



ONTWERPPRINCIPES KLIMAATGROEN
Deel 1: niveau gebouw



TOEPASSING FUNCTIONEEL GROEN

LUCHT GROEN
KLIMAAT GROEN
SOCIAAL GROEN

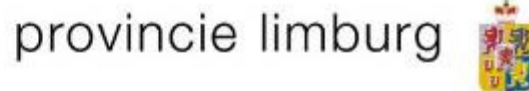
Werkgroep: klimaatgroen
Titel project: Overzicht ontwerpprincipes klimaatgroen
Productnummer: K 3.5 (deel 1, gebouwen)
Opdrachtgever: Gemeente Sittard-Geleen
Opdrachtnemer: ES-Consulting

Datum: mei 2010

Dit product is ontwikkeld als onderdeel van het interregproject "Toepassing Functioneel Groen, luchtgroen klimaatgroen sociaal groen".

Binnen dit, door Europa en Provincies gesteunde, project werken 14 Belgische en Nederlandse steden samen aan de ontwikkeling van kennis over en de toepasbaarheid van groen voor de luchtkwaliteit, de klimaatsveranderingen en stedelijke leefkwaliteit.

Financiers:



INHOUD

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 4 |
| 1. Inleiding | 4 |
| 2. Klimaatverandering | 6 |
| 3. Effecten van klimaatgroen | 8 |
| 4. Ontwerpen met klimaatgroen | 12 |
| 5. Functiebladen | 14 |
| Functie: Luchtkwaliteit 1 (algemeen) | |
| Functie: Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) | |
| Functie: Energiebesparing 1 (verwarming) | |
| Functie: Energiebesparing 2 (koeling) | |
| Functie: Waterhuishouding (opvang en afvoer) | |
| Functie: CO ₂ -huishouding | |
| Functie: Ecologie/biodiversiteit | |
| Bijlage I | 29 |
| Checklists (gereedschapskist) bij het ontwerpen | |
| Startpunt vanuit functie | |
| Startpunt vanuit gebouwonderdeel | |
| Startpunt vanuit beplantingsvorm | |
| Bijlage II | 32 |
| Terugverdienschema's maatregelen dakgroen, gevelgroen, binnenbeplanting | |
| Terugverdienberekening maatregelen: groen dak | |
| Terugverdienberekening maatregelen: groene gevel | |
| Terugverdienberekening maatregelen: groene wand | |
| Literatuurverwijzing | 39 |



ir. H. Swaagstra
ES Consulting bv
Babberich
www.es-consulting.nl

i.s.m.

ir. E. van Leeuwen
BELW advies bv
Wageningen
www.belw.nl

mei 2010

Disclaimer:

De gegevens uit deze rapportage zijn voor intern gebruik binnen de Gemeente Sittard-Geleen. Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd, opgenomen in een elektronisch gegevensbestand of openbaar gemaakt worden in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door middel van fotokopieën of opnamen of op enige andere manier, of aan derden ter hand worden gesteld zonder schriftelijke toestemming van de opstellers van deze rapportage.

SAMENVATTING

Dit rapport is onderdeel van het Interreg project 'Toepassing functioneel groen; luchtgroen, klimaatgroen, sociaal groen' (2009-2011)¹. Het project richt zich op de toepassing van functioneel groen als middel om het leefklimaat in de openbare ruimte en in bebouwde omgeving te verbeteren.

Ter ondersteuning van de ontwerpfase van een tweetal gebouwen in het plangebied Dobbelsteen in het centrum van Sittard wordt een overzicht gegeven van de ontwerpprincipes om toepassingen van groen in, op en aan gebouwen effectief te maken voor de doelstellingen waarvoor klimaatgroen ingezet wordt, namelijk het beheersbaar houden van het functionele gebruik van gebouwen bij mogelijk veranderende (extremer wordende) klimaatomstandigheden.

De algemene trend van de verwachte klimaatverandering is het extremer worden van weersomstandigheden, zoals neerslag, storm, hitte, droogte en daarmee samenhangende zaken als luchtvervuiling. Dit heeft ook zijn weerslag op de bebouwde omgeving in de vorm van verhoging van temperatuur en vermindering van comfort, verslechtering van waterhuishouding en luchtkwaliteit en verhoging van het energiegebruik.

Klimaatgroen kan mits goed toegepast lucht- en oppervlaktetemperaturen verlagen, opwarming door gevelinstraling en afkoeling door wind beperken, wateroverlast verminderen en luchtkwaliteit verbeteren. Hierdoor draagt klimaatgroen direct bij aan economische doelen, zoals besparing op energie en onderhoud en verbetering van de arbeidsproductiviteit, maar ook aan maatschappelijke doelen zoals verbeterde waterhuishouding, vermindering van het Urban Heat Island.

Op een vijftal klimaatgerelateerde thema's wordt beschreven wat groen kan betekenen voor het functioneren van een gebouw, wat hierbij de werkingsprincipes zijn, wat de daarbij behorende ontwerpprincipes zijn. Per thema wordt ook globaal ingegaan op de effectiviteit van maatregelen, welke factoren daarop van invloed zijn, en op maatschappelijke en economische aspecten. Deze thema's zijn:

Luchtkwaliteit 1 (algemeen): Beplanting langs de weg, rondom en op gebouw verbetert door zijn vermogen om stoffen uit de lucht op te nemen en luchtstromingspatronen te beïnvloeden de luchtkwaliteit rondom gebouw.

Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht): Beplanting verbetert door zijn vermogen om stoffen uit de lucht op te nemen de kwaliteit van de ingelaten ventilatielucht.

Energiebesparing 1 (verwarming): Beplanting zorgt voor verminderde afstraling door windschaduw van groen rondom, op of aan gebouw, en draagt daarmee bij aan besparing van warmte-energie.

Energiebesparing 2 (koeling): Beplanting zorgt door afscherming van zoninstraling en evapotranspiratie voor beperking van temperatuurstijging van gebouw en ventilatielucht en draagt daarmee bij aan verlaging van de koelbelast.

Waterhuishouding (opvang en afvoer): Beplanting heeft zelf en in combinatie met de uitvoering van de standplaats vergaande gevolgen voor opvang, buffering en afvoer van regenwater.

CO₂-huishouding: Voor de groei van beplanting is de omzetting van CO₂ essentieel. Dit is wel een klimaatissue, maar voor het functioneren van een gebouw van ondergeschikt belang.

Ecologie/biodiversiteit: Ook de ecologische aspecten zijn verbonden met de vitaliteit en het functioneren van groenelementen en als zodanig van invloed op de effectiviteit t.a.v. klimaataspecten.

De beschrijving is in een aantal functiebladen op onderwerp weergegeven.

Met behulp van overzichtsschema's worden ontwerpers, die vanuit wisselende oogpunten toewerken naar een ontwerp, via verschillende ingangen verwijzen naar de functiebladen. Vertrekpunt kan naast de functie ook het te vergroenen gebouwonderdeel zijn of de beplantingsvorm. In de schema's worden plaats, functie en verschijningsvorm in een oogopslag aan elkaar gekoppeld.

Tenslotte zijn van de drie meest voorkomende toepassingen, het groen dak, de groene buitengevel en de groene binnenwand, berekeningen gemaakt die inzicht geven in de economische gevolgen van de toepassingen. Dit zijn zowel meer- als minderkosten, uitmondend in een terugverdiendtijdberekening.

1. INLEIDING

Dit rapport is onderdeel van het Interreg project 'Toepassing functioneel groen; luchtgroen, klimaatgroen, sociaal groen' (2009-2011)ⁱⁱ. Het project richt zich op de toepassing van functioneel groen als middel om het leefklimaat in de openbare ruimte en in bebouwde omgeving te verbeteren. In dit deel wordt de bebouwde omgeving behandeld, in deel twee de openbare ruimte. Dit rapport komt voort uit de doelstelling om voor de toepassing van functioneel groen instrumenten te ontwikkelen, en vormt een geheel met overige resultaten van het project binnen het thema klimaatgroen. Andere instrumenten die dit project ontwikkeld ter ondersteuning van het proces van ontwerp- idee naar definitief ontwerp zijn 'Ontwerpprincipes klimaatgroen openbare ruimte', het 'Beeldenboek klimaatgroen' ter inspiratie voor ontwerpers, 'Kwantitatieve analyse van de effecten van klimaatgroen' voor technische inpassing in ontwerpen en 'Ontwerp klimaatgroen openbare ruimte en gebouwen' ter ondersteuning van ontwerpprocessen in de gemeente Sittard-Geleen binnen het kader van het masterplan Zitterd Revisited.

Aanleiding

Dit rapport is als ontwerpinstrument ingebracht in het ontwerpproces voor de 'Dobbelsteen' in Sittard-Geleen, als onderdeel van het masterplan Zitterd Revisited. De 'Dobbelsteen' is een ontwikkeling van een tweetal gebouwen in het centrum van Sittard, waarbinnen verschillende functies worden gerealiseerd op het gebied van economie, cultuur en onderwijs. De ontwerpers nemen met behulp van het rapport verschillende vormen van klimaatgroen in hun ontwerp op. Ter ondersteuning van de besluitvorming voor bouwweigenaren zijn terugverdienschema's van een aantal maatregelen opgenomen in het rapport.

Ontwikkelingen klimaatgroen

Concrete maatregelen voor klimaatadaptatie of –mitigatie voor gebouwen of de openbare ruimte worden nog weinig genomen. Dit heeft niet alleen te maken met de onbekendheid met de werking van groen en de mogelijkheden voor toepassing van groen als maatregel, maar ook door het geringe inzicht in de optimalisatiefactoren hoe groen dan wel het meest effectief ingezet kan worden. De hier uitgewerkte ontwerpprincipes geven hiertoe een eerste aanzet. Verdere uitwerking van ontwerpen en realisatie van klimaatgroen vereist een specifieke en gedetailleerde inbreng van diverse vakgebieden (groen, architectuur, bouw, installatietechniek, etc.).



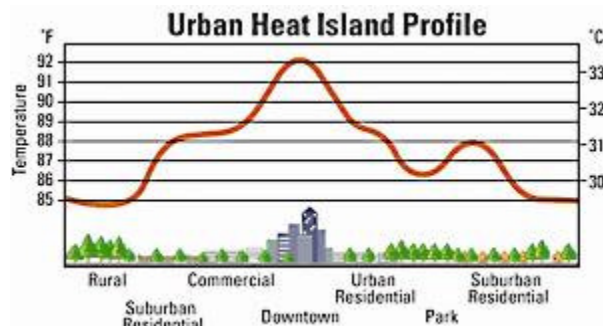
Interregproject Toepassing Functioneel Groen; luchtgroen, klimaatgroen, sociaal groen

Het project richt zich op de toepassing van functioneel groen als middel om het leefklimaat in de bewoonde omgeving te verbeteren. De Grensregio Vlaanderen-Nederland kent een hoge bevolkingsdichtheid en bedrijvigheid, waardoor de gevolgen van de klimaatsverandering en de stijgende emissies van schadelijke stoffen een groot probleem voor de leefbaarheid nu en in de toekomst vormen. Het is dan ook belangrijk om juist in dit gebied aan duurzame oplossingen te werken. Wetenschappelijk onderzoek en ad-hoc praktijkkennis geven aan, dat functioneel groen 10 tot 25% van de klimaatsverandering kan compenseren, terwijl het tegelijkertijd een belangrijke bijdrage tot verbetering van de luchtkwaliteit kan realiseren. Binnen het project wordt met de thema's luchtkwaliteit, klimaatadaptatie en sociale cohesie gewerkt aan het vergroten van inzichten, ontwikkelen van instrumenten en toepassing in de praktijk. Dit project vormt een platform vormen waarbinnen de deelnemende steden en de andere partijen van en met elkaar kunnen leren over een geïntegreerde toepassing van functioneel groen.

Projectpartners zijn de **Provincie West-Vlaanderen**, de gemeenten **Leuven, Roeselare, Roosendaal, Sittard-Geleen, Tilburg** en de samenwerkingsverbanden **Kenniskring Nederlands Limburg** (gemeenten **Heerlen, Maastricht** en **Venlo**), **Kenniskring Kanaalzone Roeselare-Leie** (gemeenten **Oostrozebeke, Izegem, Wielsbeke, Ingelmunster**) en **RESOC** (ondersteunt de deelnemende gemeenten van de regio Roeselare bij de uitvoering van dit project en het verspreiden van de nieuwe kennis naar andere geïnteresseerde gemeenten).

2. KLIMAATVERANDERING

De verwachtingen voor mogelijke klimaatverandering zijn uitgewerkt in klimaatscenario's, o.a. van het KNMI. De algemene trend is het extremer worden van weersomstandigheden, zoals neerslag, storm, hitte, droogte en daarmee samenhangende zaken als luchtvervuiling. IPCC rapporten voorspellen een verhoging van 2 tot 6 graden in 2100.^{liii} De urgentie van problemen als gevolg van klimaatverandering in stedelijke gebieden is groot. Juist in de stedelijke gebieden wordt de meeste economische, sociale en gezondheidsschade verwacht. Processen in stedelijke gebieden zoals voortgaande verstedelijking en verdichting (meer grijs en rood en verlies aan groen) en toenemende stedelijke activiteiten als industrialisatie en mobiliteit (slechte luchtkwaliteit, opwarming door energiegebruik, CO₂-productie) versterken de klimaatverandering en zijn direct gekoppeld aan de veranderingen in het stedelijk microklimaat. In het huidige klimaat resulteert dit al in een hogere zomertemperatuur in steden dan op het platteland van 2 tot 6 graden in langdurig zonnige periodes als gevolg van het Urban Heat Island-effect (Urban Heat Island-effect, afgekort UHI).^{iv, v, vi} Stedelijke gebieden hebben niet alleen te lijden onder de klimaatproblemen, ze zijn ook medeveroorzakers. Deze problemen zijn in stedelijk gebied verknoopt en lijken versterkt te worden door het globale proces van klimaatverandering.



