresistente soorten heesters en halfheesters zijn geschikt als accentplant tussen vaste planten.

- *Calluna vulgaris*
- *Cotoneaster dammeri*
- *Daboecia*
- *Genista lydia*



Pyracantha



Ribes



Tamarix ramosissima



Spiraea

- *Hebe ochracea*
- *Helianthemum*
- *Lavandula*
- *Thymus*
- *Vinca major*
- *Vinca minor*

Vaste planten voor semi-intensieve daken

Voor extensieve daken zijn vooral de vetplanten *Sedum* en *Sempervivum* geschikt. Zij zijn ook als kant-en-klaar begroeide mat verkrijgbaar. De hier genoemde soorten zijn geschikt voor gebruik op semi-intensieve daken. De nadruk ligt op soorten voor volle zon die goed bodembedekkend zijn. Voor ecodaken komen vooral de inheemse soorten in aanmerking. Voor intensieve daken is de keuze aan zonninnende vaste planten te groot om op te noemen.

- *Achillea millefolium* (inheems)
- *Achillea tomentosa*
- *Alchemilla saxatilis*
- *Allium schoenoprasum* (inheems)
- *Alyssoides utriculata*
- *Anacyclus pyrethrum* var. *depressus*
- *Antennaria dioica*
- *Arenaria montana*
- *Armeria maritima* (inheems)
- *Artemisia stelleriana*
- *Aster alpinus*, *A. linosyris*
- *Aurinia saxatilis*



Lavandula



Nepeta



Euphorbia cyparissias



Aurinia saxatilis

- *Blechnum spicant* (inheems)
- *Campanula* (matvormende soorten) (deels inheems)
- *Carex flacca* (inheems)
- *Cerastium tomentosum* var. *columnae* (inheems)
- *Delosperma cooperi* (+andere winterharde)
- *Deschampsia flexuosa* (inheems)
- *Dianthus deltooides* (inheems)
- *Dryas*
- *Echium vulgare* (inheems)
- *Eriophyllum lanatum*
- *Euphorbia cyparissias*, *E. myrsinites*
- *Festuca* (inheems)
- *Galium verum* (inheems)
- *Geranium sanguineum* var. *striatum*
- *Gypsophila repens*
- *Helianthemum nummularium* (inheems)
- *Helictotrichon sempervirens*
- *Herniaria glabra* (inheems)
- *Hieracium aurantiacum* (inheems)
- *Hieracium lanatum*
- *Hieracium pilosella* (inheems)
- *Hieracium villosum*
- *Hyssopus officinalis*
- *Inula ensifolia*
- *Koeleria glauca*
- *Koeleria macrantha* (inheems)
- *Linum perenne*
- *Lotus corniculatus* (inheems)
- *Marrubium incanum*
- *Melica ciliata*



Vinca minor 'La Grave'



Hieracium pilosella



Antennaria dioica 'Rubra'



Cerastium tomentosum

- **Nepeta x faassenii**
- **Oenothera macrocarpa**
subsp. *incana*
- **Origanum vulgare** (inheems)
- **Petrorhagia saxifraga**
- **Phlox subulata** of **P. douglasii**
hybriden
- **Potentilla neumanniana** (inheems)
- **Prunella vulgaris** (inheems)
- **Pulsatilla vulgaris**
- **Ranunculus bulbosus** (inheems)
- **Salvia argentea**
- **Salvia officinalis** (inheems)
- **Salvia pratensis** (inheems)
- **Santolina rosmarinifolia**
- **Sedum acre** (inheems)
- **Sedum album** (inheems)
- **Sedum cauticola** 'Lidakense'
- **Sedum ewersii**
- **Sedum hispanicum**
- **Sedum kamtschaticum** (+ 'Weihenstephaner Gold' en 'Variegatum'
(ook goed in schaduw)
- **Sedum oreganum**
- **Sedum reflexum** (+ 'Angelina')
(inheems)
- **Sedum sexangulare** (inheems)
- **Sedum spathulifolium**
- **Sedum spurium** (ook goed in
schaduw) (inheems)
- **Sempervivum tectorum** (inheems)
- **Sesleria caerulea** (inheems)
- **Silene maritima**
- **Stipa capillata**
- **Teucrium** (inheems)
- **Thymus citriodorus**
- **Thymus praecox** (inheems)
- **Thymus pulegioides** (inheems)
- **Thymus serpyllum** (inheems)
- **Veronica prostrata** (inheems)
- **Veronica repens**



Salvia pratensis



Sedum floriferum



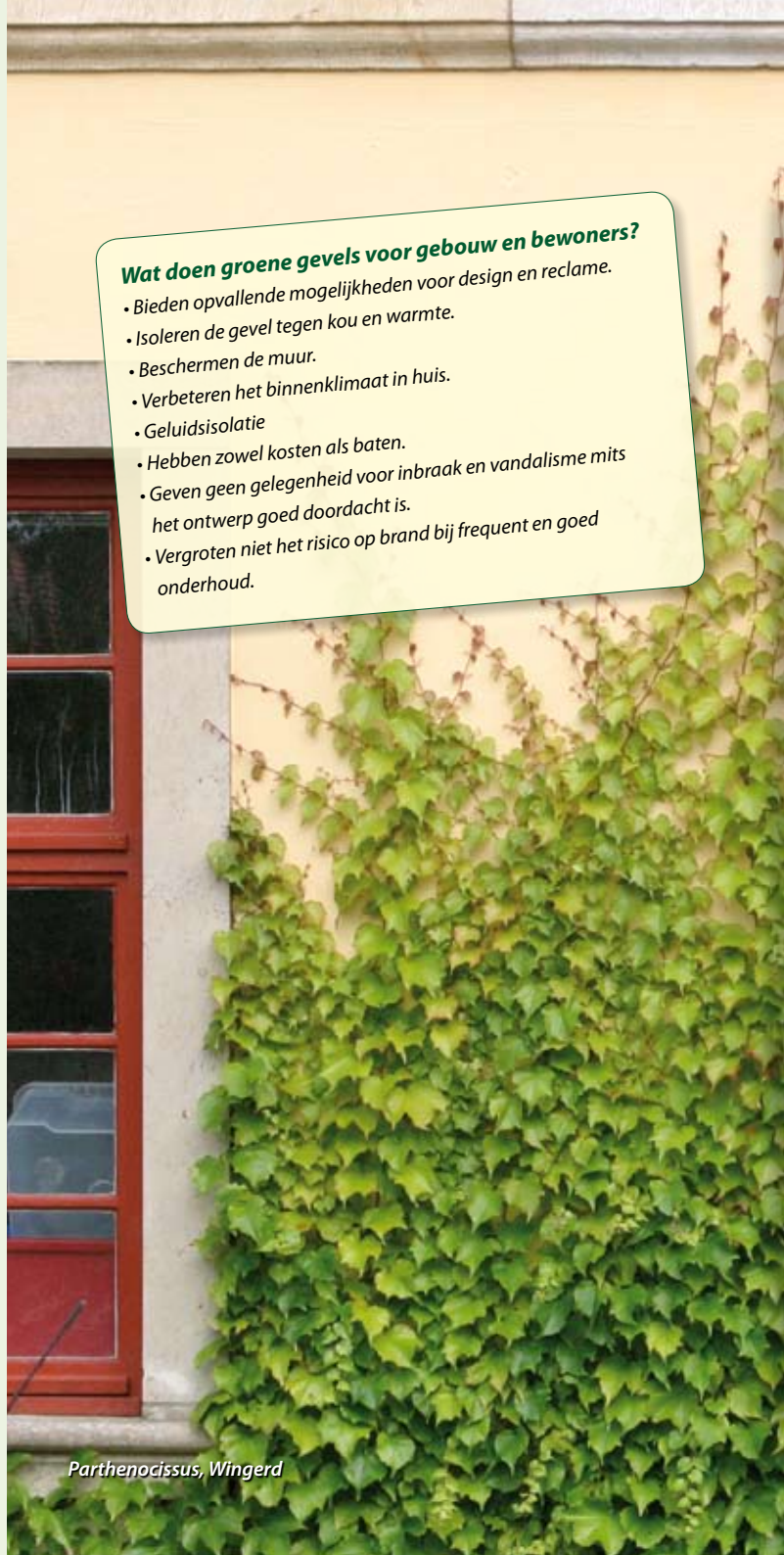
Campanula poscharskyana



Salvia officinalis 'Icterina'

Wat doen groene gevels voor gebouw en bewoners?