Microklimaat

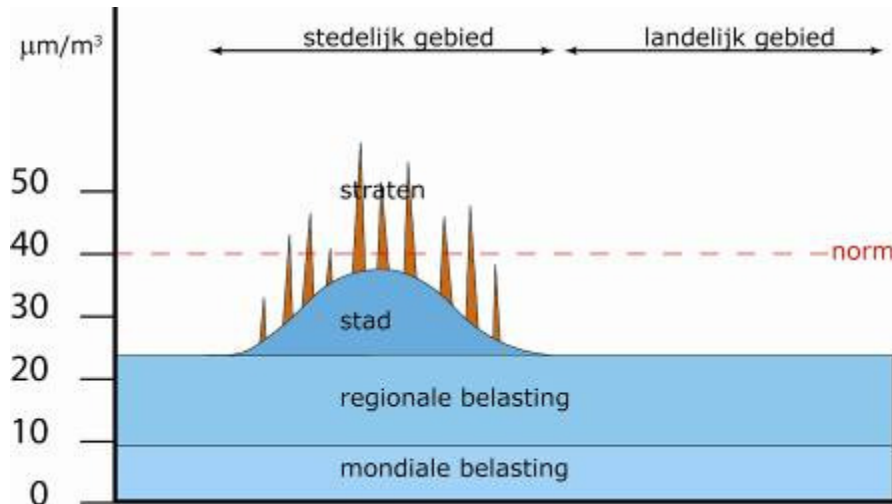
Klimaatverandering heeft een direct effect op het plaatselijke microklimaat, wat zijn weerslag heeft op het menselijk welbevinden en comfort. Dit comfort wordt bepaald door de factoren (gevoels)temperatuur, wind en luchtvochtigheid. De gemiddelde temperaturen in stedelijke gebieden liggen hoger dan in de omringende landelijke gebieden tengevolge van het warmte eiland effect. De belangrijkste factoren zijn:

- De omzetting van zonnestraling in warmte-energie in voornamelijk versteende oppervlakten.
- Onvoldoende ventilatie of aanvoer van koelere lucht.

In de meest versteende delen van de stad is het UHI-effect het grootst. De verhouding tussen bebouwing en verharding enerzijds en groen en blauw anderzijds bepaalt het warmteabsorberende vermogen en de energie-omzetting.^{vii} In wijken met veel groene parken en tuinen is dit effect het laagst. Lokale weerpatronen (bijv. temperatuur, wind), de ligging (bijv. aan het water of in het binnenland) en de inrichting (bijv. hoogbouw, dichtheid) van de stad zijn van invloed op de zonneinstraling en op de koeling door ventilatie. De inrichting van de stad heeft uiteraard een relatie met de activiteiten die op verschillende plekken plaatsvinden. Zo vinden op wegen en industrieterreinen veel hitteproducerende activiteiten plaats waarbij warmte vrijkomt.

Luchtverontreiniging

Steden zijn netto bronnen van luchtverontreiniging. Industriële activiteiten en verkeer zijn de grootste bronnen (literatuur). Luchtverontreiniging in de vorm van broeikasgassen draagt bij aan temperatuurverhoging doordat meer energie wordt vastgehouden. Aan de andere kant zorgen hoge temperaturen voor een slechtere luchtkwaliteit, doordat schadelijke stoffen worden gevormd zoals ozon. Ook veroorzaakt een warm stedelijk centrum een lucht aanzuigende werking, wat concentratieverhogend werkt voor de luchtverontreiniging.^{viii} Daarnaast leiden verwachte droogtes tot meer stof en daarmee een slechtere luchtkwaliteit. De stad Londen verwacht een aanzienlijke toename van de hoeveelheid fijnstof ten gevolge van de klimaatverandering. Een slechte luchtkwaliteit geeft gezondheidsschade, dat zich uit in vervroegde sterfte. In Nederland wordt geschat, dat jaarlijks 12.000 tot 24.000 mensen hierdoor eerder sterven (literatuur).



Oorsprong van luchtvervuiling

Water

Niet alle stedelijke watersystemen zijn voldoende voorbereid om de te verwachte grotere weersextremen op te vangen. Het effect van de klimaatverandering wordt versterkt door de toenemende verharding van de oppervlakte als gevolg van voortgaande stedelijke verdichting. Naar verwachting zijn grote investeringen in de infrastructuur nodig om stedelijke watersystemen klimaatbestendig te maken. Naast wateroverlast zal ook sprake zijn van droogte, omdat neerslag meer geconcentreerd zal zijn en snel afgevoerd zal worden.

Bebouwde omgeving

Bovenstaande klimaatveranderingen zullen merkbaar zijn in zowel de open ruimte als de bebouwde omgeving. Deze gevolgen zullen per gebouw verschillen en hangen samen met de uitvoering. Zo is onder invloed van het concept Duurzaam Bouwen de bouw de laatste jaren vooral gericht op het verminderen van het gebruik van energie voor de verwarming van gebouwen door goede isolatie en gebruik van passieve energie (zon). Een gevolg is echter dat gebouwen te warm worden in de zomer. Het aantal en gebruik van airconditioners neemt dan ook toe en daarmee het energiegebruik. Een groot deel van deze energie is nog steeds van fossiele oorsprong, wat bijdraagt aan vergroting van het broeikaseffect. Daarnaast heeft het binnencomfort te lijden onder hogere temperaturen en verslechterde luchtkwaliteit.

3.EFFECTEN VAN KLIMAATGROEN

Groen dat ingezet wordt als maatregel om de effecten van klimaatsverandering te verminderen wordt klimaatgroen genoemd. Deze maatregelen kunnen zich richten op zowel aanpassing aan klimaatverandering (adaptatie), als op het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen (mitigatie). Groen kan, wanneer dit met precisie wordt ingezet, een bijdrage leveren aan de zowel stedelijke als bouwkundige opgaven voor zowel klimaatadaptatie als –mitigatie en voor duurzaamheid.^{ix, x} Voor gebouweigenaren en –gebruikers zijn de effecten van klimaatgroen direct interessant, indien deze economische zijn door te rekenen en terug te verdienen binnen een redelijke termijn. Daarnaast zijn indirecte effecten van een comfortabeler gebouw, zoals een verhoging van de arbeidsproductiviteit, indirect eveneens mee te nemen in een economisch berekening. Sommige effecten zijn echter niet alleen interessant voor de gebouweigenaar of –gebruiker, maar zijn ook maatschappelijk van belang, waardoor de overheid belanghebbende wordt. Voorbeelden hiervan zijn waterafvoer, leefbaarheid en comfort in de openbare ruimte. In de laatste tijd stimuleert de overheid steeds meer het nemen van deze maatregelen in de vorm van financiële ondersteuning of verbreden van de ruimtelijk mogelijkheden. In dit hoofdstuk worden de technische, de economische en de maatschappelijke effecten van klimaatgroen toegelicht.

Technische effecten gebouwde omgeving

Technische werkingsprincipes

De technische effecten van groen voor klimaatadaptatie voor de buitenkant van de bebouwde omgeving zijn voornamelijk gebaseerd op afschermende werking tegen weersinvloeden van zon en wind. Hierdoor zijn lucht- en oppervlaktetemperaturen te verlagen, opwarming door gevelinstraling en afkoeling door wind te beperken. Daarnaast zorgt groen voor een afvang en buffering van regenwater en daarmee een vermindering van wateroverlast in stedelijke omgeving. Groen is tevens in staat om lucht te zuiveren, waardoor nadelige effecten op de luchtkwaliteit van een hitte kan worden verminderd. Bij toepassing van klimaatgroen is het van belang om aan meerdere functies tegelijk te voldoen, zodat effecten kunnen worden versterkt.

Ordeningsprincipes

Versterking van de effecten kan ook plaatsvinden indien voorafgaand aan de bouw rekening kan worden gehouden met stedenbouwkundige ordeningsprincipes. Een gebouw staat niet op zichzelf, maar vormt met zijn omgeving een complex geheel van wederzijdse beïnvloeding. Zo ontstaat het Urban Heat Island-effect (UHI) in de bebouwde omgeving, en wordt koelen van diezelfde omgeving daardoor een extra opgave. Daarnaast is blootstelling van een gebouw aan het klimaat zonder gebruik te maken van de mogelijkheden van de omgeving een gemiste kans. Met ordeningsprincipes voor de stedenbouwkundige inrichting wordt met deze relatie rekening gehouden, zodat de inrichting geoptimaliseerd kan worden voor klimaatsfactoren (zon, wind, water) door bijvoorbeeld rekening te houden met gebouworientatie en grondgebruik (grondgebonden systemen rondom gebouwen). Groen speelt in de verbinding tussen gebouw en omgeving een bufferende rol, waarvoor soms binnen de ordeningsprincipes rekening gehouden dient te worden. In dit rapport wordt alleen ingegaan op groenelementen direct aan, op en in, dus direct verbonden met het gebouw zelf. De principes in de stedenbouwkundige inrichting komen in een ander kader aan de orde.



Groen verlaagt oppervlakte en
Luchttemperatuur Bron: BELW advies

Meerwaarde door koppeling effecten

De te verwachte effecten van maatregelen met klimaatgroen zijn het grootst bij oude gebouwen, Moderne gebouwen worden steeds meer energiezuinig gebouwd, waardoor het effect van klimaatgroen relatief kleiner wordt. Toch blijft toepassing van klimaatgroen interessant, omdat het niet alleen een bijdrage levert aan het klimaat, maar ook aan andere functies, zoals verbetering van de leefomgeving en gezondheid. Zo gaat gevelgroen versterking tegen in een stedelijke omgeving en kan toegankelijk dakgroen verblijf in groene ruimten vergroten. Deze niet-economische baten kunnen in sommige gevallen in beoordelingen worden meegenomen.

Maatschappelijke effecten

Gezondheid

In steden leidt temperatuurverhoging in warme zomers nu soms al lokaal tot gezondheidsproblemen (voor met name ouderen en jonge kinderen) en in de vermindering van arbeidsproductiviteit. De verwachting is dat dit in frequentie en impact alleen nog maar zal toenemen^{xi, xii, xiii} ten gevolge van extreme weersomstandigheden (extreme neerslag, storm, hitte, droogte en luchtvervuiling). De klimaatverandering heeft gevolgen voor de gezondheid. De belangrijkste gevolgen van hitte zijn:

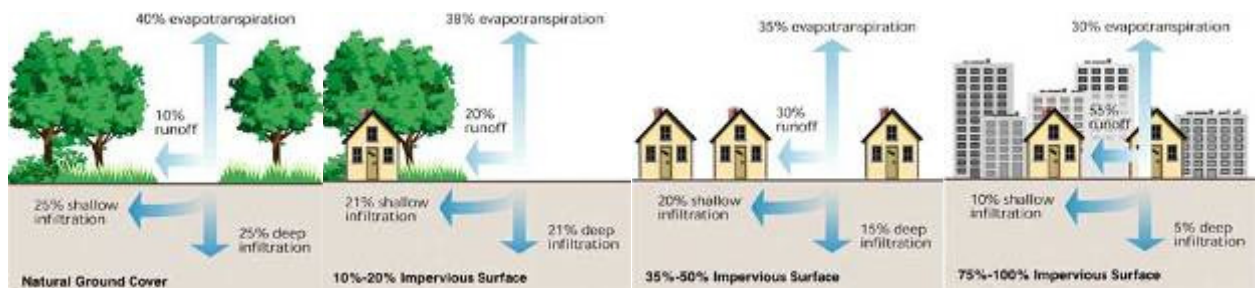
- Hoger sterftecijfer tijdens hittegolven^{xivxv}
- Veel hinder van de warmte door bijvoorbeeld vermoeidheid, concentratieproblemen, huidaandoeningen (verhoogde UV-straling), uitputting door uitdroging, hittekramp en andere hittegerelateerde aandoeningen.

Activiteiten in de buitenruimte zijn hittegevoelig indien onvoldoende schaduw en verkoeling aanwezig is. De risico's worden groter bij meer kwetsbare groepen:

- Jongeren kunnen zich over het algemeen het gemakkelijkst aanpassen; zij kunnen hun werktempo vaak nog gemakkelijk aanpassen, van omgeving veranderen (binnenspelen/buitenspelen) en zijn mobiel. Het is voor de jongere groep wenselijk om te kunnen beschikken over een voor instraling beschermde buitenruimte als speelruimte, waar de zoninstraling niet continue de huid kan bereiken.
- Ouderen hebben relatief veel fysieke last van opwarming. Het aanpassingsvermogen aan temperatuurschommelingen van een ouder wordend lichaam neemt af. Ouderen zijn daarom eerder slachtoffer van uitdroging en gezondheidsschade door warmte. Bovendien zijn ouderen over het algemeen minder mobiel. Een aanpassing juist van hun dagelijkse omgeving (buiten) en de gebouwen waar zij verblijven (buiten en binnen) met schaduwleverend en vochtleverend groen is belangrijk en zou tot de algemene stedenbouwkundige uitgangspunten moeten behoren.

Water

In de bebouwde omgeving kan regenwater niet meer op een natuurlijke manier infiltreren in de bodem. (Klimaat)groen kan water afvangen, opvangen en bufferen, en verbetert de infiltratiecapaciteit van de bodem. De verdamping door het groen is gunstig voor het luchtvochtigheidsgehalte in de directe omgeving. De afstroom naar riolering of infiltratiepunt is door infiltratie en verdamping veel kleiner dan bij directe afvoer in een verasteende omgeving en wordt bovendien over een grotere tijdsperiode verdeeld..



Bijdrage van groen aan waterhuishouding

Microklimaat openbare ruimte

Gebouwen dragen bij aan de opwarming van de bebouwde omgeving ten opzichte van een natuurlijke omgeving (Urban Heat Island). Met klimaatgroen is dit effect te beperken door de verasteende oppervlakken (bestrating, muurvlakken) of donkere oppervlakken (daken) te beschaduen of af te dekken.

Duurzaamheid, mitigatie

Naast maatregelen voor het aanpassen aan klimaatveranderingen (adaptatie) kan klimaatgroen ook een rol spelen in het verzachten van de oorzaken van klimaatveranderingen (mitigatie). Dit is mogelijk met maatregelen, die van invloed zijn op de CO₂-huishouding, zoals energiebesparing, CO₂-vastlegging en vervanging van fossiele brandstof door biomassa. Daarnaast is groen een leverancier van hernieuwbare grondstoffen, die laagenergetisch kunnen worden geproduceerd.