- Bieden opvallende mogelijkheden voor design en reclame.
- Isoleren de gevel tegen kou en warmte.
- Beschermen de muur.
- Verbeteren het binnenklimaat in huis.
- Geluidsisolatie
- Hebben zowel kosten als baten.
- Geven geen gelegenheid voor inbraak en vandalisme mits het ontwerp goed doordacht is.
- Vergroten niet het risico op brand bij frequent en goed onderhoud.



Parthenocissus, Wingerd

Gevelbegroeiing

Onder gevelbegroeiing wordt doorgaans verstaan een vorm van begroeiing door klimplanten die met hun wortels in de grond aan de voet van de gevel staan. Ook planten die in de kieren van oude stads- of kademuren groeien kunnen als een natuurlijke vorm van gevelbegroeiing worden gezien.

In de afgelopen jaren zijn nieuwe systemen voor de begroeiing van gevels in zwang gekomen. De nieuwe constructies maken het mogelijk om planten op een gevel te laten groeien door ze los van de grond houvast te bieden en van water en voedingsstoffen te voorzien. Er bestaan systemen met plantenbakken - meestal één per verdieping - van waaruit klimplanten omhoog groeien of afhangen. Andere constructies (gevelpanelen) bedekken de hele gevel met een laag materiaal waarin planten kunnen wortelen. Deze laag wordt zo bevestigd dat deze niet naar beneden glijdt en wordt zo dicht beplant, dat van de ondergrond in het groeiseizoen weinig meer te zien is. In deze laag is ook een irrigatiesysteem aangebracht, dat de planten voorziet van water en voedingsstoffen. Op dit moment zijn veel bedrijven bezig met de ontwikkeling van nieuwe materialen en technieken voor gevelbegroeiing.

Groene gevels geven gebouwen een aantrekkelijk groen accent. En net als groene daken helpen groene gevels om de leefomstandigheden in de stad te verbeteren. Ook zijn er enkele nadelen, die echter vaak door vakkundige aanleg en onderhoud opgelost kunnen worden. Het is belangrijk om deze voor- en nadelen tegen elkaar af te wegen.

Wat doen groene gevels voor het gebouw, de eigenaar en de gebruikers?

Design en reclame

Een belangrijke reden om een groene gevel met gevelpanelen aan te leggen, is de mogelijkheden die het biedt voor design en reclame. Veel maatregelen die een gebouw groen, duurzaam en ecologisch verantwoord maken, zijn aan de buitenkant niet zichtbaar. Een groene gevel is bij uitstek een middel waarmee de zorg voor het milieu zichtbaar gemaakt kan worden. De beplanting valt nog eens extra op, doordat per seizoen veranderingen optreden. Begroeiide panelen op de wand kunnen eventueel in de bedrijfskleuren of in de vorm van het bedrijfslogo worden uitgevoerd.

Een traditionele beplanting met klimplanten wordt geassocieerd met statige gebouwen. Zoals de Amerikaanse universiteiten die samen de Ivy League worden genoemd, naar hun met klimop begroeiide gebouwen. Maar beplanting kan ook nieuwe gebouwen cachet verlenen. Niet alleen op de traditionele manier toegepast, maar ook in een moderne stijl, bijvoorbeeld door met klimplanten verticale groene accenten op het gebouw aan te brengen. Begroeiing kan bij bestaande gebouwen onderdelen van muren camoufleren of accentueren, om een betere aansluiting bij de rest van het gebouw of de omgeving te verkrijgen.

Isolatie waarde

De luchtlaag tussen de planten isoleert de wand tegen kou en warmte, wat een besparing oplevert in de kosten voor verwarming en airconditioning. De bladeren remmen de windsnelheid langs de wand, waardoor de dagelijkse temperatuurwisselingen verminderen. Een groot koelend effect in de zomer wordt veroorzaakt doordat planten de zonnestraling gebruiken voor verdamping en fotosynthese. De planten kaatsen ook nog een deel van de zonnestraling terug, voordat deze de muur bereikt. Uit metingen van



Voorhout, bedrijfsgebouw met o.a. Wisteria. Foto: Hoek hoveniers

Köhler blijkt dat hierdoor op zonnige dagen de gevel meer dan 7°C koeler blijft. Het koelende effect is het grootst op oost- en westgevels, iets minder op zuidgevels en nog wat minder op noordgevels.^[21] Bij bladverliezende planten kan de zon een zuidmuur in de winter wel bereiken. Daardoor is beplanting van nature een variabele vorm van zonwering.^[22] Naar de isolatiewaarde van gevelbegroeiing wordt op dit moment onder meer aan de TU Delft onderzoek gedaan.

kunnen uitoefenen. Zelfhechtende klimplanten laten, nadat ze weggehaald zijn, restanten van hun wortels op de muur achter, die lastig te verwijderen zijn. Klimplanten kunnen voor ramen, deuren, reclame- en naambordjes groeien. Regelmatig onderhoud en een goede plantkeuze kunnen dit voorkomen.

Door de aanwezigheid van begroeiing en eventuele klimsteunen is de wand erachter lastig te bereiken voor periodiek onderhoud, zoals schilderen. De wand moet dus liefst van onderhoudsarm materiaal gemaakt zijn. Maar doordat de beplanting vuil en roet opvangt, slaat dit niet neer op de gevel. Hierdoor wordt bespaard op gevelonderhoud: er is bijvoorbeeld minder vaak een schilderbeurt nodig. Gevelpanelen zijn indien nodig wel tijdelijk te verwijderen. Zij geven geen overlast van plantengroei in de gevel zelf. Wel kan het gewicht van de beplanting bij slecht onderhoud de draagkracht van de muurankers overschrijden. De achterzijde van het begroeide paneel is een groot deel van de tijd nat. Als de gevel daar niet tegen bestand is, moet een extra waterdichte laag worden aangebracht.

Beter binnenklimaat

Groene muren kunnen ook binnenshuis worden toegepast. Dan verbeteren ze het binnenklimaat en hebben een positief effect op het welbevinden van bewoners en bezoekers.

Geluidsisolatie

Groene gevels houden 2,5-3 decibel geluid van buiten tegen, doordat het geluid uitdooft tussen de bladeren.^[28]

Kosten en baten

Meer groen in de omgeving, ook gevelgroen, doet huizenprijzen stijgen, en creëert een aantrekkelijke vestigingsplaats voor bedrijven. Maar groene gevelpanelen zijn niet goedkoop. Planten die los van de grond aan de wand groeien hebben een watergeefstelsel nodig, en frequent onderhoud. Deze kosten worden slechts deels door de wand zelf gecompenseerd, bijvoorbeeld door de besparing op de kosten van verwarming en airconditioning. Klimplanten die wortelen in de grond zijn minder duur.

Effecten op de muur

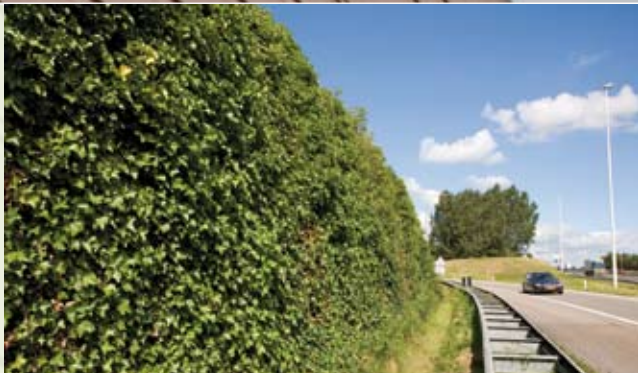
Bepanting beschermt de muur tegen de uv-straling van de zon en tegen regen. Een begroeide muur blijft droger. Daardoor gaan de materialen van de muur langer mee. Ook ontmoedigt muurbegroeiing het spuiten van graffiti.

Zelfhechtende klimplanten houden zich vast met behulp van hechtwortels of hechtranken. Deze dringen echter niet de muur in; ze moeten het hebben van kleefstoffen of hun zeer grote hechtoppervlak. Veel klimplanten hebben wel de neiging om met hun scheuten in spleten, onder dakgoten en om regenpijpen te groeien, waardoor deze beschadigd kunnen raken. Ook zijn niet alle muurankers berekend op de krachten die planten op de constructie



Wat doen groene gevels voor het leefklimaat in de stad?

- Verlagen de zomertemperatuur.
- Verbeteren de luchtkwaliteit.
- Dempen geluid.
- Verhogen het welzijn door het uitzicht op groen.
- Dragen bij aan een efficiënter ruimtegebruik.
- Bieden planten en dieren voedsel en leefruimte.