Biodiversiteit

De ontwikkeling van een bebouwde omgeving gaat niet zonder meer ten koste van de biodiversiteit door toename van verstening en menselijke activiteiten. Wel neemt het aantal zeldzame en te beschermen soorten af. Het is mogelijk om met gerichte maatregelen de biodiversiteit te vergroten en zo een bijdrage aan natuur en beleefbare variatie van de woonomgeving te realiseren.

Biodiversiteit is hier niet meegenomen als klimaatmaatregel, maar als aanvullende maatregel, die goed te combineren is met klimaatgroen. Het is waarschijnlijk, dat sommige warmte minnende soorten gebonden aan stedelijke milieu's profiteren van klimaatverandering. Aandacht dient er wel te zijn voor de risico's van voor de mens schadelijke organismen.

Economische effecten

Besparingen inrichting

De economische effecten voor gebouweigenaren, -beheerders en -gebruikers zijn directe of indirecte kosten of baten van groenmaatregelen. Groenmaatregelen kunnen niet alleen gepaard gaan met directe meerkosten voor inrichting of aanpassingen aan het gebouw, maar ook met besparingen op materiaal of materieel.

Besparing exploitatie

Naast meerkosten voor onderhoud zijn ook baten in de vorm van besparingen op exploitatie te verwachten. In sommige gevallen kunnen de baten al na een te overziene periode de kosten overstijgen. Besparingen op exploitatie liggen vooral in de besparing op energiegebruik en onderhoud van materialen.



Arbeidsproductiviteit

Indirecte baten van vergroening tegen hitte liggen op het gebied van verhoogde arbeidsproductiviteit, (bijvoorbeeld door verlaging van ziekteverzuim, verhoogd concentratievermogen, minder vermoeidheid, meer inspiratie en ontspanning) of verhoogd bezoek (imagoverbetering, aantrekkelijk verblijf). Werkenden hebben veel last van hogere temperaturen, omdat zij minder goed kunnen presteren bij hogere temperaturen. Dit probleem speelt bij gewijzigd klimaat in Nederland gedurende zomermaanden zowel binnen als buiten. Bovendien is er een dubbele belasting omdat ook de luchtkwaliteit bij hogere temperaturen verslechterd door hogere reactiesnelheden met chemische belastingen.

De relatie van groen met gezondheid en arbeidsproductiviteit

Onderzoek naar de relatie tussen groen en gezondheid richt zich op 5 mechanismen:

- herstel van stress
- stimuleren van bewegen (gerelateerd aan overgewicht, diabetes en hart- en vaatziekten)
- bevordering sociale integratie
- bevordering ontwikkeling van kinderen (motorisch, cognitief, sociaal)
- bevordering ontwikkeling volwassenen (persoonlijk, zingeving)

Onderzoek RNMO en Gezondheidsraad, 2004

Onderzoeksprogramma Vitamine G, Alterra en NIVEL, 2005

Verkenning Groen en Gezondheidszorg, Stichting Recreatie, 2008

Studies (Ulrich, Conklin, 1974/1978) tonen aan dat de toevoeging van planten aan kantoorruimten leidt tot een verbeterde werknemersmoraal, verminderde afwezigheid en een verhoogde doelmatigheid in vergelijking tot de traditionele kantoren zonder planten. In de jaren tachtig wezen beschouwingen over de verdiensten van kamerplantarchitectuur nog steeds op een toename van de arbeidsproductiviteit ten gevolge van planten, met zelfs 10% tot 15%, wanneer deze werden toegevoegd aan kantoren en andere werkplekken (Shrivens, 1980, Marchant, 1982).

Noors onderzoek (T. Feld, 1994/1996) op een radiologieafdeling van een ziekenhuis gaf een klachtenvermindering aan van 2,5% (concentratieproblemen) tot 45% (hoofdpijn). Kortstondig ziekteverzuim daalde in dit onderzoek met 60%.

Aanwezigheid van planten leidt tot een productiviteitsverbetering (TNO, 2008), de reactiesnelheid bij werk met computers nam met 12% toe (Welford, 1980). Er wordt in meerdere publicaties gesteld dat de arbeidsproductiviteit toeneemt met 10-15%.
Onderzoek naar het effect op het totale ziekteverzuim is minder consistent, maar meermalen wordt gesteld dat het omlaag gaat met meer dan 1 tot in een enkel onderzoek zelfs 10%punt bij aanwezigheid van groen.

Investering en terugverdiertijden

Om een indruk te geven van de rentabiliteit op investeringen zijn in bijlage I terugverdiertijden berekend van dakgroen, gevelgroen en binnenbeplanting. In deze berekeningen is alleen rekening gehouden met de kosten voor de eigenaar en gebruiker, en niet met de maatschappelijke meerwaarden. Vanwege de gunstige effecten op de energiehuishouding is de terugverdiertijd van een intensief groendak tot 20 cm dikte gunstig. Geheel volgens verwachting is de terugverdiertijd voor gevelbegroeiing minder gunstig. Dit heeft ondermeer te maken met de hoge investeringskosten. Indien bij binnenbeplanting de verbetering van arbeidsproductiviteit wordt meegenomen, is de terugverdiertijd gunstig. Dit geldt echter voor ruimten, die gebruikt worden als werkplekken.

Investering en toekomstige marktwaarde

Met de berekeningen is rekening gehouden met een toename van de koellast door klimaatverandering. Er is echter nog geen rekening gehouden met energieschaarste of hogere energiekosten. De marktvoorspelling voor bedrijfsmatig gebruikte bebouwing is dat er in de (nabije of verdere) toekomst een wezenlijk marktwaardeverschil zal ontstaan op grond van de energiebehoefte van gebouwen. Omdat van de exploitatielasten de energiekosten een belangrijk onderdeel zijn en er met betrekking tot de hoogte ervan in de toekomst ook diverse risicovolle scenario's de ronde doen is beperking van de risico's hierin steeds belangrijker. De ultieme risicobeperking is in dit geval het energieneutraal maken van gebouwen.

Kantekeningen bij terugverdiertijden

Een algemeen probleem bij een aantal vormen van investeringen is dat regelmatig de terugverdiertijd op basis van in de markt acceptabele termijnen voor onroerend goed als eis gesteld wordt. Dit criterium wordt zeer selectief gehanteerd. Voor directe in het bouwbesluit geëiste maatregelen is het geen punt van discussie. Zonder de vereiste grootte, isolatiewaarde, daglichttoetreding, ventilatie etc. geen bouwvergunning en dus geen gerealiseerd gebouw. Tegelijk is er een grijs gebied. Alle grootte, vorm, materiaalkeuze, interieurbeslissingen welke boven de bouwbesluitvereisten uitsteken zijn onderdeel van het ontwerp en zeker waar ze vanuit het beeld geformuleerd worden niet aan opbrengstcriteria gekoppeld.

Een ruimtehoogte of vloerafmeting voegt beeld- of gebruikswaarde toe, terwijl een gevelkleur of wandafwerking over het algemeen geen enkele technische meerwaarde toevoegt, alleen beeldmeerwaarde. Een hogere entreehal kan praktisch zijn en een mooi beeld opleveren, maar voegt tegelijkertijd veel inhoud toe aan het totale gebouw, hetgeen zich uiteraard ook in de kosten terugvertaalt. In al deze gevallen wordt niet gesproken over terugverdiertijden, hoewel ze een substantieel deel van het bouwbudget vertegenwoordigen. Vergelijking van m3-prijzen tussen meer en minder uitbundige gebouwen laat zien dat de extra investering boven het minimaal voldoen aan bouwbesluitvereisten gemakkelijk tussen 20 en 60% van het totale uiteindelijke bouwbudget kan liggen.

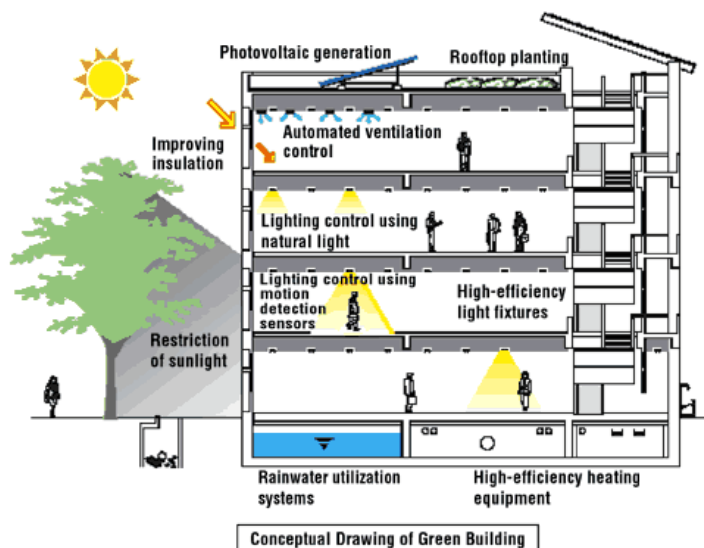
Er zijn ook "extra" maatregelen. Daarbij wordt verwezen naar minimaal te behalen waarden volgens het bouwbesluit en wordt vervolgens bewust een hogere waarde nagestreefd. Dit betreft met name technische waarden op installatiegebied. Extra isolatie, extra luchtbehandeling, extra koeling boven de minimale vereisten leveren een meerinvestering op welke afgezet wordt tegen de gebruikswaarde en de prognose van de energielasten in de gebruikperiode van het gebouw. Voor de berekening van de terugverdiertijd van dergelijke maatregelen wordt echter vooral naar de besparing op energiekosten gekeken, waardoor de vergelijking nog wel eens uit valt ten gunste van de korte-termijn investeringsbeperking.

Als gelijk bij aanvang beoordeeld wordt op "cost of ownership" op de optelling van de maandelijkse afschrijving van de bouwinvestering plus de maandelijkse exploitatiekosten, komt het totaalplaatje er gewoonlijk anders uit te zien. De extra investeringen worden dan direct verrekend met de verlaagde exploitatielasten. Op basis hiervan zijn energieneutrale gebouwen geen utopie meer en economisch interessanter dan een gebouw dat aan minimale eisen voldoet.

4. ONTWERPEN MET KLIMAATGROEN

In dit rapport is functionaliteit van klimaatgroen als ingang gekozen voor de indeling van ontwerpprincipes. Klimaatgroen-ontwerpprincipes zijn door BELW Advies en ES-Consulting ontwikkeld (BELW/ES © Publicaties diversen). BELW heeft de term Functioneel groen geïntroduceerd en ES-Consulting heeft ontwerpregelen ontwikkeld (Integraal Technisch Groen). Aan de hand van de werking van groen voor het vervullen van verschillende functies voor de bebouwde omgeving enerzijds en de factoren van klimaatverandering is een indeling gemaakt in functies. Voor optimalisatie van functionaliteit wordt met de ontwerpprincipes gekeken naar waar in relatie tot een gebouw groen geplaatst kan worden. Dit heeft uiteraard invloed op andere ontwerpaspecten als beeld en gebruik, waardoor een integratie van dit aspect met het functionele aspect dient plaats te vinden.

Het ontwerpproces voor gebouwen en haar directe omgeving is een geïntegreerd proces van diverse disciplines, waarvan groen er één is. BELW/ES introduceren daarvoor de term Integraal Technisch Groenontwerp. Voor het inbrengen van groen voor klimaat worden de ontwerpprincipes klimaatgroen als instrument in het ontwerpproces toegevoegd. Om ingebracht te kunnen worden in dat integrale ontwerpproces is gekozen voor de vorm van ontwerpbouwstenen, omschrijvingen van functie, plaats en effectiviteit, en niet voor kant- en klare producten. Op het moment dat de ontwerpbouwsteen in zijn integrale vorm voor meerdere functies tegelijkertijd verankerd ligt in het ontwerp is het ook niet meer met een simpele ad-hoc beslissing van tafel te vegen, omdat dan de functie door meerdere andere gebouwonderdelen overgenomen moet worden.



Werkingsprincipes

Voor het ontwerpen met klimaatgroen zijn geen blauwdrukken te geven, omdat ieder situatie immers haar eigen ontwerppogave met zich meebrengt. Voor ontwerpen met klimaatgroen zijn echter wel uitgangspunten te geven, waarmee het ontwerp kan worden opgebouwd. De basis wordt gevormd door inzicht in de technische werking van groen voor het vervullen van een bepaalde functie. Dit geeft inzicht in de hoofdlijnen waarom groen een functie kan vervullen, en wanneer dit goed kan werken.

Ontwerpprincipes

De ontwerpprincipes geven vervolgens een vertaling van de

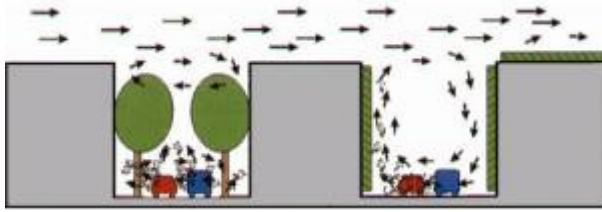
werkingsprincipes naar de vormen waarin de werking van groen optimaal kan worden benut voor een bepaalde functie. Op het niveau van gebouw het gaat hierbij om vormen van groen op (dakgroen), aan (gevelgroen), in het gebouw en in haar directe omgeving. De ontwerpbeelden en voorbeelden geven slechts een beperkte indicatie of referentiebeeld en geen uitputtende opsomming.

Werkingsfactoren

Factoren van invloed op werking geven vervolgens handvaten om binnen de ontwerpprincipes een functie verder te optimaliseren. Veel is bijvoorbeeld afhankelijk van de hoeveelheid en de structuur van het groen, vooral voor luchtdoorlatende functies. Daarnaast is ruimtelijke invulling belangrijk als het gaat om afscherming voor wind of zoninstraling. Ten slotte is de soortensamenstelling van invloed op de werking van groen. In dit kader is het niet mogelijk om voor elke functie een soortenoverzicht te geven.

Effectiviteit

De effectiviteit van ontwerpen van klimaatgroen hangt nauw samen met de ontwerpuitvoering, en kan daarom niet met precisie worden gegeven. In sommige gevallen is echter wel mogelijk om uit onderzoek een indicatie van de effectiviteit aan te geven. Bepaling heeft over het algemeen een beperkt beïnvloedingsgebied en draagt bij ongerichte toepassing slechts beperkt bij aan het klimaatneutraal maken van een gebouw. Klimaatgroen kan echter aanzienlijk aan kracht winnen indien het geïntegreerd wordt met overige maatregelen die het functioneren van een gebouw



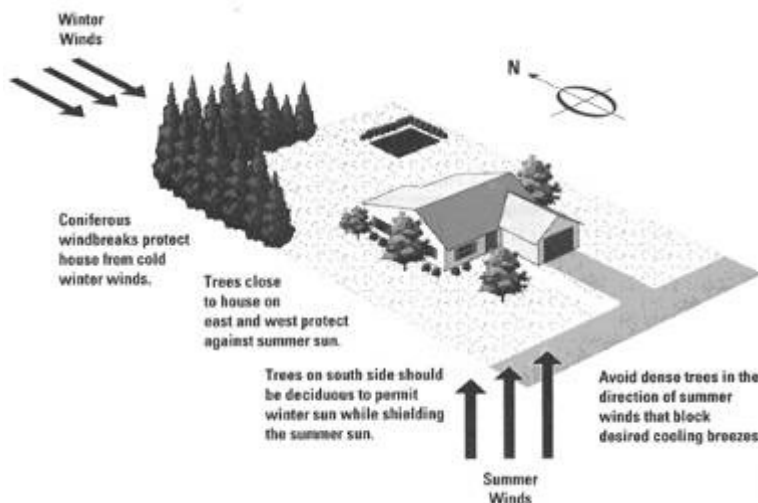
Luchtkwaliteit in nauwe straten:
links tunneleffect met bomen,
rechts luchtventilatie met gevel- en dakgroen

bepalen. Als bijvoorbeeld de reguleringsfunctie van klimaatgroen afgestemd wordt op de opzet en de uitvoering van de technische installaties, dan is dat niet alleen logisch, maar ook economisch interessant. Dit zorgt voor een groter belang van klimaatgroen binnen ontwerpprocessen en tevens voor een technische onderbouwing.

Toepassingskader

Bij toepassing van ontwerpprincipes dient rekening te worden gehouden met voorwaarden op het gebied van bouw, ruimtegebruik, technische installaties, etc. De toepassing van groen gaat vaak gepaard met aanpassingen in en rondom het gebouw. Bepaalde maatregelen kunnen de werking van groen versterken, maar groen kan ook bepaalde gebouwfuncties ondersteunen. Dat maakt groen tot een integraal ontwerponderdeel. Met het oog op het functioneren van het gebouw op termijn in het kader van de verwachte klimaatveranderingen vervult groen een dermate centrale positie door het laten ontstaan van relatief gunstige microklimaatomstandigheden ten behoeve van dat functioneren, dat een ontwerper naar zijn opdrachtgever niet meer kan volstaan om de rol van groen in zijn ontwerp niet te benoemen. Essentieel voor effectiviteit is de juiste plaats en de juiste uitvoering, in overeenstemming met de wetmatigheden van luchtbewegingen rond beplanting, met aandacht voor behoud van vitaliteit door standplaatsvoorbereiding en bodemkwaliteitsbewaking.

Vitaliteit van beplanting in groene daken en groene wanden is altijd een punt van aandacht. Niet-vitale beplanting in een ondoordachte niet bij de functie passende vorm en op een ondoordachte plaats levert een tegenstrijdige werking op en daardoor op een mogelijke verslechtering van functies. Er wordt, in tegenstelling tot beplanting op het maaiveld, altijd gewerkt met beperkte afmetingen van de voedingsbodem, door toepassing van relatief dunne substraatlagen of beplantingsbakken met beperkte inhoud. Daarbij zijn op hoogte de omstandigheden over het algemeen wat extremer: temperatuur- en vochtschommelingen en windverschillen zijn vaak groter. De eerste aanpassing is de plantkeuze: de toegepaste plantensoorten moeten afgestemd zijn op de omstandigheden. Daarom een voorkeur voor droogteminnende beplanting op een dak. De tweede aanpassing is de samenstelling van het groeisubstraat: dit zijn altijd speciale mengsels met toeslagmaterialen voor het waterbufferend vermogen, voedingsstoffen, schimmelcultures etc. De derde aanpassing is de aanpassing van het onderhoud: een automatisch watergeefstelsel is voor groene wanden eerder regel dan uitzondering, de voedingsstoffengift moet afgestemd zijn op de toepassing.



Mogelijke ontwerpen met klimaatgroen

5. FUNCTIEBLADEN

Om overzicht te krijgen welke functies beïnvloed worden bij de toepassing van klimaatgroen is een aantal functiebladen opgesteld.

Deze zijn in enkele categorieën te karakteriseren:

Luchtkwaliteit 1 (algemeen): Beplanting langs de weg, rondom en op gebouw verbetert door zijn vermogen om stoffen uit de lucht op te nemen en luchtstromingspatronen te beïnvloeden de luchtkwaliteit rondom gebouw.

Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht): Beplanting verbetert door zijn vermogen om stoffen uit de lucht op te nemen de kwaliteit van de ingelaten ventilatielucht.

Energiebesparing 1 (verwarming): Beplanting zorgt voor verminderde afstraling door windschaduw van groen rondom, op of aan gebouw, en draagt daarmee bij aan besparing van warmte-energie.

Energiebesparing 2 (koeling): Beplanting zorgt door afscherming van zonstraling en evapotranspiratie voor beperking van temperatuurstijging van gebouw en ventilatielucht en draagt daarmee bij aan verlaging van de koelbelast.

Waterhuishouding (opvang en afvoer): Beplanting heeft zelf en in combinatie met de uitvoering van de standplaats vergaande gevolgen voor opvang, buffering en afvoer van regenwater.

CO₂-huishouding: Voor de groei van beplanting is de omzetting van CO₂ essentieel. Dit is wel een klimaatissue, maar voor het functioneren van een gebouw van ondergeschikt belang.

Ecologie/biodiversiteit: Ook de ecologische aspecten zijn verbonden met de vitaliteit en het functioneren van groenelementen en als zodanig van invloed op de effectiviteit t.a.v. klimaataspecten.

De functiebladen kennen een consequente opbouw:

- een inleiding in de samenhangende aspecten
- een overzicht van de werkingsprincipes
- een overzicht van de ontwerpprincipes, voortvloeiend uit de werkingsprincipes
- een globale beschrijving van de effectiviteit van de maatregelen
- factoren welke van invloed zijn op die effectiviteit
- maatschappelijke effecten
- economische aspecten

Functie: Luchtkwaliteit 1 (algemeen)

Klimaatveranderingen hebben invloed op de luchtkwaliteit doordat bijvoorbeeld door hitte extra luchtvervuilende stoffen kunnen ontstaan. Dit heeft gezondheidsschade tot gevolg. Bovendien neemt de luchtvochtigheid af en de luchttemperatuur toe, waardoor het comfort afneemt. Groen draagt bij aan verbetering van de luchtkwaliteit rondom en in een gebouw en vormt hiermee een klimaatadaptatiemaatregel. Door deze maatregel te koppelen aan energiebesparing door afkoeling of opwarming van ventilatielucht op gewenste momenten, is het ook te beschouwen als een mitigatiemaatregel. Maatregelen aan en op een gebouw hebben naar buiten een beperkt invloedsgebied zodat vooral gebouweigenaren of -beheerders belanghebbenden zijn.



*Groene functies in stedelijk gebied:
Bezoning/beschaduwing, beperking Urban Heat Island effect
Fukuoka, arch. Emilio Ambasz*

Werkingsprincipes luchtkwaliteit en groen

1. Windsturing

- beplanting heeft invloed op richting en snelheid van luchtbewegingen (bij wind). Bij plaatsing tussen bron (b.v. een weg) en gebouw kan de vervuilde lucht worden geleid langs of over het gebouw.

2. Filtering

- beplanting vangt op het oppervlak van bladeren en houtige delen fijnstof af ^{xvi}
- beplanting neemt via bladeren gassen op ^{xvii}

Ontwerpprincipes

1. Windsturing ^{xviii}, ^{xix}

- Zet beplantingsstructuren op korte afstand van een gebouw zodat een vervuilde luchtstroom naar boven en/of opzij afgebogen wordt en over of langs een gebouw gevoerd wordt. De beplanting dient daarvoor een bepaalde dichtheid te hebben, welke over de hoogte en de lengte van de structuur zo gelijkmatig mogelijk moet zijn.

2. Filtering

- Plaats bij voorkeur groenblijvende beplanting dicht bij bron
- Plaats bij voorkeur groenblijvende beplanting ter plaatse van inlaatopeningen van ventilatielucht (zie ook blad Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht))
- Plaats beplanting aan de meest belaste zijde van een gebouw, bijv. bij aanwezigheid van een verkeersweg, bij vrachttransportbewegingen (laden/lossen) of bij parkeervoorzieningen.

Effectiviteit

- Windsturing: windsnelheidsverlaging tot 70% in gebied achter beplanting mogelijk. Substantiële concentratieverlaging fijnstof en gassen mogelijk, zowel op dagelijkse als in jaargemiddelde concentraties.
- Filtering: bij juiste uitvoering substantiële afvang fijn stof en gassen binnen de werkingsdiepte.

Factoren van invloed op de werking

- Groenstructuur: afmetingen, gelijkmatige doorstroombaarheid in hoogte, type (dak-, en
-

-
- gevelgroen zijn slechts beperkt doorstroombaar), eenheid in de lengte
 - Soortkeuze: wintergroen of bladverliezend, mate van dichtheid, verschijningsvorm.
 - Oriëntatie: in luchtstromen
-

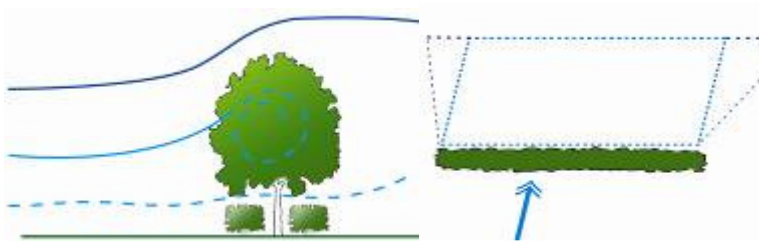
Maatschappelijke effecten

- Gezondheid: schonere lucht vermindert gezondheidsklachten
- Gezondheid/leefbaarheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden (ontstressing, inspiratie) en daarmee de arbeidsproductiviteit
- Klimaat: Afzwakking van klimaatgebonden pieksituaties door beperking van versteend oppervlak maakt de buitenruimte over het jaar langer en beter benutbaar

Economie

- Kosten: - aanleg en onderhoud
 - Baten: - attentiewaarde, imagowaarde
 - gezondheidsgerelateerde kosten
 - verlaagd ziekteverzuim
 - verhoogde arbeidsproductiviteit
 - afzwakking urban heat problemen
 - verbetering waterhuishouding
-

Luchtkwaliteit 1 (algemeen)



Ontwerpprincipes luchtgroen

- Wegsturen
- Filteren
- Lineaire structuur
-



- 1 Windsturing vervuilde lucht
 - 2 Filtering vervuilde lucht
-

Functie: Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht)

Het binnenklimaat van gebouwen wordt beïnvloed door klimaatverandering in de vorm van hogere temperaturen en hogere vervuilingsgraad. Door hitte kunnen luchtvervuilende stoffen ontstaan, neemt de luchtvochtigheid af en de luchttemperatuur toe, met als gevolg een achteruitgang van de kwaliteit van ingelaten ventilatielucht en binnenlucht. De slechte binnenluchtkwaliteit vermindert het comfort en de leefbaarheid in gebouwen en kan de gezondheid negatief beïnvloeden. Groen levert een bijdrage aan verbetering van de luchtkwaliteit van ventilatielucht en daarmee het scheppen van een gunstig(er) microklimaat. Door verbetering van de luchtkwaliteit te koppelen aan energiebesparing door afkoeling of opwarming op gewenste momenten is het te beschouwen als een mitigatiemaatregel, en zijn ook gebouweigenaren of -beheerders belanghebbenden. Er zijn enkele voorbeeldgebouwen.^{xx}



Kantoorgebouw Wageningen: atriumbeplanting
(foto: BELW advies)

Werkingsprincipes klimaatgroen

1. Filtering
 - (binnen)beplanting vangt op het oppervlak van bladeren en houtige delen fijnstof af
 - (binnen)beplanting neemt via bladeren schadelijke gassen zoals NO_x en ozon op
2. Temperatuuraanpassing
 - Door beschaduwing en verdamping verminderde warmteaccumulatie en relatieve verlaging van luchttemperatuur in het gebied rond inlaatopeningen van de ventilatielucht
 - Door bezonning en beschutting verhoogde warmteaccumulatie en relatieve verhoging van luchttemperatuur in het gebied rond inlaatopeningen van de ventilatielucht

Ontwerpprincipes

1. Filtering
 - maak beplantingsvormen met groenblijvende beplanting rond de inlaatopeningen van ventilatielucht
 - Opm: bij grote luchtstromen behoort een evenredige omvang van structuren. Dit kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden door luchtstromen langs zoveel mogelijk groen te leiden, b.v. door atria of plantenserres, gangen en kamergroen te leiden.
2. Temperatuuraanpassing
 - groen kan gebruikt worden om ingelaten ventilatielucht (zomer- en winterventilatie) kwalitatief te wijzigen

Effectiviteit

- Filtering: bij juiste uitvoering substantiële afvang fijnstof en gassen binnen de werkingsdiepte
- Temperatuuraanpassing: verlaging/verhoging van de luchttemperatuur van meerdere graden t.o.v. de omgevingstemperatuur mogelijk

Functie: Energiebesparing 1 (verwarming)

Klimaatscenario's voorspellen mildere winters, maar door mogelijke veranderingen in windpatronen is dit nog onzeker. Indien sprake is van meer oostenwind, worden winters kouder.