Inbraak en vandalisme

Sommige klimsteunen voor planten kunnen gebruikt worden door inbrekers om bij bovenverdiepingen te komen, waar vaak minder degelijk hang- en sluitwerk aanwezig is. Ook kinderen kunnen erop proberen te klimmen. Wanneer risico hierop bestaat, kan het best gekozen worden voor een klimsteun van verticaal opgespannen draden, waarop een niet sterk verhoutende klimplant wordt gezet, bijvoorbeeld *Celastrus*, *Clematis* of *Humulus*. Ook gevelpanelen zonder metalen raster aan de voorkant kunnen gebruikt worden. Op plaatsen waar veel vandalisme voorkomt is het goed om de voet van jonge klimplanten te beschermen met gaas. Ook kan een muur op de begane grond begroeid worden door hangplanten vanaf een hogere verdieping. Van beschadiging van hangende twijgen kunnen planten zich beter herstellen dan van beschadiging van de hoofdstam.

Brandrisico

Omdat klimplanten behoorlijk breed kunnen uitgroeien, zijn een aantal voorzorgsmaatregelen tegen brand aan te raden. Levende klimplanten zijn niet erg brandbaar, wel moet bij onderhoudsbeurten dood hout verwijderd worden. Zorg dat er geveldelen tussen verschillende planten onbegroeid en open blijven; laat de planten bijvoorbeeld niet om de hoek van een gebouw heen groeien. Gevelpanelen zijn vrijwel permanent nat, en leveren daarom een laag brandrisico op.

Wat doen groene gevels voor het leefklimaat in de stad?

Lagere temperaturen

Groene wanden dragen bij aan de bestrijding van het zogenoemde urban heat island effect, door hun verdamping en fotosynthese.^[23] Het grootste effect van gevelgroen zal waarschijnlijk 's nachts te merken zijn. Door de beplanting loopt de temperatuur van gevels overdag minder op, waardoor ze 's nachts minder warmte zullen uitstralen, en de stad beter af kan koelen. Groene gevels hebben een kleiner koelend effect op de totale stadstemperatuur dan groene daken, maar hebben wel lokaal een groot effect op de piektemperaturen tussen hoge gebouwen.^[24]

Verbeterde luchtkwaliteit

De bladeren van groene wanden absorberen CO₂ en luchtvervuiling, waaronder fijnstof.^[25, 26] Zware metalen die door het verkeer in de lucht worden gebracht, slaan neer op de bladeren, en komen via regen of afvallend blad op de grond terecht. Andere vormen van beplanting vangen ook fijnstof weg, maar het voordeel van een wand is dat de wind vrij spel houdt, waardoor vuile lucht niet blijft hangen in een straat. Tussen hoge gebouwen door waait vaak veel wind, waardoor gevelbegroeiing op deze plaatsen extra veel effect heeft. Er strijkt immers veel lucht langs de bladeren.

Geluidsdemping

Begroeide muren absorberen 2,5-3 decibel van het straatgeluid. Ook voorkomen groene gevels dat geluid weerkaatst tussen hoge gebouwen. Een voordeel van groene wanden is, dat ze over een grote reeks aan frequenties een dempend effect hebben.^[27]

Welzijn

Uitzicht op groen is goed voor de gezondheid en het welbevinden van mensen. Waar geen ruimte is voor het aanleggen van een tuin of park, kan een groene gevel een goed alternatief zijn.

Meervoudig ruimtegebruik

Meer groen in een stad heeft allerlei milieuvoordelen. Door muren te laten begroeien komt er meer groen, zonder dat er beslag wordt gelegd op het schaarse grondoppervlak.



34

Planten, dieren en ecologie

Een begroeiende muur biedt schuil- en nestgelegenheid en voedsel aan vogels en insecten. Sommige planten hebben naast ecologische voordelen ook nadelen. In het najaar kan overlast ontstaan door vallend blad of vallende vruchten. Het opruimen brengt extra werk met zich mee. De meeste groenegevelplanten staan niet bekend als allergene, alleen bloeiende grassen zouden dat nadeel eventueel kunnen hebben. Bloemen en vruchten kunnen ook ongewenste dieren (wespen, spinnen) aantrekken. Dit effect blijkt echter in de praktijk minder sterk dan mensen vrezen. In een enquête naar effecten van groene wanden noemde 36% van de ondervraagden ongewenste insecten als probleem. Dit waren echter de mensen die zelf geen groene gevel hadden. Van groene gevelbezitters noemde slechts 18% insecten als nadeel.^[28]

Merelnest



Manieren om gevels te begroenen:

- Klassieke klimmers: zelfhechters, slingeraars en rankplanten
- Muurplanten
- Plantenbakken
- Gevelpanelen

Wisteria (Blauwe regen) op woonhuis

Manieren om gevels te begroenen

Om een gevel te begroenen zijn verschillende methoden beschikbaar. In hoofdstuk 1 is al een overzicht gegeven van de aanzienlijke verschillen die er tussen de methoden bestaan, bijvoorbeeld in prijs en tijd tot het eindbeeld bereikt wordt. Het is daarom interessant om de verschillende methoden eens nader te bekijken.

Klassieke klimmers

De onderhoudsvriendelijkste, en daarmee goedkoopste methode om een gevel te begroenen, is door er vanaf de voet van de gevel een klimplant tegenaan te laten groeien. Afhankelijk van de klimmethode van de plant, moet er al dan niet een klimsteun aan de muur worden bevestigd. Sommige klimplanten kunnen wel 20-25 m hoog klimmen, maar het duurt een flink aantal jaren voor de plant dit bereikt. Hieronder worden enkele soorten genoemd die geschikt zijn om een groot gebouw te begroenen (bijvoorbeeld de kopse gevel van een galerijflat). Er zijn nog veel meer klimplanten, maar de hier genoemde soorten functioneren goed als gevelbegroeiing en vergen niet erg veel onderhoud.



Aristolochia op klimsteun

Zelfhechters

- Hedera helix (klimop). Zet zich met hechtwortels vast aan de muur, en heeft daarom geen klimsteun nodig. Hedera is wintergroen en groeit in een hoek van 45° tegen de wand omhoog. Zonder bijsturing wordt de plant daarom op den duur even breed als hoog.
- Parthenocissus tricuspicata (wingerd). Ook een zelfklimmende plant die zich met hechtrankjes vastzet en geen klimsteun nodig heeft. Vlamme rode herfstkleur. Mag op oost-, zuid- of westmuur.

Slingeraars en rankplanten

Dit type klimplanten slingert de stengels of rankjes om een klimsteun heen. De klimsteun kan bestaan uit verticaal opgespannen draden of een klimrek voor een muur. Bij groot onderhoud kan de plant eventueel in zijn geheel verwijderd worden, door de klimsteun los te maken. Dit type planten laat zich goed sturen in de groei, bijvoorbeeld alleen in enkele verticale banen op de gevel.

- Ampelopsis (wingerd). Deze soort heeft rankjes die niet hechten aan een gevel, maar wel aan een klimsteun. Mooie herfstkleur. Groeit vrij breed uit.
- Aristolochia (pijpbloem). Slingerplant met dicht, 's zomers donkergroen blad, tot 10 m hoog.
- Celastrus orbiculatus (boomwurger). Slank opgaande slingerplant met vrij open loof, okergele herfstkleur en soms ook oranje vruchtjes. Tot circa 14 m hoog.
- Humulus lupulus (hop). Slanke slingerplant tot 8 m hoog. Komt elk voorjaar vanuit de grond weer omhoog geklommen. Gewasresten liefst elke winter volledig verwijderen wegens brandrisico.
- Wisteria (blauwe regen). Hoge sierwaarde, zeer krachtig groeiende plant, alleen voor extra stevige klimsteunen.
- Vitis (druif). De eetbare druif heeft ook wilde verwanten die goed op klimrekken groeien, tot circa 10 m hoog.

Muurplanten

Planten die van nature op muren groeien (vooral op oude muren van natuursteen) worden gewoonlijk niet ingezet om bewust gebouwen mee te begroenen. Ze wortelen in de voegen en spleten van de steen, en krijgen hun water alleen van de neerslag die over en tussen de stenen loopt. Veel van deze planten groeien vooral in de schaduw of bij het water, bijvoorbeeld op kademuren, om zo min mogelijk last van droogte te hebben. Dit type planten is over het algemeen niet geschikt om grote oppervlakken te begroenen, aangezien ze zelden vlakdekkend uitgroeien. Ze kunnen wel in plantenmengsels voor gevelpanelen worden gebruikt. Een groep muurplanten die wel vlak uitgroeit, zijn de mossen, zie bij "Gevelpanelen".

Plantenbakken

Een andere methode om gevels te begroenen is met plantenbakken. Hierin kan bijvoorbeeld een klimsteun met klimplanten worden gezet, waarna de klimplanten een deel van de gevel begroeien. Ook kunnen hangende planten worden gebruikt. Het gaat hierbij niet om de traditionele kleine plantenbakken aan de balustrade, maar om in het gebouw geïntegreerde constructies. In nieuwbouw worden

bijvoorbeeld grote plantenbakken langs de rand van elke verdieping ingebouwd. Deze bakken dienen tevens als borstwering en vervangen een balustrade. Of het klimrek van de planten dient tevens als valbeveiliging in de raamopeningen van een parkeergarage.

Ook bij renovatie kan een constructie met plantenbakken worden gebruikt, alleen wordt daarbij vaak voor een lichtere bakconstructie gekozen. De planten groeien bij deze methode al dan niet met klimsteunen vlak tegen de gevel aan. Bij een andere methode vormen de planten in plantenbakken een groen gordijn, dat een stuk voor de gevel hangt. In de ruimte tussen het gebouw en het groene gordijn worden soms looproosters aangebracht, waardoor iemand tussen gevel en beplanting door kan lopen voor het uitvoeren van onderhoud.

Bij plantenbakken hoeven de planten niet altijd aan de bovenzijde ingeplant te zijn. Er zijn ook constructies waarbij de planten in gaten aan de voorzijde van de bak groeien. Dit lijkt op een groen gevelpaneel, alleen groeien de planten niet in een platte plaat, maar in een horizontale balk van steenwol.

Het voordeel van plantenbakken is, dat ook met klimplanten in een korte tijd de hele gevel begroeid kan zijn. Wanneer de planten vanaf de grond eerst omhoog moeten groeien, kan dit meer dan 10 jaar duren. Er zijn verschillende leveranciers die de bakken met klimrek kant-en-klaar begroeid aanleveren, waardoor de gevel meteen groen is.

Plantenbakken worden net als gevelpanelen voorzien van een watergeefstelsel. Omdat de planten in grote bakken over een aanzienlijk volume aan substraat beschikken, zijn ze iets minder kwetsbaar dan planten op gevelpanelen. Ze hebben steeds een basishoeveelheid water en voedingsstoffen bij zich. Als een druppelslang verstopt is, of als er wegens vorst geen water kan worden gegeven, kunnen de planten het toch een poosje uitzingen. Ook kan ervoor gekozen worden om langwerkende meststoffen rechtstreeks aan de plantenbak toe te voegen, in plaats van mee te geven met het gietwater. Er kan dan met een eenvoudiger watergeefstelsel worden volstaan.





Op dit moment wordt in plantenbakken veel gewerkt met Hedera (klimop), die dan niet als zelfklimmer wordt gebruikt, maar in het klimrek wordt ingevlochten, of hangend wordt verwerkt. Hedera heeft het grote voordeel dat de plant wintergroen is. Klimop geeft een rustig beeld, laat weinig blad vallen en is in allerlei bladkleuren en -vormen verkrijgbaar.

Voor klimrekken zouden ook de wat kleinere, robuuste slinger- en rankplanten in aanmerking kunnen komen. Ter afwisseling kan bijvoorbeeld gedacht worden aan Actinidia (sierkiwi), Akebia (schijn-augurk) en Periploca (melkwingerd), die echter wel allemaal blad-verliezend zijn. Voor het gebruik als hangplant in bakken is behalve Hedera bijvoorbeeld ook Jasminum nudiflorum (winterjasmijn) geschikt. De grootschalige toepassing van plantenbakken op gebouwen is nog sterk in ontwikkeling. Waarschijnlijk zullen in de komende jaren nog wel meer planten voor deze toepassing geschikt blijken.

Let bij het beplanten van plantenbakken goed op de gezondheid van het uitgangsmateriaal. Een plaag als de larve van de taxuskever kan hardnekkige problemen veroorzaken als deze met de planten wordt geïntroduceerd.

Gevelpanelen

Bij de nieuwste methode van gevelbegroeiing zijn de planten volledig onafhankelijk van de grond. In navolging van de Franse pionier Patrick Blanc worden matten of gevelmodules met een substraat aan de gevel bevestigd, waarin allerlei planten groeien. Soms staan de planten in een substraat dat op potgrond of daktuinsubstraat lijkt, maar het substraat kan ook volledig bestaan uit steenwol of kunststofmatten. De systemen hebben gemeen, dat ze altijd voorzien zijn van een watergeefstelsel, en meestal worden met het water ook de voedingsstoffen naar de planten gebracht (fertigatie). Alleen mospanelen hebben geen watergeefstelsel nodig. Een nadeel van het watergeefstelsel is de onmisbaarheid ervan. Tijdens vorstperiodes moet het meestal worden uitgeschakeld, omdat het dan niet werkt en om schade aan de slangen te voorkomen. Vooral wintergroene planten lopen dan het risico van verdroging. Voor dit type gevelbegroeiing kan een enorm scala aan planten worden gebruikt.



De gevelsystemen zijn nog volop in ontwikkeling, maar op dit moment zijn onder meer de volgende systemen al verkrijgbaar.

- Een groeiplaat of viltmat met watervasthoudend vermogen, bespannen met een doek van geotextiel. In het doek zitten sleuven, waardoor zakken ontstaan. In de zakken worden plantjes met kluit gezet. Het gietwater stroomt door de groeiplaat naar de planten toe.
- Verticaal opgehangen plastic of aluminium platen met plantenbakjes die enigszins achterover hellen en een opening aan de voorzijde hebben. In de bakjes staan plantjes met potgrond. Door de hellingshoek van de bakjes vallen de plantjes er niet uit. Het onderste deel van elk bakje dient als waterbuffer. Wordt er meer water gegeven, dan stroomt het door kanaaltjes naar de lagergelegen bakjes. Verschillende platen kunnen aan elkaar gekoppeld worden. Dit systeem is vooral geschikt voor kleine planten, bijvoorbeeld van perkgoed. De plantjes kunnen behoorlijk dicht tegen elkaar aan gezet worden. Bij dit systeem is het gemakkelijk om platen te verwisselen, en de begroeiing steeds aan te passen. Losse plantjes kunnen eenvoudig worden vervangen. De plantjes hechten niet aan de gevelplaat, maar staan er los in.
- Kunststof gevelmodules, die het buitenspouwblad van de gevel vervangen en de gevel waterdicht afwerken. De open cassettes



van de modules zijn gevuld met daktuinsubstraat, en kunnen met een breed sortiment beplant worden. Dit systeem is voor duurzame begroeiing ingericht.

- Steenwolplaten of platen van watervasthoudend kunststofschuim. Deze platen worden op meerdere manieren toegepast. De platen worden in een aluminium lijst gestopt, eventueel met een raster ervoor zodat de plaat goed rechtop blijft. Ook is het mogelijk de hele plaat in textiel in te pakken zodat hij niet meer zichtbaar is. Met bevestigingen aan de achterzijde worden de platen aan muurankers opgehangen. In de steenwol of het schuim zijn op regelmatige afstanden gaten gemaakt, met daarin kleine plantjes. Het is de bedoeling dat deze in het medium wortelen, en daarmee aan de wand hechten. De platen worden vaak platliggend voorgeweekt, en later rechtop gezet. Dit systeem is vooral in gebruik voor beplantingen die langere tijd aan de gevel blijven hangen. Het vervangen van beplanting gaat per paneel tegelijk, al is het wel mogelijk om ontstane gaten op te vullen met kleine plantjes.
- De extensieve Sedummatten die voor groene daken gekweekt worden, kunnen ook rechtop worden verwerkt. Ze moeten dan eerst vastwortelen op een watervasthoudende mat, die in een lijst bevestigd is. Daarna kan het paneel rechtop aan de gevel worden bevestigd.
- Een nieuwe lichtgewicht toepassing zijn dunne panelen die begroeid zijn met mossen. Aangezien deze panelen weinig wegen en geen watergeefstelsysteem nodig hebben, kunnen ze in allerlei vormen gesneden worden en als kunstwerk aan gebouwen worden bevestigd. Mos vangt fijnstof weg, om die reden kunnen de dunne platen op geluidsschermen of de zijwanden van open tunnelbakken worden gemonteerd.
- Naast systemen om aan bestaande gevels te bevestigen zijn er andere, die bedoeld zijn om vrijstaande, begroeide wanden te creëren. Deze worden bijvoorbeeld als geluidsscherm ingezet maar zijn ook geschikt als voorzetwand voor gevels met een hoogte tot circa 4 m.

De technische ontwikkelingen gaan hard op dit moment, dus er zullen ongetwijfeld nog nieuwe systemen bij komen. Om te beoordelen

welk gevelpaneelsysteem en welke beplanting het meest geschikt is om toe te passen, zijn een aantal eigenschappen belangrijk.