Energiebesparing blijft echter met het oog op vermindering van CO₂-uitstoot interessant. Groen kan een bijdrage leveren aan vermindering van de warmtelast in de vorm van dak- en gevelgroen, maar ook als windgeleiding door omgevingsgroen. Hierdoor zijn de maatregelen niet alleen te nemen op het niveau van gebouw of in de directe omgeving, maar ook in de openbare ruimte. Tevens kunnen maatregelen genomen worden op straat- of wijkniveau, waardoor niet alleen gebouweigenaren of -beheerders belanghebbenden zijn, maar ook terreineigenaren of -beheerders zoals gemeenten.



Woongebouw Wageningen: Windbeschutting
(foto: BELW advies)

Werkingsprincipe klimaatgroen

1. Vermindering warmteoverdracht
 - Door windsnelheidsverlaging wordt de afgestraalde warmte minder snel afgevoerd, waardoor het warmtetransport lager wordt
2. Vermindering infiltratie
 - Door windsnelheidsverlaging vermindert de winddruk en wordt infiltratie door kieren en openingen verminderd
3. Verhoging accumulatie
 - Beplantingsmassa accumuleert warmte
4. Verhoging temperatuur van ventilatielucht in het stookseizoen
 - Beplanting bij invoeropeningen van ventilatielucht kan de luchttemperatuur op laten lopen of juist laten dalen (c.q. sterke opwarming beperken)
5. Vermindering afstraling
 - Gebruik van bodemsubstraat en beplanting voor dak- of gevelgroen werkt isolerend

Ontwerpprincipes

1. Verminderde afstraling
 - Plaats beplanting zodanig voor of op een vlak dat de windsnelheid verlaagd wordt.
2. Vermindering infiltratie
 - Plaats beplanting zodanig voor of op een vlak dat de winddruk verlaagd wordt. Dit kan overigens ook in de naaste omgeving van een gebouw gesitueerd worden.
3. Verhoging accumulatie
 - Zorg voor aanwezigheid van beplantingsmassa op te verwarmen plaatsen
4. Temperatuuraanpassing ventilatielucht:
 - Maak indien mogelijk verschillende aanvoerroutes voor ventilatielucht: een voor de zomersituatie en een voor de wintersituatie en maak een geautomatiseerde temperatuursafhankelijke of een tijdsafhankelijke omschakeling. Voer beide punten uit volgens het werkingsprincipe.
 - Alternatief: kies bij een gecombineerde inlaat voor zomerbeschaduwing door bladverliezende beplanting, op een plaats die in de winter bezond is en waar afscherming tegen wind is.

5. Vermindering afstraling

- Gebruik van bodemsubstraat en beplanting voor dak- of gevelgroen werkt isolerend
-

Effectiviteit

- Warmteoverdracht lucht: beplanting kan windsnelheid met 70% doen afnemen in zijn werkingsgebied
- Accumulatie: aftopping temperatuurpieken bij beplanting op donkere, harde oppervlakken
- Temperatuuraanpassing: verlaging/verhoging van de luchttemperatuur van meerdere graden t.o.v. de omgevingstemperatuur mogelijk
- Isolatie: afname in afstraling is afhankelijk van weersomstandigheden en kan substantieel zijn (b.v. 23% voor een extensief dak in Canadese weersomstandigheden)

Factoren van invloed op de werking

- Groenstructuur: mate van gelijkvormigheid in hoogte en lengte, bedekkinggraad/grootte, beplanting in directe omgeving
 - Gebruikte materialen: bodemsubstraattype en -dikte
 - Soorten: bladverliezend of wintergroen, dichtheid
 - Oriëntatie: plaats t.o.v. heersende windrichting, koude wind, positie t.o.v. gebouw
 - Weersomstandigheden: temperaturen, heersende windrichting, neerslag, windsnelheden, etc.
-

Maatschappelijke effecten

- Gezondheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden (ontspannen, inspiratie) en daarmee de arbeidsproductiviteit

Economie

- Kosten: - aanleg en onderhoud
 - Baten: - attentiewaarde, imagowaarde, arbeidsproductiviteit
 - verlaging energiekosten/exploitatiekosten voor verwarming
-

Energiebesparing 1 (verwarming)



- 1 Verminderde afstraling door isolatiewaarde
 - 2 Verminderde infiltratie door windbeschutting van wintergroene gevelbegroeiing en bomenhaag
 - 3 Warmteaccumulatie tussen gebouw en groen
 - 4 Afbuigen van windstromen (meest effectief bij wintergroene bomen)
 - 5 Inlaat warmere en zuivere lucht via ondergrondse buis
-

Functie: Energiebesparing 2 (koeling)

Duurzaam bouwen is de laatste jaren vooral gericht op het verminderen van het gebruik van warmte-energie in woningen door goede isolatie en gebruik van passieve energie (zon). Een gevolg is echter, dat gebouwen te warm worden in de zomer. Het aantal en gebruik van airconditioners neemt dan ook toe en daarmee het gebruik van koelte-energie. Daar komt nog bij, dat als gevolg van de klimaatverandering meer zonneschijn wordt verwacht en daarmee een verhoging van de buiten- en binnentemperatuur. Verlaging van de koellast vormt hiermee zowel een klimaatadaptatie als een –mitigatiemaatregel. De maatregelen zijn te nemen aan het gebouw of in de directe omgeving, zoals in de openbare ruimte, waardoor niet alleen gebouweigenaren of –beheerders belanghebbenden zijn, maar ook terreineigenaren of –beheerders zoals gemeenten.



*Gevelbeschaduwing. Hanenhof, Wageningen
(Foto: BELW advies)*

Werkingsprincipe klimaatgroen

1. Beschaduwing
 - Vermindering warmteaccumulatie van anders bezonde ruimten en vlakken
2. Warmteonttrekking door verdamping
 - Verdampingsproces van groen (transpiratie) onttrekt warmte aan de lucht
 - Verdampingsproces van (substraat)bodem (evaporatie) onttrekt warmte aan massa
3. Verlaging temperatuur door combinatie van beschaduwing, windbeschutting en verdamping.
 - Bepanting bij invoeropeningen van ventilatielucht kan de luchttemperatuur laten dalen (c.q. sterke opwarming beperken)

Ontwerpprincipes

1. Beschaduwing
 - Bevorder afscherming van de zon door beplanting van anders bezonde ruimten en vlakken zoals bestrating, gevel en dak
2. Warmteonttrekking door verdamping
 - Verhoogde verdamping door omgevingsgroen, dak- of gevelgroen onttrekt warmte aan de lucht
 - bij aanleg van dakgroen zorgt de (substraat)bodem voor verdamping en warmteonttrekking aan dakmassa
3. Verlaging aanvangstemperatuur ventilatielucht (zie Luchtkwaliteit 2 (ventilatie))
 - Maak indien mogelijk verschillende aanvoerroutes voor ventilatielucht: een voor de zomersituatie en een voor de wintersituatie en maak een geautomatiseerde temperatuursafhankelijke of een tijdsafhankelijke omschakeling. Voer beide punten uit volgens het werkingsprincipe.
 - Alternatief: kies bij een gecombineerde inlaat voor zomerbeschaduwing door bladverliezende beplanting, op een plaats die in de winter bezond is en waar afscherming tegen wind is.

Effectiviteit

- Beschaduwing: dakgroen kan tot 90% besparing opleveren op koelingenergie, beschaduwing van de gevel kan tot 40% besparing opleveren (indien groen kunstmatige zonwering vervangt)
- Warmteonttrekking door verdamping: aftopping piektemperaturen, bijv. op daken van -30° tot +80° naar -5° tot +25°
- Temperatuurverlaging: verlaging van de luchttemperatuur van meerdere graden ten opzichte van de omgevingstemperatuur mogelijk

Factoren van invloed op de werking

- Groenstructuur: ruimtelijke eenheid, bedekkinggraad/grootte, type (dak-, gevel- of omgevingsgroen)
- Soorten: wintergroen, dichtheid, boom/struikarchitectuur
- Ruimtelijke indeling: oriëntatie ten opzicht van de zon, afstand tot gebouw

Maatschappelijke effecten

- Duurzaamheid: gebruikte materialen zijn voornamelijk levende materialen die onderhoud vergen. Vrijgekomen materialen zijn te gebruiken voor biomassa.
- Gebruikswaarde: gunstiger microklimaat verhoogt de jaarrond gebruikswaarde van zowel buitenruimte als binnenruimte
- Gezondheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden (ontspannen, inspiratie) en daarmee de arbeidsproductiviteit
- Afscherming van opwarmende en warmte-uitstralende oppervlakten verlagen het UHI-effect

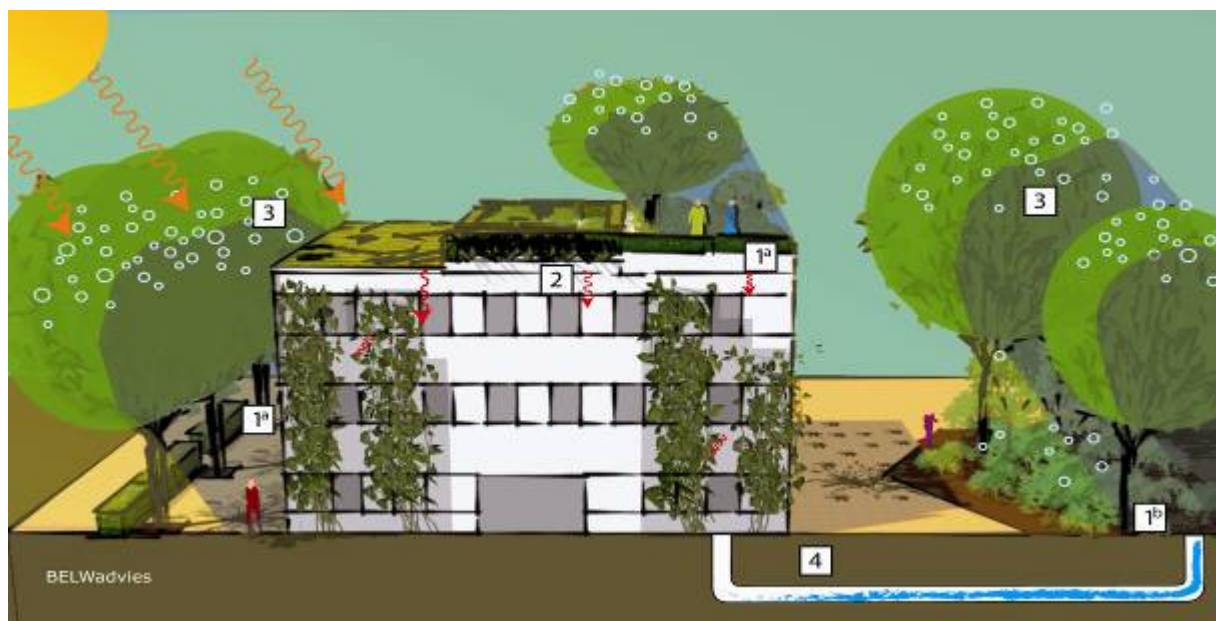


Den Haag: afkoeling binnentuin
(foto: BELW advies)

Economie

- Kosten: - aanleg en onderhoud
- Baten: - attentiewaarde, imago waarde, arbeidsproductiviteit,
 - besparing op installatiekosten door verlaagde koellast afhankelijk van gebouwvorm en bouwwijze en mate van begroening. Er zijn voorbeelden waarbij koeling grotendeels of geheel vervallen is.
 - verlaging van maximale oppervlaktetemperaturen en afscherming tegen UV-straling verlaagt onderhoudskosten en verlengt de levensduur van het materiaal. Dakbedekking gaan tot 3x zo lang mee.
 - Verlaging van koellast betekent verlaging van energiekosten voor koelingsapparatuur. De absolute besparing is groter bij bestaande, slecht geïsoleerde gebouwen (b.v. bedrijfsgebouwen, oudere woonwijken) of gebouwen met open gevels.

Energiebesparing 2 (koeling)



- 1 Beschaduwung van bezonde ruimte en vlakken (1a dak, 1b ventilatie-inlaat)
- 2 Verlaging warmteaccumulatie
- 3 Transpiratie / verdamping
- 4 Afkoeling ventilatielucht door omgevingsgroen en bodem

Functie: Wateropvang en -afvoer

Naar verwachting zal onder invloed van klimaatverandering de neerslag worden geconcentreerd in meer hevige buien. Hierdoor ontstaat aan de ene kant wateroverlast, maar ook perioden van droogte. Door opvang en gebruik van water te combineren kan aan de oplossing van beide problemen een bijdrage worden geleverd. Hoewel de maatregelen voor water vooral bedoeld zijn voor klimaatadaptatie, kan door bezuiniging op wateraanvoer (zuivering, aanvoer) door gebruik van zelf opgevangen water en waterafvoer (zuivering, bemaling) door filtering de maatregelen worden gezien als klimaatmitigatie. De maatregelen zijn te nemen aan het gebouw of in de directe omgeving, zoals in de openbare ruimte, waardoor niet alleen gebouweigenaren of -beheerders belanghebbenden zijn, maar ook terreineigenaren of -beheerders zoals gemeenten.