Geveleigenschappen:

- oriëntatie (zuidgevel, noordgevel)
- draagkracht
- vochtgevoeligheid gevelbekleding
- windturbulentie

Beplanting:

- gewenste laagdikte
- meerjarig of wisselend per seizoen
- wintergroen of bladverliezend
- aangepast aan droge of natte paneel delen

Watergeefstelsysteem

- kraanwater of regenwater
- bemesting
- recirculatie
- vochtverdeling na water geven
- water geven op vaste tijden of met vochtsensor
- lopen slangen automatisch leeg na gietbeurt?

Gevelpanelen:

- bereikbaarheid wand
- sierwaarde gedurende het jaar
- benodigd onderhoud
- procedure bij paneel vervanging

Geschikte plantensoorten

Voor gevelbegroeiing op hangende panelen zijn veel planten geschikt. Voorwaarde is dat de planten niet topzwaar worden. Iets te grote planten kunnen door snoei dicht tegen de wand gehouden worden, maar dat vergt wel regelmatig onderhoud. Allerlei eenjarige, vaste planten, waaronder varens en grassen en zelfs heestertjes kunnen gebruikt worden. Een groene wand is goed gedraineerd maar steeds voldoende vochtig, waardoor zeer veel planten er goed op groeien. Het gewenste eindbeeld is meestal dat het gevelpaneel volledig door blad bedekt wordt. Daarom zijn vooral de goede bodembedekkers onder de vaste planten zeer geschikt.

De hier genoemde vaste planten lijken op basis van hun groeiwijze bruikbaar. Deels zijn ze ook al uitgetest op wanden, maar ongetwijfeld kan deze lijst in de toekomst nog verder worden uitgebreid. In het algemeen geldt dat vaste planten sneller de beschikbare ruimte vol groeien dan heesters. Maar onder de heesters en halfheesters zijn veel meer wintergroene soorten te vinden. Eenjarige soorten worden in de tabellen niet genoemd. Omdat zij per definitie maar kort op een wand aanwezig zijn en vaak gewisseld worden, zijn alle eenjarige soorten die niet te groot worden geschikt. Van enkele soorten eenjarig perkgoed is bekend dat ze veel NO² opnemen uit de lucht, namelijk siertabak, vlijtig liesje, Petunia en Cosmos.^[29] Bij vaste planten en heesters wordt meestal gestreefd naar een wand die zonder wisseling van planten voor een zo groot mogelijk deel van het jaar aantrekkelijk is. Er moet dan vooral een mooi geheel van bladkleuren en -vormen worden gemaakt. De bloei van de planten is een leuk extraatje, maar duurt bij veel soorten maar ongeveer een maand. Hoe de plant er de andere 11 maanden van het jaar uitziet is daarom ook belangrijk.

Vaste planten voor een zonwand

- *Ajuga reptans* - klein donkergroen blad, paarse bloemetjes
- *Alchemilla mollis* - groot zachtbehaard lichtgroen blad
- *Armeria* - grasachtig blad, paars bloemhoofdje
- *Artemisia* - grijs-wit behaard blad
- *Ceratostigma plumbaginoides* - roodbruin blad, blauwe bloem
- *Festuca glauca* - gras
- *Geranium* - ingesneden blad, rijke bloei, roze, paars, wit
- *Helianthemum* - rijke bloei, geel, rood, roze, wit, blad wintergroen
- *Hemerocallis* (botanische soorten) - grasachtig blad, grote bloem, geel of geel/rood
- *Koeleria* - gras
- *Liriope* - grasachtig blad, paarse bloeiaartjes
- *Nepeta* - klein grijsgroen blad, paarse bloemetjes
- *Ophiopogon planiscapus 'Niger'* - zwart-purper grasachtig blad
- *Origanum* - klein blad, paarse bloemetjes
- *Pennisetum alopecuroides* - gras

- *Phlox stolonifera* - heel klein blad, paarse of roze bloemetjes
- *Prunella* - donkergroen blad, paarse bloemetjes
- *Sedum* - vetplant, wintergroen, voor extensieve wanden
- *Stachys byzantina* - grijs-wit sterk behaard blad, roze bloem

Vaste planten voor een schaduwwand

- *Adiantum capillus-veneris* - varen
- *Asarum* - donkergroen leerachtig blad,
- *Astilbe chinensis var. pumila* - fijn ingesneden blad, roze bloeiaar
- *Bergenia* - groot leerachtig wintergroen blad, roze bloem
- *Blechnum spicant* - varen
- *Convallaria* - gaafrandig blad, geurende witte bloemetjes
- *Epimedium* - brons jong blad, bloem geel of roze, deels wintergroen
- *Heuchera* - purper of brons blad met tekening, roze ijle bloempjes
- *Hosta* - groot blad, groen, blauwgroen of met gele of witte tekening, bloemen paars of wit
- *Lamium* - blad met zilveren vlekken, bloem geel, paars of wit
- *Omphalodes* - blauwe bloemetjes als vergeet-me-niet
- *Pachysandra* - wintergroen leerachtig blad, witte bloem
- *Pulmonaria* - groot blad met witte



Origanum



Pachysandra



Pennisetum alopecuroides



Sedum

- vlekken, bloem paars/roze
- *Tiarella* - groot zachtbehaard blad, ijle groenwitte bloem pluim

Heesters voor een zonwand

- *Berberis* - wintergroen, klein blad
- *Buxus* - wintergroen, klein leerachtig blad
- *Cotoneaster* - wintergroen, klein leerachtig blad, rode bes
- *Erica* - heide, wintergroen, bloem paars/roze/wit
- *Hebe* - heel klein (wintergroen) blad, bloemetjes roze/wit
- *Hypericum calycinum* - middelgroot blad, grote gele bloem
- *Lavandula* - wintergroen, grijsgroen blad, paarse bloem
- *Mahonia repens* - wintergroen stekelig blad, gele bloemetjes
- *Pieris* - wintergroen klein blad, rode knop, witte bloem
- *Rosa* (kruipend) - bloei in allerlei kleuren
- *Spiraea* - klein blad, witte of roze bloemtrossen

Heesters voor een schaduwwand

- *Daphne* - wintergroen klein blad, roze geurende bloem
- *Euonymus fortunei* - vrij klein wintergroen blad, groen of met witte/gele vlekken
- *Gaultheria procumbens* - wintergroen klein blad, witte bloem, rode/roze bes
- *Vinca* - wintergroen vrij klein blad, paarse bloem