Vervanging van bestrating door groen

Werkingsprincipe klimaatgroen

1. Afhouden
 - Groen houdt invallend regenwater af van horizontale en verticale vlakken door afscherming, en laat water afstromen aan buitenkant van bladeren en door afspoeling via takken en stam
 - Door verdamping wordt een deel van het water afgegeven en hoeft niet te worden afgevoerd
2. Opvangen en bufferen
 - Veel oppervlak open water of infiltreerbare bodem vergroot de totale wateropvang
3. Bodeminfiltratie en waterafgifte
 - Een goed infiltreerbare bodem zorgt voor een beperking van afstroming naar oppervlaktewater
 - Buffering zorgt voor vertraging van afvoer en daardoor beperking en vertraging van piekhoeveelheden
4. Gebruik
 - Water in een buffer (vijver, bak) kan worden gebruikt voor bevoeiing beplantingen
 - Groen kan water zuiveren in de vorm van een helofytenfilter

Ontwerpprincipes

1. Afhouden
 - Bescherm gevels door verticale beplanting aan of voor gevel
 - Bescherm bestrating en dak door bomen
 2. Opvangcapaciteit
 - Maak waar mogelijk tijdelijk opvangvolume (vijver, bak, dak, wadi)
 - Verhoog de opvangcapaciteit per eenheid oppervlak door vergroting van vasthoudend vermogen
 3. Bodeminfiltratie en waterafgifte
 - Voer zoveel mogelijk horizontale vlakken (zoals dak) uit als groen infiltreerbaar oppervlak
 - Laat water van dak en verhardingen afstromen naar groen
 4. Gebruik
 - Gebruik open water in dakgroen of omgevingsgroen
 - Leid waterafvoer van dakgroen naar groen in omgeving van gebouw, al dan niet via een helofytenfilter
-

Effectiviteit

- Oppervlak: elke m² infiltreerbaar vlak scheelt
- Capaciteit: afhankelijk van gekozen pakket, maar 8-15mm per regenbui is mogelijk
- Afhouden: Gevelvlak 100% droog door begroeiing
- Sturen: Afhankelijk van gekozen oplossing, maar 8-15mm per regenbui is mogelijk

Factoren van invloed op de werking

- Abiotische factoren: (gradiënten in) bodem, water, mate van beschutting voor weersinvloeden
- Waterdoorlatendheid, -buffercapaciteit substraat of bodem: materialen, textuur/structuur
- Groenstructuur: ruimtelijke eenheid, bedekkinggraad/grootte
- Soorten: wintergroen, bladdichtheid, boom/struikarchitectuur, watergebruik

Maatschappelijke effecten

- Duurzaamheid: gebruik van regenwater, filtering afstromend water, vermindering afstroming naar oppervlaktewater/grondwater
- Gezondheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden en daarmee de arbeidsproductiviteit
- Afscherming van opwarmende en warmte-uitstralende oppervlakten door toevoeging oppervlaktewater verlaagt het UHI-effect

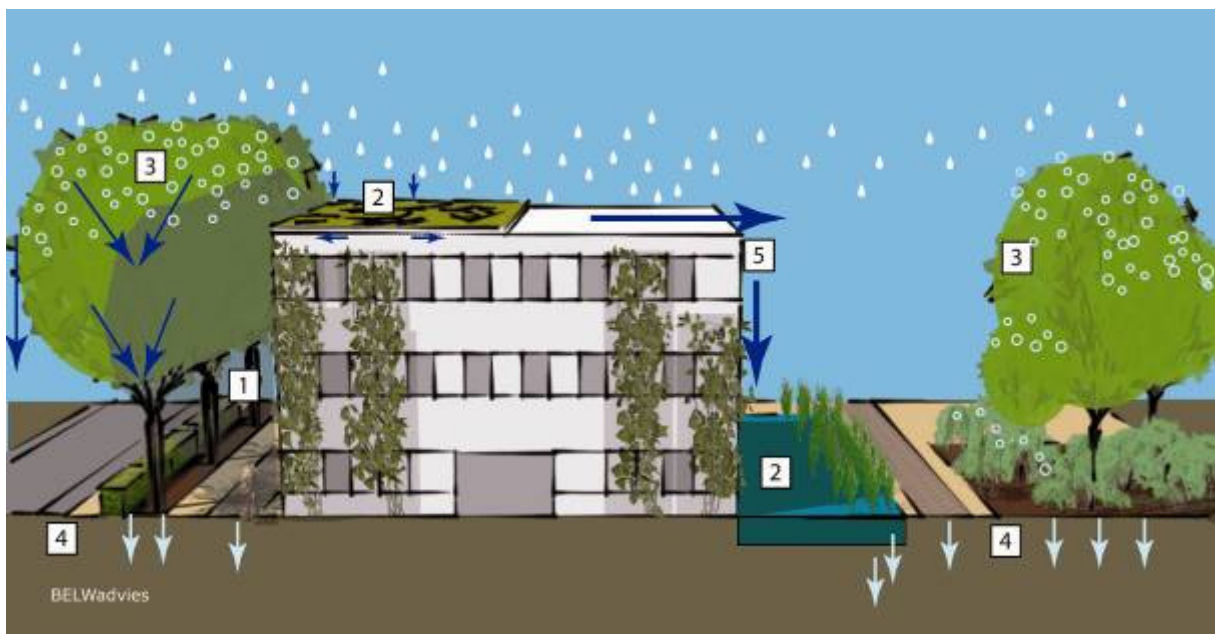
Economie

- Kosten: - aanleg en onderhoud
- Baten: - gebruik van regenwater,
- vermindering van waterafvoer
- betekent besparing op rioleringskosten



Verskil in wateropvang/infiltratie verharding/groen op dakniveau (foto: BELW advies)

Wateropvang en -afvoer

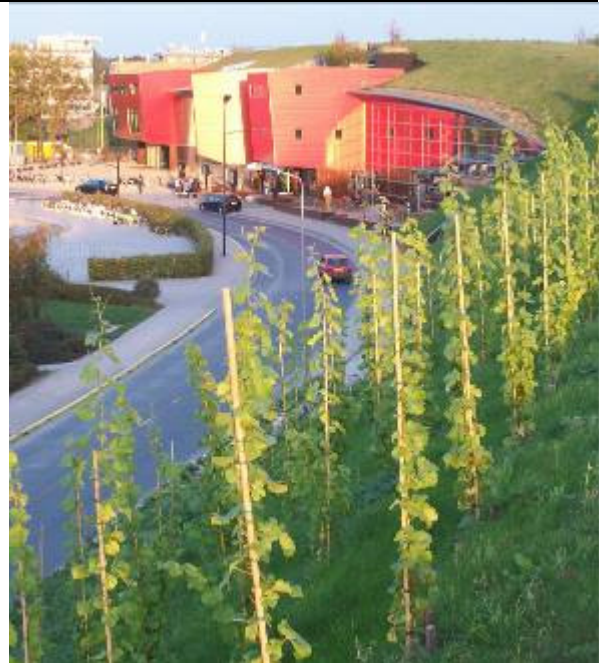


- 1 Water afhouden van gebouw
- 2 Water opvangen en bufferen
- 3 Water afgeven, evapotranspiratie
- 4 Water infiltreren in bodem via groenstroken, onverharde paden, vijver
- 5 Water afvoeren

Functie: CO₂-huishouding

Algemeen wordt aangenomen dat de stijgende productie van CO₂ bijdraagt aan klimaatveranderingen en zijn internationale afspraken gemaakt over vermindering van uitstoot en verhoging van opname.

Beplanting legt ten behoeve van haar groei CO₂ vast. Dit komt na afsterving weer vrij waardoor sprake is van een tijdelijke vastlegging tenzij organische stof wordt vastgelegd in veen of bodem. Voor het behalen van de nationale doelstellingen mag dat echter wel meegeteld worden. Door de biomassa te gebruiken als vervanging van fossiele brandstoffen wordt alsnog extra CO₂-winst behaald. De hoeveelheid vastgelegd CO₂ blijft op gebouwniveau zeer beperkt, omdat over het algemeen weinig ruimte is voor houtige gewassen van enige omvang en leeftijd. Omdat groen ook andere functies dient te vervullen is de toepassing ook niet gericht op vergroten van de oogstopbrengst. Mogelijk zijn afvalstromen van verwijderde plantdelen van meerdere gebouwen gezamenlijk voor biomassa-toepassingen te gebruiken of anders voor verbetering van het bodemleven via compostering.



Wijnbouw op hellend groendak, Cinemac, Ede
(foto: BELW advies)

Werkingsprincipe klimaatgroen

1. Vastlegging in beplanting
 - Via fotosynthese wordt CO₂ omgezet in zuurstof en voedingsstoffen voor de groei van de beplanting zelf zowel ondergronds (wortels) als bovengronds (verhouten delen en bladgroen).
2. Biomassaproductie
 - Bij gebruik van plantdelen als biomassa ter vervanging van fossiele brandstoffen wordt extra CO₂-prestatie geleverd.
3. Beperking verbranding fossiele brandstoffen
 - Door energiebesparing in zomer en winter wordt uitstoot als gevolg van verbranding van fossiele brandstoffen beperkt.

Ontwerpprincipes

1. Vastlegging:
 - Leg groen duurzaam aan, zodat langdurig een optimale groei kan worden bereikt
 - Optimaliseer groeiplaatsomstandigheden
 - Houd rekening met mogelijk toekomstig gebruik van de ruimte
 2. Biomassaproductie
 - Gebruik groen, dat geoogst kan worden voor biomassa zonder andere groenfuncties te schaden
 - Maak een plan voor gebruik of afzet van biomassa
 3. Beperking fossiele brandstoffen
 - zie Functieblad Energiebesparing
-

Effectiviteit:

- Vastlegging: grassen: bij extensief maaibeheer 0,7 kg CO₂/m²/jaar
bij houtige gewassen 0,5-0,8 kg CO₂/m²/jaar
- Biomassaproductie: beperkt mogelijk in directe nabijheid van bebouwde omgeving. Landbouw is interessanter door hogere toegevoegde waarde en mogelijke lokale toepassing
- Beperking fossiele brandstoffen: zie energiebesparingen

Factoren van invloed op de werking

- Biotische factoren: soortensamenstelling, ene soort legt meer vast dan andere
- Ouderdom beplanting: mate van vastlegging groeit progressief met de leeftijd van de beplanting
- Oriëntatie: goede lichttoetreding bevordert de groei en daarmee de vastlegging

Aandachtspunten

- Vastlegging van CO₂ is in de niet bebouwde omgeving een groter issue. Op gebouwniveau speelt dit met name als een binnenruimte of dakvlak ingericht wordt als openbare ruimte met grotere groene elementen.
- Andere functies van groen dienen niet te lijden onder biomassaproductie of tijdelijke verwijdering van groen
- Niet alle voedselgewassen zijn geschikt voor teelt in stedelijke omgeving vanwege beperkingen in (substraat)bodem, waterhuishouding, voedselrijkdom, teeltwijze of luchtvervuiling

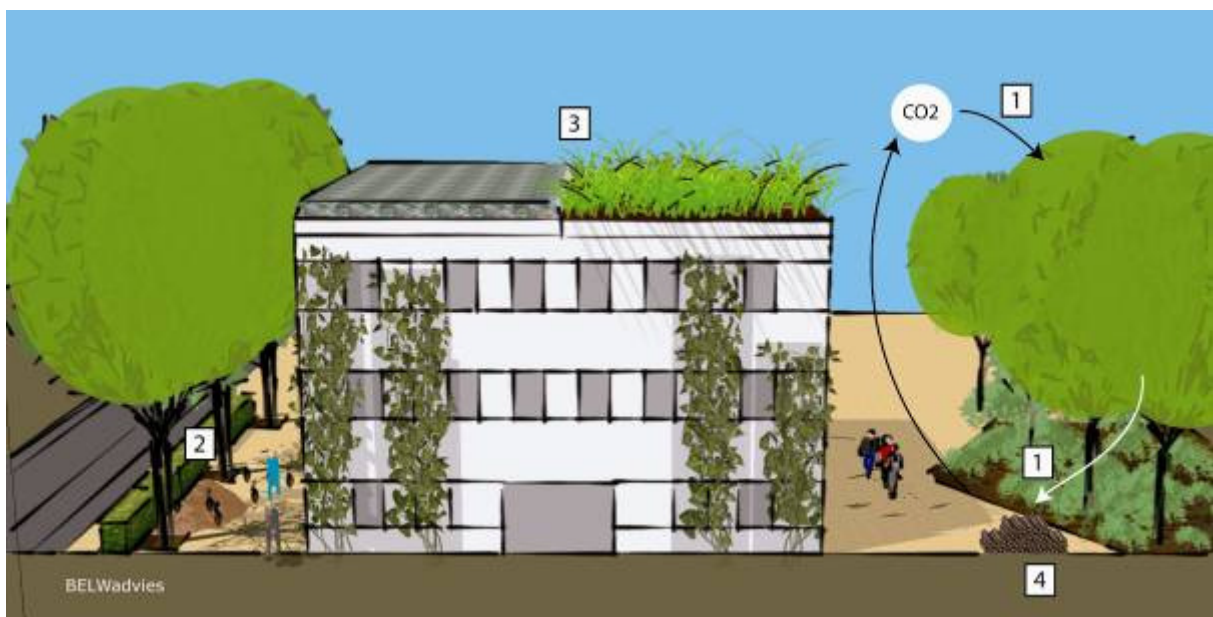
Maatschappelijke effecten

- Gezondheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden (ontspannen, inspiratie) en daarmee de arbeidsproductiviteit

Economie

- Kosten: - aandacht voor CO₂-gedrag bij soortkeuze, aanleg en onderhoud
- Baten: - attentiewaarde, imagowaarde, arbeidsproductiviteit
- bij substantiële vastlegging mogelijk vermarkting

Functie: CO₂ -huishouding



- 1 CO₂ opname door groen en kringloop
- 2 Bladafval voor compostering
- 3 Teelt van voedselgewassen
- 4 Energie: houtproductie

Functie: ecologie/biodiversiteit

De stad herbergt weliswaar minder soorten dan natuurgebieden, maar meer ten opzicht van agrarisch gebruikte gebieden. De bebouwde omgeving biedt door haar afwijkende microklimaat en abiotische omstandigheden mogelijkheden voor bijzondere en afwijkende biotopen ten opzicht van het buitengebied. Hierdoor is het mogelijk, dat bepaalde soorten vooral of alleen in stedelijk gebied voorkomen en juist profiteren van wijzigende klimaatomstandigheden. Groen op gebouwen kan daarbij zorgen voor verruiming van verblijfplaatsen en voedselaanbod voor voornamelijk vogels en insecten. Ook groen in de directe omgeving van gebouwen kan mogelijkheden bieden. Klimaatgroen op of rondom gebouwen draagt bij aan ontwikkeling van nieuwe biotopen of uitbreiding van bestaande door vorming van biologische stapstenen. In de huidige trend van de compacte stad staat de hoeveelheid groen en daarmee de natuurwaarde in de stad steeds meer onder druk.



Biodiversiteit op dak City Hall, Chicago

Werkingsprincipes klimaatgroen:

1. Ontwikkelen van biotopen
 - Door groene elementen ontstaan biotopen die interessant zijn voor vestiging of verblijf van (zeldzame) soorten. Soorten bepalen in belangrijke mate de kwaliteit van biotopen voor vestiging, verblijf, schuilen, fourageren, voortplanting, etc.
2. Creëren van gradiënten
 - Door variatie ontstaan gradiënten zoals licht-donker, vochtig-droog, arm-voedselrijk, dat interessant kan zijn voor ontwikkeling van biotopen
3. Afscherming van verstoringen
 - Door afscherming van verstoring (menselijke activiteiten, vervuiling) worden meer kansen gecreëerd voor de ontwikkeling van natuurwaarden

Ontwerpprincipes

1. Ontwikkelen van biotopen:
 - Voeg aan buitenvlakken (dak, gevel) van gebouw groen toe in de vorm van groendak, begroeide gevel en omgevingsgroen
 - Creëer bewust verblijf/schuilplaatsen voor fauna (bijvoorbeeld wintergroene, lage beplating met doorns)
 - Creëer mogelijkheden voor stedelijke flora, zoals muurvegetatie in omgevingsgroen
2. Creëren van gradiënten
 - Zorg voor afwisseling in maatregelen door:
 - variatie in ondergrond, reliëf, toepassing van water
 - variatie in toegepaste soorten (wintergroen, voedsel, etc.)
 - Leg koppelingen met groen en water in omgeving
3. Afscherming van verstoringen
 - Pas voorzieningen voor afscherming toe (heggen, muren) of gebruik afschermend groen

Effectiviteit

- Gevelgroen is interessant voor vele soorten insecten (vlinders) en vogels, waaronder ook bedreigde soorten
- In water-gerelateerde milieus (ondiepe vijvers met warme oevers) kunnen snel natuurwaarden worden ontwikkeld: waterplanten (bladeren onder water of drijvend), libellen, amfibieën.
- Inheemse plantensoorten zijn van nature gunstig voor voedselvoorziening, beschutting e.d. van inheemse diersoorten

Factoren van invloed op de werking

- Abiotische factoren: (gradiënten in) bodem, substraattype en -opbouw, water (vijver in omgeving of op dak), mate van beschutting voor weersinvloeden, ouderdom
- Biotische factoren: vegetatiestructuur (dichte, groenblijvende beplanting biedt meer schuilmogelijkheden), soortensamenstelling (b.v. waardplanten voor vlinders, voedselplanten voor vogels)
- Oriëntatie: mate van weersinvloeden
- Algemeen leidt diversifiëring tot grotere biodiversiteit, maar koppeling met andere plekken vergroot de ecologische waarde aanzienlijk.



Diversiteit: Gevelbegroeiing van Patrick Blanc

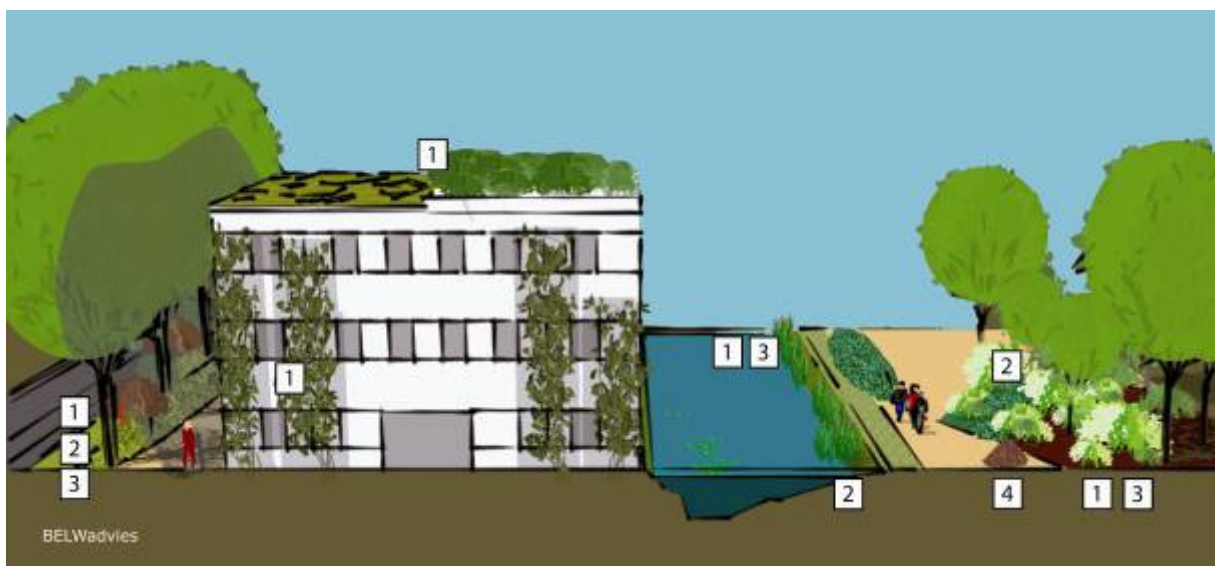
Maatschappelijke effecten

- Gezondheid: uitzicht op en contact met groen bevordert het welbevinden (ontspannen, inspiratie) en daarmee de arbeidsproductiviteit
- (Stads-) ecologie: verhoging van de ecologische waarde, extra verbinding tussen groene plekken in de stad versterkt ook ecologische waarde van andere plekken.

Economie

- Kosten: - aandacht voor variatie vanuit ecologie bij aanleg en onderhoud
- Baten: - attentiewaarde, imagowaarde

Functie: ecologie/biodiversiteit



- 1 Vorming van biotopen
- 2 Creëren van gradiënten
- 3 Afwisseling van soorten
- 4 Beheersmaatregelen zoals compostproductie

BIJLAGE I. GEREEDSCHAPSKIST: ONTWERPEN MET KLIMAATGROEN

Startpunt voor het ontwerpen met klimaatgroen vanuit functie





De benadering van het ontwerpen met klimaatgroen kan vanuit verschillende startpunten:

1. Vanuit de functie
2. Vanuit het gebouwonderdeel
3. Vanuit het middel

Bij benadering vanuit de gewenste functie wordt gekeken wat dan het werkingsgebied van klimaatgroen is, en vervolgens waar op, aan of in een gebouw dat gerealiseerd kan worden. Sommige aspecten kunnen maar op een enkele plaats aangebracht worden, andere kunnen veel breder ingezet worden.

Uiteraard correspondeert de werking van een maatregel met de verhouding tussen de omvang van de maatregel en het gewenste te bereiken effect.

Voorbeeld: voor een filterfunctie is de plaats van de maatregel belangrijk, maar ook de materialisering op de juiste schaal. Zo zal een enkel haagje het fijn stof niet in een totaal plangebied kunnen keren, maar wel op lokaal niveau, omdat het gebied direct rond de haag waarbinnen effecten voelbaar en meetbaar zijn in recht evenredige verhouding staat tot de grootte en de uitvoering van de haag.

| Functie | werkingsgebied | | | |
|---|---|---|--|--|
| |  dak |  gevel |  wand |  omgeving |
| energiebesparing 1 (verwarming) | verlaagt afstraling | verlaagt afstraling vermindert infiltratie | | verlaagt afstraling vermindert infiltratie |
| energiebesparing 2 (koeling) | vermindert instraling brengt massa in | vermindert instraling | brengt massa in verhoogt luchtvochtigheid | vermindert instraling |
| Wateropvang en -afvoer | neemt water op vergroete opvang door buffercapaciteit buffert hemelwater verbruikt/verdampt hemelwater | neemt water op vertraagde afvoer (gevel blijft droog) | door verdamping betere luchtvochtigheid | neemt water op vertraagde afvoer |
| luchtkwaliteit 1 (algemeen) | filter voor buitenlucht | filter voor buitenlucht | n.v.t. | filter voor buitenlucht |
| luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) | voorfiltering bij inlaat temperatuuraanpassing | voorfiltering bij inlaat temperatuuraanpassing | koppeling aan ventilatiesysteem of stand alone regulering luchtvochtigheid | voorfiltering bij inlaat temperatuur- aanpassing |
| CO₂-huishouding | bindt CO ₂ verlaagt CO ₂ -uitstoot | bindt CO ₂ verlaagt CO ₂ - uitstoot | bindt CO ₂ | bindt CO ₂ verlaagt CO ₂ - uitstoot |
| ecologie/ biodiversiteit | geeft plant/dier vestigings- of verblijfskansen | geeft plant/dier vestigings- of verblijfskansen | beperkte vestigingsmogelijk heden | geeft plant/dier vestigings- of verblijfskansen |

Startpunt voor het ontwerpen met klimaatgroen vanuit gebouwonderdeel

Bij de benadering vanuit het gebouwonderdeel wordt gekeken welke aspecten gehonoreerd worden door het dak aan te pakken, de gevel aan te pakken, of de binnenwand aan te pakken. Overige interieurbeplanting laten we hier buiten beschouwing als zijnde geen geïntegreerd deel van het ontwerp. Uiteraard geldt voor wat grootschaliger interieurbeplanting in atria, serres, gangen en kantoorruimtes in principe hetzelfde als voor groene wanden. Elk effect is ook hier gekoppeld aan de mate waarin beplanting ingebracht wordt.

| gebouwonderdeel | functie | werkingsgebied | toepassingsvormen |
|-----------------|---|---|---|
| dak | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat temperatuuraanpassing urban heat effect verhoogt isolatie bespaart op koelingskosten buffert regenwater bevordert stadsecologie | ⇒ - extensief groen dak - intensief groen dak (sedum/vaste planten /kleine bomen) - atriumbeplanting |
| gevel | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat regulering luchtvochtigheid temperatuuraanpassing urban heat effect op straatniveau houdt gevel droog legt CO ₂ vast vermindert CO ₂ -uitstoot bevordert stadsecologie | ⇒ - klimplanten - plantenwand - volvlaks - plantenwand doorstroombaar |
| wand | Energiebesparing 2 (koeling) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) | koppeling aan ventilatiesysteem of stand alone regulering luchtvochtigheid buffering ruimtetemperatuur | ⇒ - klimplanten - plantenwand - volvlaks - plantenwand doorstroombaar - atriumbeplanting |
| omgeving | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit | Windafscherming Zonafscherming Waterbuffering en vertraagde afvoer Windsturing en filter voor buitenlucht Verlaging luchttemperatuur Urban heat effect op straatniveau CO ₂ -vastlegging biotoopvorming | ⇒ - bomenrij - haag - tuin met gazon, struiken, kruiden, vijver, helofytenfilter - hakhout |

Startpunt voor het ontwerpen met klimaatgroen vanuit de beplantingsvorm

Bij de benadering vanuit de beplantingsvorm wordt gekeken op welk gebied resultaat met verschillende beplantingsvormen te halen is. Verschillende vormen hebben verschillende werkingen en verschillende toepassingsplaatsen.

| Beplantingsvorm | werking | plaats | functieblad |
|--|--|---|---|
| Hoge beplanting (bomen) | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat windsturing | Dak Atrium Patio Omgeving | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |
| Klimplanten | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat | Dak Gevel Omgeving | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |
| Lage beplanting (struiken, vaste planten) | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat | Dak Gevel Atrium Patio Wand Omgeving | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |
| Zeer lage beplanting (sedum e.d.) | filter voor buitenlucht voorfiltering bij inlaat | Dak | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |
| Grassen | filter voor buitenlucht | Dak Omgeving | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |
| Mossen | | Dak | Energiebesparing 1 (verwarming) Energiebesparing 2 (koeling) Wateropvang en -afvoer Luchtkwaliteit 1 (algemeen) Luchtkwaliteit 2 (ventilatielucht) CO ₂ -huishouding Ecologie/biodiversiteit |

BIJLAGE II. TERUGVERDIENSHEMA'S MAATREGELEN KLIMAATGROEN

Terugverdienschema's maatregelen klimaatgroen Groen dak

Productomschrijving:

Het product groendak is geen eenduidig begrip. Er zijn grasdaken, lichtgewicht mos-sedumdaken, maar ook parkdaken met hogere beplanting.

Werkomschrijving:

Eenmalig:

Vorbereiding:

- constructieve aanpassingen: constructieverzwaring afhankelijk van type/gewicht dakpakket

Aanschaf:

- inkoop van het product: drainagevoorziening, substraat, beplanting, evt. lekdetectiesysteem
- aanbrengen van het product: inzet, logistiek

Nazorg:

- zorg na aanbrengen: waterhuishouding, voeding

Jaarlijks:

Exploitatie:

- instandhouding: inboet, verwijderen opschot, waterhuishouding, vervanging ondergrond
- door isolatie lagere verwarmingskosten
- door accumulatie lagere koelingskosten
- door massa-absorptie lagere geluidweringskosten
- door waterbuffering lagere waterhuishoudingskosten

Kosten/batenomschrijving vergelijking traditioneel dak / groendak

| | materiaal + verwerking / m2 |
|--|-----------------------------|
| <i>Bouwkundige verschillen en gevolgen</i> | |
| Bouwkundige verschillen: | |
| - dakconstructie en randafwerking | + 10,-- |
| Invloed op installaties: | |
| - besparing installatiekosten (verwarming/koeling/water) | - 24,-- |
| | ----- |
| Totaal bouwkundig | - 14,-- /m2 |
| <i>Aanschaf:</i> | |
| - inkoop van het product: | + 50,-- /m2 |
| <small>(bron: Handleiding groendaken gem. Amsterdam, prijzen verschillen per pakket vanaf 35,--)</small> | |
| <i>Exploitatie:</i> | |
| - besparing energiekosten (verwarming/koeling) | 3,50 |
| - besparing op levensduur dakbedekking incl. onderhoud | 2,50 |
| | ----- |
| Jaarlijkse besparing | 6,-- /m2 |

Doorgerekend vanaf de initiële investering:

Benodigde investering: aanschaf €50,-- - directe bouwkundige besparing €14,-- = €36,-- / m2

Bij jaarlijkse besparing van €6,-- / m2 betekent dit een terugverdientijd van 6 jaar.