Berberis



Hypericum



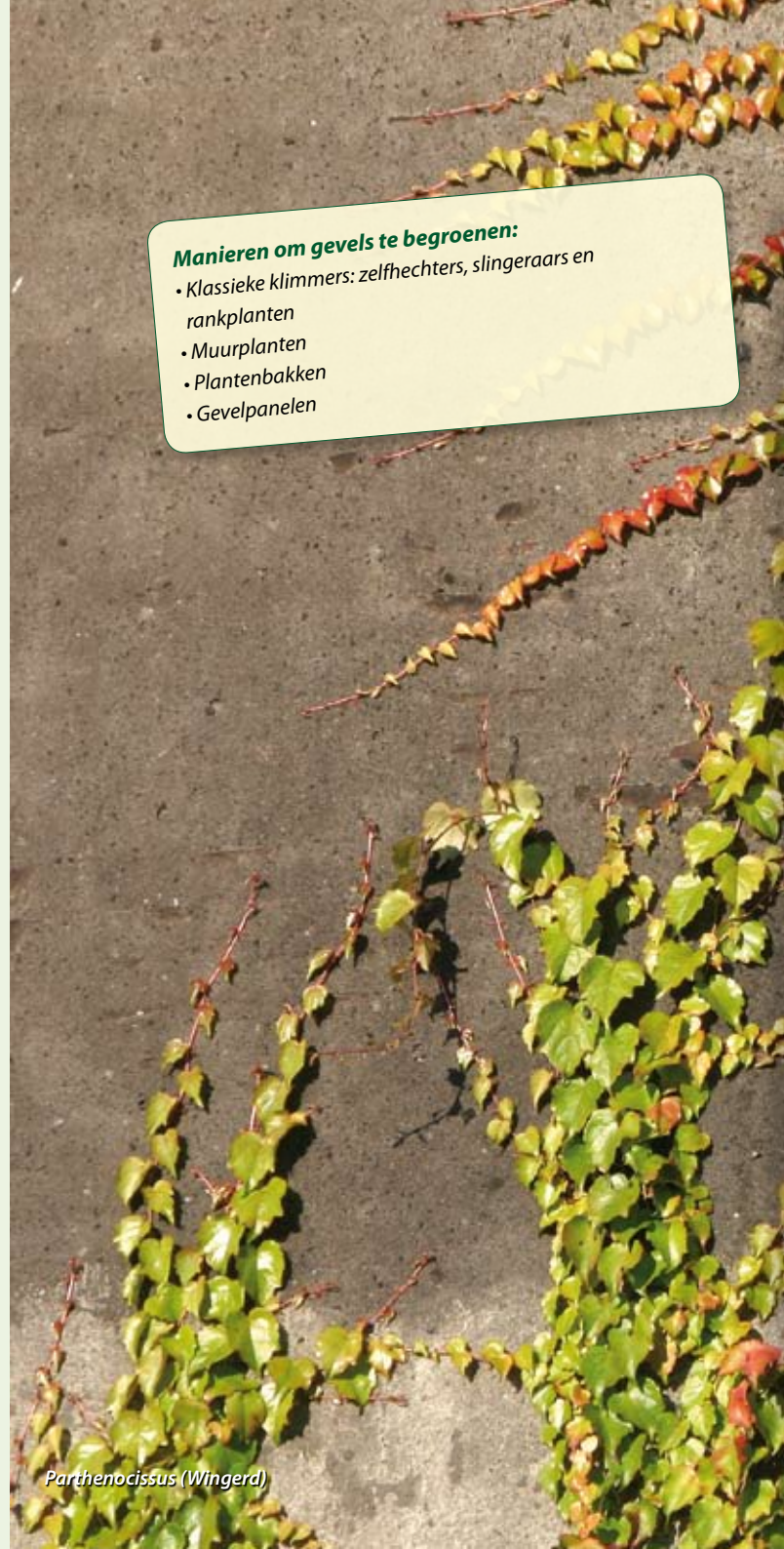
Rosa



Vinca

Manieren om gevels te begroenen:

- Klassieke klimmers: zelfhechters, slingeraars en rankplanten
- Muurplanten
- Plantenbakken
- Gevelpanelen



Parthenocissus (Wingerd)

Geschikte gevels

Zeer veel gevels zijn technisch geschikt om er begroeiing op aan te brengen. Maar niet elke vorm van beplanting kan op elke gevel worden toegepast. De belangrijkste criteria zijn de draagkracht van de gevel, en de aanwezigheid van kieren tussen geveldelen. Zie voor gedetailleerde informatie ook de publicatie "Gevels in 't groen".^[30]

Gevels voor zelfklimmers

Deze klimplanten hechten zich aan de gevel zelf. Muren van baksteen of beton kunnen door dit soort planten goed begroeid worden. Belangrijk is dat in de wand geen open kieren of zwakke voegen mogen zitten, vandaar dat wanden met houten bekleding of platen niet geschikt zijn. Ook is een wand die uit dakpansgewijs overlappende betonplaten bestaat – zoals sommige geluidsschermen – niet geschikt. Voor zelfhechters is het belangrijk dat de geveltemperatuur niet te hoog is. Ze hechten daarom vaak



Wisteria sinensis 'Alba' (Witte regen)

minder goed op zuidwanden. Een hele lichte kleur van de wand is ongunstig vanwege de voorkeur van de planten voor het hechten op schaduwplaatsen, maar een heel donkere wand wordt in de zon weer te heet. Verticale ribbels of andere vormen van reliëf op de wand kunnen juist gunstig werken, aangezien deze schaduw geven. In sommige betonsoorten zijn stoffen verwerkt die de hechting van planten remmen. Welke stoffen dat zijn is nog onbekend, maar het is wel duidelijk dat Hedera er gevoeliger voor is dan wingerd (*Parthenocissus tricuspidata*). Afbladderende verf of stuc geeft geen goede ondergrond voor een plant om zich te hechten. Herstel dit dus voordat de klimplanten worden aangeplant. Bepaalde soorten buitengevelisolatie – mits naadloos verwerkt – kunnen ook door zelfklimmers begroeid worden. De isolatielaag moet afgewerkt worden met een waterdichte laag of pleisterwerk. In alle gevallen dat een zelfklimmer op een suboptimale wand klimt, verdient het aanbeveling om een rasterwerk of horizontale spandraden voor de muur aan te brengen, zodat de plant ook als het houvast ontoereikend is op zijn plaats blijft. Ook voor zeer hoge en windgevoelige wanden is dit aan te raden.

Gevels voor planten met klimsteun, rank- en slingerplanten

Ook voor dit type klimplanten zijn stevige, naadloze muren van beton of baksteen het meest geschikt. Tevens kunnen sommige typen buitengevelisolatie prima als ondergrond dienen. Daarbij is de stevigheid van de isolatielaag van belang, gelet op de krachten die de muurankers uitoefenen. Ook moet het oppervlak bij voorkeur waterdicht worden afgewerkt. Als een klimplant-op-klimsteun wordt gebruikt die ook hechtwortels of hechtrankjes heeft, moet de afwerklaag ook wortelwerend zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor Hedera, Parthenocissus, Campsis en Hydrangea. Sommige klimplanten groeien steeds met hun scheuten in de richting van de schaduw, weg van de zon. Deze worden negatief fototroop genoemd. Niet alle klimplanten doen dit echter, en niet-negatief fototrope planten zullen niet in kieren binnengroeien. Daardoor kunnen deze planten ook op gevels met gesloten houten bekleding, een sandwichgevel

of een metalen gevel worden gebruikt. Het verdient wel aanbeveling om in deze gevallen voor een niet erg krachtig groeiende plant te kiezen, en tijdens onderhoudsbeurten wel te controleren op plantengroei op ongewenste plaatsen. Geschikt zijn bijvoorbeeld Actinidia (sierkiwi), Clematis cultivars, Humulus (hop) en Menispermum. Daarnaast zouden op dit soort locaties steunklimmers kunnen worden ingezet. Dat zijn planten die alleen met menselijke hulp in een klimsteun klimmen, zoals klimroos, braam of vuurdoorn. Een nadeel hiervan is, dat geen van deze planten een hele hoge gevel kan begroeien.

Gevels voor plantenbakken

In plantenbakken worden vaak klimplanten met klimsteun gezet, dus gelden dezelfde eisen aan de gevel als voor die plantencategorie. De plantenbakken dragen in dit geval grotendeels het gewicht van de grond, de planten en de klimsteun, dus speelt de draagkracht

van de gevel zelf een kleinere rol. Bovendien staan plantenbakken vaak voor openingen in de gevel. In dat geval bestaat er geen gevaar voor het ingroeien van planten in kieren. Bij een sandwichgevel is de levensduur van de niet-dragende buitengevel beperkt tot circa 20 jaar. Veel klimplanten kunnen langer meegaan. Door de planten in plantenbakken te zetten kunnen ze eventueel blijven staan terwijl de buitengevel vervangen wordt.

Gevels voor gevelpanelen

Een gevel voor een gevelpaneel moet op zijn minst een gewicht van 80 à 100 kg per m² kunnen dragen, want dat is het gewicht van lichtere gevelsystemen. Losstaande groene wandsystemen kunnen alleen loodrecht verwerkt worden, maar bij systemen die aan een bestaande gevel bevestigd worden is het geen probleem als de wand overhelt.

In gevelpanelen wordt over het algemeen gewerkt met planten die geen neiging hebben om in kieren binnen te groeien met hun scheuten. Maar er speelt een ander belangrijk punt mee: gevelpanelen zijn aan de muurzijde vrijwel voortdurend nat. En de planten kunnen eventueel wel met hun wortels in kieren binnengroeien. Ook in dit geval vormen alle typen gevels met kieren een probleem, en zijn bakstenen en betonnen muren en muren met buitengevelisolatie het meest geschikt. Als de draagkracht van een muur voldoende is, kan wel het systeem worden aangepast. Door de gevelpanelen op minimaal enige centimeters vóór de wand te monteren, en door een waterdichte laag op de achterzijde van het paneel aan te brengen, blijft de vochtigheid op de gevel beperkt, en worden de wortels tegengehouden. In deze experimentele gevallen dient echter steeds deskundig advies ingewonnen te worden. Bijzonder aan gevelpanelen is, dat ze niet alleen aan een al functionele wand kunnen worden toegevoegd. Ze kunnen bij nieuwbouw ook in de wand worden geïntegreerd, waarbij hun isolatiewaarde wordt ingecalculeerd. Gevelpanelen worden dan niet op de gevel gemonteerd, maar vormen zelf de buitengevel. Een voordeel hiervan is, dat de randen van de groene gevelplaten kunnen worden weggewerkt in de rest van de gevel, voor een strak uiterlijk.