** In diverse gemeentes wordt subsidie op de aanleg van groendaken verleend op grond van verlaging van kosten voor waterafvoer- en reiniging op voorwaarde van afkoppeling van het (gecombineerde) rioleringsstelsel. De hoogte hiervan ligt tussen € 20,-- en € 25,-- /m2.*

Opm: Niet meeberekend is arbeidsproductiviteitsverbetering bij uitzicht op groen. Dakbegroeiing op het eigen gebouw is alleen zichtbaar voor degenen die er in werken als het gebouw bestaat uit bouwmassa's van verschillende hoogte.

Terugverdienschema's maatregelen Groene buitenwand / gevelbegroeiing

Productomschrijving:

Er zijn verschillende vormen van gevelbegroeiing:

- 1) Zelfhechtende klimplanten direct op de gevel
 - Alleen bepaalde soorten welke zelf hechtwortels maken
 - Opm: beschadiging van de gevel alleen bij oud verweerd voegwerk en naden tussen metselwerk en houtwerk, in andere gevallen goede bescherming
 - 2) Rankende klimplanten op raster of groeirek direct op de gevel
 - Ook geschikt voor soorten die hechten door ranken of vastgebonden worden.
 - 3) Idem op groeirek op afstandhouders, zodat een luchtspouw ontstaat
 - Zinvol bij gebruik van de luchtspouw
 - 4) Beplanting in bakken
 - Vereist een draagstructuur voor bakken
 - 5) Volgevelbeplanting door plaatsing van een laag groeimedium over de gehele geveloppervlak, waar vervolgens planten in gestoken worden
-

Werkomschrijving:

Eenmalig:

Vorbereiding:

- constructieve aanpassingen: constructieverzwaring afhankelijk van type/gewicht gevelpakket
- fundering zelfstandige drager
- ontwerpaanpassing installaties

Aanschaf:

- koop en montage drager
- inkoop van het product: drainagevoorziening, substraat, beplanting, evt. lekdetectiesysteem
- aanbrengen van het product: inzet, logistiek

Nazorg:

- zorg na aanbrengen: waterhuishouding, voeding

Jaarlijks:

Exploitatie:

- instandhouding: inboet, verwijderen opschot, waterhuishouding, vervanging ondergrond
 - door isolatie lagere verwarmingskosten
 - door accumulatie lagere koelingskosten
 - door massa-absorptie lagere geluidweringskosten
 - door waterbuffering lagere waterhuishoudingskosten
-

**Kosten/batenomschrijving groene gevel klimplanten op raster hoogte 8 meter
stel i.v.m. aanwezigheid ramen effectieve begroening 6m² per m¹ gevel**

| | materiaal + verwerking / m ² |
|--|---|
| <i>Bouwkundige verschillen en gevolgen</i> | |
| Bouwkundige besparingen: | |
| - Gevel en straatwerk | - 49,-- |
| Invloed op installaties: | |
| - besparing installatiekosten (verwarming/koeling) | - 8,-- |
| | ----- |
| Totaal bouwkundig | - 57,-- /m ² |
| <i>Aanschaf:</i> | |
| - inkoop van het product: | + 120,-- /m ² |
| - aanbrengen van het product: inzet, logistiek | incl. |
| Nazorg: | |
| - zorg na aanbrengen: waterhuishouding, voeding | incl. |
| Onderhoud Hedera | 8,-- |
| Onderhoud bloeiende gedifferentieerde beplanting | 25,-- |
| <i>Exploitatie:</i> | |
| - besparing energie (verwarming/koeling) | 1,50 |
| - besparing onderhoud | 4,50 |
| | ----- |
| Jaarlijkse besparing /m ² groene gevel | 6,-- |

Doorgerekend vanaf de initiële investering:

Benodigde investering: aanschaf €120,-- - directe bouwkundige besparing €57,-- = €63,-- / m²

Bij jaarlijkse besparing van €6,-- / m² betekent dit een terugverdientijd van 10,5 jaar.

Opm.

Jaarlijks onderhoud aan de beplanting dient nog meegerekend te worden. Het is de vraag of het reëel is om dit in de technische vergelijking mee te nemen.

Van wandafwerking wordt zelden een terugverdientijd berekend omdat de keuze op voornamelijk op beeldkwaliteit gemaakt wordt. Voor een groene wand geldt dit zeker, aangezien de beeldkwaliteit zeer hoog is, in feite beeldbepalend voor de ruimte en/of het gebouw.

Als het onderhoud net als bij alle andere afwerkingen per werkplek bekeken wordt en in dezelfde categorie valt als stofzuigen, schoonmaken en glazenwassen is het al een ander verhaal.

Er wordt op dit moment gewerkt aan groene-wand-systemen met een reinigende functie. Het is niet ondenkbaar dat die vervolgens ook een gunstige invloed hebben op de stofverwijderingsfrequentie van de ruimte, of op zijn minst op de luchtkwaliteit in het algemeen en daarmee op de gezondheid en de arbeidsproductiviteit van de gebruikers.

Veel gunstiger is het als er vanuit het gebouw zicht is op de groene gevel. Op dat moment gaat de stijging van arbeidsproductiviteit c.q. daling van ziekteverzuim van de gebouwgebruikers die dat zicht vanaf de werkplek hebben een rol spelen.

Het exploitatiedeel wordt dan als volgt:

Exploitatie:

| | |
|--|--------|
| - besparing energie (verwarming/koeling) | 1,50 |
| - besparing onderhoud | 4,50 |
| - vermindering ziekteverzuim bij uitzicht op groen | 100,-- |
| | ----- |
| Jaarlijkse besparing /m2 groene gevel | 106,-- |

Doorgerekend vanaf de initiële investering:

Benodigde investering: aanschaf €120,-- - directe bouwkundige besparing €57,-- = €63,-- / m2
Bij jaarlijkse besparing van €106,-- / m2 betekent dit een terugverdientijd van 0,6 jaar.

Opm:

De arbeidsproductiviteitsvoordelen worden uiteraard alleen geïncasseerd als er sprake is van arbeidende personen. In de casus plan Dobbelsteen in Sittard is dit beperkt van toepassing. Bij onderzoek naar leerprestaties in samenhang met contact met of uitzicht op groen wordt eveneens geconstateerd dat het concentratievermogen toeneemt en in samenhang daarmee de leerprestatie. Parallel aan de onderzoeken naar personeelssituaties in de gezondheidszorg kan waarschijnlijk ook gesteld worden dat arbeidsprestatie en welbevinden van docenten positief beïnvloed wordt door de aanwezigheid van groen.

Terugverdienschema's maatregelen Groene binnenwand

Productomschrijving:

Er zijn verschillende vormen van binnenwandbegroeiing:

- 1) In bakken of cassettes op een draagstructuur
- 2) Vollewandsbegroeiing, ingeplant in plaatvormige substraathouders

In beide gevallen dient een geautomatiseerd bewateringssysteem toegevoegd te worden

Bij type 1 wordt op dit moment ook een type ontwikkeld dat gekoppeld wordt aan de installaties (ventilatie/luchtbehandeling)

Werkomschrijving:

Eenmalig:

Vorbereiding:

- behandeling wand met name op vochtgedrag
- ontwerpaanpassing installaties

Aanschaf:

- koop en montage draagstructuur
- inkoop van het product: drainagevoorziening, substraat, beplanting
- aanbrengen van het product: inzet, logistiek

Nazorg:

- zorg na aanbrengen: waterhuishouding, voeding

Jaarlijks:

Exploitatie:

- instandhouding: inboet, verwijderen opschot, waterhuishouding, vervanging ondergrond
- door accumulatie/temperatuurbuffering lagere koelingskosten
- door vochtthuishouding (verdamping, opname) geen extra luchtbevochtiging nodig
- door filtering luchtkwaliteitsverbetering
- door aanwezigheid/uitzicht op groen lager ziekteverzuim

Kosten/batenomschrijving groene binnenwand

| | materiaal + verwerking / m2 |
|--|-----------------------------|
| <i>Bouwkundige verschillen en gevolgen</i> | |
| Bouwkundige besparing: | |
| - aanpassingen wand i.v.m. vochtuithouding | - 18,-- |
| Invloed op installaties: | |
| - besparing installatiekosten | - 9,-- |
| | ----- |
| Totaal bouwkundig | - 27,-- /m2 |
| <i>Aanschaf:</i> | |
| - inkoop van het product: stel | + 350,-- /m2 |
| - aanbrengen van het product: inzet, logistiek | incl. |
| <i>Nazorg:</i> | |
| - zorg na aanbrengen: waterhuishouding, voeding | incl. |
| <i>Exploitatie:</i> | |
| - besparing koelingsenergie | 1,-- |
| - onderhoud wand | 1,-- |
| - vermindering ziekteverzuim bij uitzicht op groen | 200,-- |
| | ----- |
| Jaarlijkse besparing /m2 groene wand exclusief onderhoud | 202,-- |

Onderhoudskosten van binnenbeplanting zijn sterk afhankelijk van het soort beplanting, de groeiomstandigheden, de mate en frequentie van verzorging die gewenst is en de mate waarin de gebruikers zelf ingeschakeld worden.

Onderhoud Hedera 8,--/m2/jaar
 Onderhoud bloeiende gedifferentieerde beplanting 25,--/m2/jaar
 Voorbeeld: jaarlijks onderhoud binnenbeplanting Gasuniegebouw (schoolvoorbeeld van een gebouw met veel beplanting) kost €150,--/werkplek/jaar. Dit valt in het niet bij de overige werkplekkosten.

Doorgerekend vanaf de initiële investering:

Benodigde investering: aanschaf €350,-- - directe bouwkundige besparing €27,-- = €333,-- / m2
 Bij jaarlijkse besparing van €202,-- / m2 betekent dit een terugverdientijd van 1,6 jaar.

Opm.

Jaarlijks onderhoud aan de beplanting dient nog meegerekend te worden. Het is de vraag of het reëel is om dit in de technische vergelijking mee te nemen.

Van wandafwerking wordt zelden een terugverdientijd berekend omdat de keuze op voornamelijk op beeldkwaliteit gemaakt wordt. Voor een groene wand geldt dit zeker, aangezien de beeldkwaliteit zeer hoog is, in feite beeldbepalend voor de ruimte en/of het gebouw.

Als het onderhoud net als bij alle andere afwerkingen per werkplek bekeken wordt en in dezelfde categorie valt als stofzuigen, schoonmaken en glazenwassen is het al een ander verhaal.

Er wordt op dit moment gewerkt aan groene-wand-systemen met een reinigende functie. Het is niet ondenkbaar dat die vervolgens ook een gunstige invloed hebben op de stofverwijderingsfrequentie van de ruimte, of op zijn minst op de luchtkwaliteit in het algemeen en daarmee op de gezondheid en de arbeidsproductiviteit van de gebruikers.

Opm:

Arbeidsproductiviteitsvoordelen: zie Terugverdienschema's maatregelen; Groene buitenwand / gevelbegroeiing

Literatuurverwijzingen

- i Website www.functioneelgroen.nl Website over Grensregioproject Toepassing Functioneel groen, luchtgroen, klimaatgroen en sociaal groen.
- ii Website www.functioneelgroen.nl Website over Grensregioproject Toepassing Functioneel groen, luchtgroen, klimaatgroen en sociaal groen.
- iii Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva, Switzerland. pp 104 elektronische versie)
- iv Greater London Authority, (2006). The London Atmospheric Emissions Inventory 2003
- v Natural Resources Canada (NRCAN) (2007); Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective
- vi Alterra (2009) Groen voor Klimaat Onderzoek uit het programma Ruimte voor klimaat. www.ruimtevoorklimaat.nl
- vii Jauregui, E., 1990. Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city.
- viii Luchtkwaliteit en klimaatverandering. Een samenhangend probleem voor de Rotterdamse Haven, Timmermans en Bultjes in RAIL kennisdocument DCMR 2009
- ix Wetering, J.E. van de (2008). Lucht zuiveren met groen luistert nauw, Tuin en landschap, 12. 2008
- x Schoenmaker- van der Bijl (2008) Na luchtgroen ook klimaatgroen, Tuin en landschap nr 14.
- xi Gezondheidsraad 2009
- xii KNMI website www.knmi.nl
- xiii Brzal, (2007) Opwarming van de aarde,
- xiv Gezondheidsraad 2009
- xv Rahola B.S., P. van Oppen & K. Mulder, 2008. Heat in the city - An inventory of knowledge and knowledge deficiencies regarding heat stress in Dutch cities and options for its mitigation.
- xvi Beckett K.P. Freer-Smith, P.H. Taylor, G. (2000a). "The capture of particulate pollution by trees at five contesting urban sites", in: Journal of Arboriculture, Vol. 24, pag. 209-230
- xvii Nasrullah N., Tatsumoto H. (2004) Effect of roadside planting and road structure on NO₂ concentration near roads, Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, volume 40, p.p. 328-327, juni 2004.
- xviii BELW editors (2008) Opgelucht Groen vermindert fijnstof, Brochure Interregproject Fijnstof en Groen Wageningen: BELW
- xix Caborn, J.M., (1957). Shelterbelts and microclimate. Edinburgh University, Department of Forestry Edinburg
- xx Centre for Understanding the Environment (CUE) van het Horniman Museum, in Forest Hill, Zuidoost-Londen, past uit lezing Constructieve toepassing van Planten in Kantoorgebouwen Auteurs : P. Costa C. Eng. en Prof. R.W. James, South Bank University, Bron : Internationaal Symposium "Plants for People", 23 november 1995
- xxi B.C. Wolverton: How to grow fresh air, uitg. Penguin Books 1996
- xxii Website www.es-consulting.nl Website over Integraal Technisch Groen, luchtgroen, klimaatgroen.