Gevel met plantenbak, Rotterdam

Financieel

Omdat er veel verschillende gevelsystemen bestaan, is er niet een enkele richtprijs te geven.

Het aanbrengen van klimsteunen en het aanplanten van klimplanten in de grond naast het gebouw zijn over het algemeen geen dure handelingen voor respectievelijk een aannemer en een hovenier. Een metalen rasterwerk is vanaf € 50 per m² te bevestigen. De kosten voor het aanbrengen van plantenbakken hangen sterk af van de constructie, de gebruikte materialen en de bereikbaarheid. Voor het onderhoud maakt het vooral uit of er een hoogwerker nodig is, of dat de beplanting van binnenuit het gebouw verzorgd kan worden.

De meeste systemen met gevelpanelen kosten tussen de € 350 en 600 per m² in de aanleg, maar ook hier maakt het veel verschil welk systeem gekozen wordt en of er bijvoorbeeld een bemestingscomputer wordt aangesloten. Het onderhoud is bij deze systemen steeds intensief, dus ook een aanzienlijke kostenpost.

Subsidies

Op dit moment worden in meerdere steden subsidies gegeven voor het aanleggen van geveltuintjes met klimplanten, maar subsidie voor groene gevelpanelen is nog zeldzaam. Maar Amsterdam geeft bijvoorbeeld wel subsidie op groene gevels met plantenbakken of gevelpanelen, en daar is het werken met klimplanten in geveltuintjes niet toegestaan. Vooral in steden waar men subsidies verstrekt voor groendaken, merkt men dat de vraag naar financiële ondersteuning bij de aanleg van verschillende typen groene gevels toeneemt. Een steeds bijgewerkte lijst van gemeentes met relevante subsidies is te vinden op www.degroenestad.nl.

Ondernemers kunnen bij aanleg van groene gevels gebruik maken van de belastingtechnisch gunstige regelingen VAMIL en MIA. Informatie hierover is te verkrijgen op www.agentschapnl.nl.

Websites

www.ecoengineering.nl - Nieuws en achtergrondinformatie over groene daken, groene gevels en groene waterzuivering. Voor bedrijfsleven, onderwijs, onderzoek en gebruikers. Met literatuurzoekstelsel.

www.groenbovenalles.nl - De site van de dak- en gevelbegroeners van de VHG, met algemene informatie van de aanleg- en onderhoudsbedrijven. Onder meer met leverancierslijst en foto's van voltooide dak-groenprojecten.

www.gevelbegroeiing.nl - Als studentenproject gebouwde site over allerlei aspecten van gevelbegroeiing. Wel informatief, maar niet up-to-date.

www.vhg.org - Branchevereniging VHG, onder meer van de dak- en gevelbegroeners.

www.groenkeur.nl - Stichting Groenkeur, met lijst van door hen gecertificeerde bedrijven voor dak- en gevelbegroening.

www.sbr.nl - SBR, kennisplatform voor de bouw. Informatie o.a. over de technische kanten van groene daken en groene gevels.

www.degroenestad.nl - Over de toepassing van groen in de stad. Onder meer met een actuele lijst van Nederlandse gemeenten die een subsidie op groene daken en/of groene gevels verstrekken. Site van PPH, Groenforum, VHG, Entente Florale en Stadswerk.

www.groenendestad.nl - Over de toepassing van groen in de stad. Site van ministeries en lokale overheden.

www.agentschapnl.nl - Agentschap NL (voorheen SenterNovem) geeft onder meer informatie over overheidssubsidies, bijvoorbeeld over de VAMIL en MIA regeling voor milieu-investeringen.

www.igra-world.com - Site van de International Green Roof Association, een internationaal netwerk voor de promotie van groene daken. Richt zich vooral op beleidsmakers.

www.greenroofs.org - Internationale site van "Green roofs for healthy cities", een organisatie die ijvert voor onderzoek naar de voordelen van groene daken.

www.greenroofs.com - Internationale site van dakbegroeningsbedrijven.

Europa's grootste groene gevel is als een bos in de stad



Het Architectenburo Kühne & Co omhulde een betonnen parkeerkolos uit de jaren '70 in hartje Rotterdam met een groene schil van Hedera. De groene gevel van 5.000 m² is de grootste van Europa en filtert evenveel fijnstof uit de lucht als een bos van 200 bomen.



Over drie jaar moet het beton van parkeergarage Westblaak volledig bedekt zijn met klimop. „Op de gevel is met kolommen en liggers een geabstraheerde boomstructuur aangebracht”, vertelt architect Bas de Vries van Kühne & Co. Het grafische ontwerp is een verwijzing naar de luchtzuiverende capaciteiten van het groen. „Als het om fijnstoffiltering gaat, plaats je met 5.000 m² gevelbegroening in een keer een bos van 200 bomen terug in de stad.”

En dat is niet het enige voordeel dat een groene gevel biedt. „Een garage heeft het imago van vervuiler. Maar met een groene schil erom heen zijn er ook positieve effecten.” Het autolawaai vermindert, de biodiversiteit in de stad neemt toe en bovendien ziet de plek er fraaier uit.

Korfsysteem

Omdat bestaande groene gevelconstructies financieel niet uitvoerbaar bleken, ontwikkelden Kühne & Co en een aantal uitvoerende partijen gezamenlijk een lichtgewicht korfsysteem met de naam

GreenFace. De groene gevel van parkeergarage Westblaak is opgebouwd uit modules bestaande uit schanskorven van een verdieping (2,70 m) hoog met onderin een bak met substraat en een beplanting van Hedera en Pyracantha. De modules worden met 1 cm tussenruimte aan de gevel gemonteerd. Elke plantenbak is voorzien van een computergestuurd irrigatiesysteem. Eventuele verstoppingen of lekkages zijn middels dit monitoringsysteem op te sporen. Voor de bewatering van de planten wordt het regenwater gebruikt dat op de parkeergarage valt (circa 1.800 m³ per jaar). Na filtering wordt dit water opgeslagen in waterreservoirs onder de garage. Op die manier wordt nog een extra bijdrage geleverd aan de ontlasting van het riool.

Voor een stad die geregeld te maken heeft met wateroverlast als gevolg van heftige hoosbuien, is waterretentie van groot belang. Rotterdam steunt mede daarom de aanleg van het GreenPark-project met een financiële bijdrage. De gemeente bekijkt of het mogelijk is een groene gevelsubsidie in het leven te roepen in navolging van de groene dakensubsidie die Rotterdam op dit moment al biedt.

Feiten en cijfers:

Locatie: Parkeergarage Westblaak, behorende bij het Westblaakgebouw, Hartmansstraat 35, Rotterdam.

Opdrachtgever: West-Star Management BV.

Uitvoeringsperiode: Start bouw eind mei 2010, oplevering begin september 2010.

Uitvoerende partijen: Architectenburo Kühne&Co, Rotterdam (ontwerp); Firmus Products, Tilburg (korven); Nophadrain, Kerkrade (substraat, bakken en beplanting); Mastop Totaaltechniek, Boskoop (irrigatiesysteem); Verhoeve Groen, Dordrecht (montage en aanleg); Greenface

Oppervlakte groene gevel: 5.000 m², 462 plantenbakken met een beplanting van Hedera. Aan de voet van de parkeergarage is in de bakken Pyracantha (vuurdoorn) geplant om eventuele vandalen ervan te weerhouden via de korfstructuur de garage in te klimmen.

Onderhoud: De beplanting krijgt twee keer per jaar een snoeibeurt.

Kosten: Het GreenFace systeem kost grofweg € 200 per m² (voor ontwerp, uitvoering en inclusief een onderhoudsperiode van 3 jaar).

Groene gevels compenseren verdwenen groen

46



Voor de bouw van een nieuwe, overdekte markthal aan de Rotterdamse Blaak moesten elf linden wijken. Dit tot verdriet van bewoners aan het nabijgelegen Stokviswater. Ze namen het initiatief om het verdwenen groen te compenseren door twee gevels van hun appartementencomplex te vergroenen.



De verticale tuinen op de gevels van twee flats in het centrum van Rotterdam bieden een uniek aanzicht: klimopsoorten, wingerd, bosrank, jasmijn en vuurdoorn vormen afwisselende kleurfacetten die in lagen met een verschillende diepte zijn aangebracht. „De bewoners wilden graag een kleurrijke en bloeiende beplanting”, legt Arjan Zoontjens van Building Green International (BGI) uit. Het idee om een derde dimensie in het groenontwerp te verwerken, komt van architectenbureau Pasel-Künzel. Een eerder gemaakt ontwerp werd door de

Rotterdamse welstandscommissie afgekeurd, vertelt Zoontjens. „De aanleg van de groene gevels liep daardoor wat vertraging op. Het ontwerp met de diepteverschillen sprak de welstandscommissie wel aan. In totaal duurde het anderhalf jaar voordat alle vergunningen, bouwtekeningen, en dergelijke rond waren, en daadwerkelijk kon worden begonnen.”

Staal en aluminium

De constructie waarmee het groen aan de gevels is bevestigd, bestaat uit een stalen frame van verzinkt staal op 50 cm afstand van de muur. Aan het frame hangen aluminium bakken die van binnen bekleed zijn met isolatiemateriaal. „Het beschermt de plantenwortels tegen extreme hitte in de zomer en vrieskou in de winter.” De bakken zijn gevuld met een zelfontwikkeld waterbufferend sub-

straat en planten die twee jaar zijn voorgekweekt. De sensoren van een irrigatiesysteem dat is aangesloten op het leidingwater, bepalen automatisch de watergift. In 2006 paste BGI hetzelfde systeem met succes toe in Monaco voor de bekleding van een betonnen muur van een parkeergarage.

Zoontjens: „Voordeel van dit systeem is dat er tussen de gevel en de draagconstructie ruimte open blijft. Dit voorkomt dat de beplanting aan de gevel hecht. Bovendien blijft de wand droog, doordat de wind tussen de beplanting en de gevel kan waaien. En wat ook telt is dat dit gevelsysteem goed functioneert als luchtzuiveraar: doordat de lucht er doorheen kan, wordt meer fijnstof afgevangen.” Verbetering van de luchtkwaliteit is een van de doelstelling die Rotterdam als klimaatstad nastreeft. Bovendien past de inrichting van de gevels in de ontwikkelingsplannen van de gemeente voor het gebied: een recreatieve groene zone langs Stokviswater, Haagseveer en Delfstevaart.

Feiten en cijfers:

Locatie: Twee flats aan het Stokviswater (Sint Jacobsplaats en Sint Jacobsstraat) in Rotterdam.

Opdrachtgever: Stichting Bewonersplatform Pro Groen en de gemeente Rotterdam.

Uitvoeringsperiode: Start bouw medio mei 2010, oplevering begin juni 2010.

Uitvoerende partijen: Architectenbureau Pasel-Künzel, Rotterdam (ontwerp; Building Green International, Amerongen (aannemer). BSI Bomenservice, Baarn (aanleg en onderhoud); Mobilane (plantenleverancier).

Opp. groene gevel: 250 m² (totaalopp. van de twee kopgevels, gelegen op het westen en het oosten).

Onderhoud: Bewoners houden toezicht op steringen in het automatisch aangestuurde irrigatiesysteem en leiden de beplanting (mits bereikbaar) langs de ramen. BSI voert twee tot drie keer per jaar onderhoud uit (snoeien, bemesten, winterklaar maken van het watergeefstelsel, sensoren iken, e.d.)

Kosten: € 600 – 800 per m² voor ontwerp en uitvoering, exclusief de jaarlijkse onderhoudskosten.

Literatuurlijst

1. Connelly, M. and M. Hodgson. Sound transmission loss of green roofs. In *Greening rooftops for sustainable communities*. 2008. Baltimore.
2. Liu, K. and B. Baskaran, Thermal performance of green roofs through field evaluation. 2003, National Research Council, Institute for Research in Construction: Ottawa, Canada.
3. Porsche, U. and M. Köhler. Life cycle costs of green roofs - a comparison of germany, USA and Brazil. in *RIO 3 - World Climate & Energy Event*, 2003. Rio de Janeiro, Brazil.
4. Van Renterghem, T. and D. Botteldooren, Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, 2009. 44(5): p. 1081-1087.
5. Van Renterghem, T. and D. Botteldooren, Numerical evaluation of sound propagating over green roofs. *Journal of Sound and Vibration*, 2008. 317(3-5): p. 781-799.
6. SBR, *Daken in 't groen*, ed. N.A. Hendriks. 2007, Delft: Thieme media services. 62.
7. Visser, P. and F. van Dam, *De prijs van de plek, woonomgeving en woningprijs*. 2006, Ruimtelijk planbureau: Den Haag.
8. Trepanier, M., et al., Green roofs and living walls. *Chronica Horticulturae*, 2009. 49(2): p. 5-7.
9. Getter, K.L. and D.B. Rowe, The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience*, 2006. 41(5): p. 1276-1285.
10. Berghage, R. and e. al, Quantifying evaporation and transpirational water losses from green roofs and green roof media capacity for neutralizing acid rain. 2007, Center for green roof research, Pennsylvania State University. p. 94.
11. Feng, C., Q. Meng, and Y. Zhang, Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and Buildings*, 2010. 42(6): p. 959-965.
12. Currie, B. and B. Bass, Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosystems*, 2008. 11(4): p. 409-422.
13. Bade, T., F. Tonneijck, and B.v. Middendorp, *Groen boven alles; over daken gevelgroen als fundament onder de groene stad*. 2007, Tripleee.
14. Hiemstra, J.A., E. Schoenmaker - van der Bijl, and A.E.G. Tonneijck, *Bomen een verademing voor de stad*. 2008, PPH/VHG: Boskoop. p. 36.
15. FLL, *Dachbegrünungsrichtlinie - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen*. 2008, Bonn. 118.
16. Lösken, G., *Dakbegrøeiingsrichtlijn - Richtlijn voor ontwerp, aanleg en onderhoud van dakbegrøeiingen*. 2006, SBR: Hannover.
17. Teeuw, P.G. and C.M. Ravesloot, *Begrøeide daken in Nederland*. 1998, Delft: Delft University Press. 156.
18. Lundholm, J., et al., Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PLoS ONE*, 2010. 5(3): p. e9677.
19. Dunnett, N. and A. Nolan, The effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Horticulturae*, 2004(643): p. 305-309.
20. Kolb, W. and T. Schwarz, Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern. *Veitshöchheimer Berichte*, 1993. 1993(4): p. 28-36.
21. Kontoleon, K.J. and E.A. Eumorfopoulou, The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Building and Environment*, 2010. 45(5): p. 1287-1303.
22. Ip, K., M. Lam, and A. Miller, Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. *Building and Environment*, 2010. 45(1): p. 81-88.
23. Wong, N.H., et al., Energy simulation of vertical greenery systems. *Energy and Buildings*, 2009. 41(12): p. 1401-1408.
24. Alexandri, E. and P. Jones, Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 2008. 43(4): p. 480-493.
25. Thönnessen, M., Staubfilterung und immissionshistorische Aspekte am Beispiel Fassadenbegrünenden Wilden Weines (*Parthenocissus tricuspidata*). *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, 2006. 18(1): p. 5-12.
26. Ottelè, M., H.D.v. Bohemen, and A.L.A. Fraaij, Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls. *Ecological Engineering*, 2010. 36: p. 154-162.
27. Wong, N.H., et al., Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 2010. 45(2): p. 411-420.
28. Köhler, M., Green facades—a view back and some visions. *Urban Ecosystems*, 2008. 11(4): p. 423-436.
29. Morikawa, H., et al., More than a 600-fold variation in nitrogen dioxide assimilation among 217 plant taxa. *Plant, Cell & Environment*, 1998. 21(2): p. 180-190.
30. SBR, *Gevels in 't groen*, W. Verburg, Editor. 2008, SBR: Rotterdam. p. 66.



Inhoud

• Inleiding	1
• De stad kan meer groen gebruiken	3
• Wat doet een groendak voor het gebouw en de bewoners?	6
• Wat doen groene daken voor een stad?	9
• Een groendak realiseren	12
- Hoe wordt het dak ingericht en gebruikt?	12
- Wetten en regels voor groendaken	13
- Welke factoren zijn belangrijk bij ontwerp en aanleg?	14
- Kosten en subsidiemogelijkheden	16
• De opbouw en aanleg van een groendak	19
• <i>Praktijkvoorbeeld</i> - Onder werktijd genieten van groen	22
• <i>Praktijkvoorbeeld</i> - Openbare daktuin stelt hoge eisen aan aanleg en techniek	24
• Beplanting voor een groendak	26
• Gevelbegroeiing	31
• Manieren om gevels te begroenen	35
• Geschikte gevels	41
• Financieel	43
• Websites	43
• <i>Praktijkvoorbeeld</i> - Europa's grootste groene gevel is als een bos in de stad	44
• <i>Praktijkvoorbeeld</i> - Groene gevels compenseren verdwenen groen	46
• Literatuurlijst	48

