Infonota

Hittebestendigheid van particuliere woningen

provincie Oost-Vlaanderen

Interreg 2 Seas Mers Zeeën

COOL TOWNS

Inhoudstafel

VOORWOORD 3

INLEIDING 5

HOU JE HUIS KOEL: IN EEN NOTENDOP 7

DE BEHOEFTE OM TE KOELEN VERLAGEN 8

1. Microklimaat rondom gebouw 10

2. Beglaasde oppervlakken 13

a. Optimalisatie van de grootte en oriëntatie van raamopeningen 13

b. Zonwering 15

c. Beglazing 24

3. Gesloten gebouwdelen 26

a. Reflectievermogen van de buitenafwerking 26

b. Isoleren 28

c. Thermische massa (= thermische inertie) 30

d. Groendaken 32

e. Groene gevel 36

4. Interne warmtewinsten reduceren 38

KOELTECHNIEKEN 39

A. Passieve koeling 41

5. Intensieve natuurlijke nachtventilatie / free-cooling 41

a. Schouweffect 43

b. Mechanisch ventilatiesysteem 43

6. Passief koelen via ventilatie 46

a. Lucht-aardwarmtewisselaar of AWW 46

b. Bodemwarmtewisselaar (BWW) - koelvloeistof in grond 48

c. Adiabatische koeling 49

7. Passief koelen met geothermische warmtepomp 50

B. Actieve koeling 51

8. Ventilator 51

9. Actief koelen met een warmtepomp (“airco”) 52

VERKLARENDE WOORDENLIJST 53

LITERATUURLIJST 55

VOORWOORD

Doel en inhoud

Deze infonota spitst zich toe op de maatregelen die het zomercomfort in bestaande woningen vergroten. Dit document biedt een overzicht van de maatregelen waarmee je de opwarming van een woning kan beperken en waarmee je een woning kan afkoelen.
De infonota is ontwikkeld door de MilieuAdviesWinkel in opdracht van het Steunpunt Duurzaam Wonen en Bouwen van de Provincie Oost-Vlaanderen, in het kader van het Europees Interreg 2 Zeeën project *Cool Towns*, dat werkt aan meer kennis en oplossingen rond hittestress in steden en verstedelijkte omgevingen.

Doelgroep en gebruik van dit document

Deze nota is oorspronkelijk opgesteld als leidraad voor adviseurs die duurzaam bouwadvies afleveren aan particulieren. Ook voor bouwprofessionelen, aannemers, architecten en particulieren die diepgaandere info over het onderwerp zoeken, kan dit document nuttig zijn. Het biedt een zo volledig en gedetailleerd mogelijk overzicht van maatregelen die kunnen genomen worden.

Beeldmateriaal

De afbeeldingen met bron ‘eigen tekening’ zijn opgemaakt door MilieuAdviesWinkel in opdracht van de Provincie Oost-Vlaanderen.

Verklarende woordenlijst

Woorden met een ster * worden verklaard in de verklarende woordenlijst achteraan dit document.

Vragen en opmerkingen

Heb je vragen of opmerkingen over deze infonota, dan kan je terecht bij dubo@oost-vlaanderen.be

Meer informatie

Meer over Cool Towns vind je op **www.cooltowns.eu** en **www.bouwwijs.be/cooltowns**.

Ben je particulier in de Provincie Oost-Vlaanderen en heb je meer advies nodig? Dan kan je terecht bij het Steunpunt Duurzaam Wonen en Bouwen.
Voor een korte vraag kan je terecht bij het infoloket via **www.bouwwijs.be/bouwadvies-en-premies/infoloket**.
Voor een uitgebreider renovatieadvies op maat kan je inschrijven via de website **www.bouwwijs.be/renovatieadvies**

Totstandkoming

Het project Cool Towns is gesubsidieerd door het Interreg 2 Zeeën-Programma 2014-2020, gecofinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling in het kader van subsidiecontract nr. 2S05-040.
Deze publicatie is mee mogelijk gemaakt door dit fonds, met cofinanciering door Provincie Oost-Vlaanderen.

Bijdragen

Tot de ontwikkeling van deze infonota hebben Cool Towns partners bijgedragen:

Gemeente Middelburg, Gemeente Breda, Provincie Oost-Vlaanderen, Stad Oostende, Soutend on Sea Borough Council, University of Greenwich, Kent County Council, Université Picardie Jules Verne, GreenBlue Urban, AUD Agence d'Urbanisme et Développement de la région de Sint-Omer et Flandre Intérieure, Hogeschool van Amsterdam, Sioen industries, Communauté d'agglomération du Pays de Saint Omer.
Ook de Hogeschool Zeeland en haar studenten hebben tot de totstandkoming bijgedragen.

Publicatiedatum

20 januari 2022

INLEIDING

Klimaatverandering

De jongste jaren wordt het steeds duidelijker: we verlaten een gematigd klimaat en krijgen in de plaats een klimaat van meer extremen. De temperatuurstijging door de klimaatopwarming leidt tot meer periodes van extreme droogte maar ook van extreme natte.[1] Steden in het noordelijk halfrond zullen temperaturen ervaren die vergelijkbaar zijn met steden die 1000 km in het Zuiden liggen. In Europa zal de gemiddelde zomertemperatuur met 3,5°C stijgen. Voor Vlaanderen betekent dit dat we ongeveer het klimaat van Carcassonne zullen krijgen tegen 2050.[2] Vooral in dichtbebouwde omgevingen staan mensen bloot aan hittestress als gevolg van klimaatverandering. Door de blokkering van wind en het vasthouden van warmte in beton, asfalt en stenen kan het in een dichtbebouwde omgeving nog veel warmer worden dan in de omliggende gebieden. Zo kunnen deze omgevingen uitgroeien tot heuse hitte-eilanden. Vooral tijdens de nacht kan het temperatuurverschil met het gebied errond oplopen.

Er wordt dus verwacht dat de koelvraag in gebouwen substantieel zal verhogen tegen 2050. Om een aangenaam binnenklimaat te creëren in onze woningen, moeten we dus oververhitting zoveel mogelijk beperken. In deze nota bespreken we de bouwkundige maatregelen en de technieken die je op je woning kan toepassen. Hierbij ligt de focus op residentiële gebouwen en op de aanpassing, renovatie of uitbreiding van bestaande woningen.

Comfort

Hitte heeft een belangrijke invloed op het comfort in een gebouw. De grenswaarde voor comfort ligt ongeveer rond de 24 à 27 °C voor de binnentemperatuur, waarbij we een slaapkamer liever maximum rond de 24°C houden, terwijl we in de leefruimte tot maximum rond de 27°C kunnen verdragen.[3] Comfort is echter iets subjectiefs. Het wordt niet enkel beïnvloed door de luchttemperatuur, maar ook door onze activiteitsgraad, kleding, luchtsnelheid, de stralingstemperatuur van omliggende wanden en de relatieve vochtigheid. Ook ervaart ieder mens het binnenklimaat anders, zelfs al zijn de objectieve parameters gelijk. In deze nota richten we ons op het beperken van de luchttemperatuur binnen.

1 www.tijd.be/dossiers/klimaat/aantal-extreme-buien-zal-komende-decennia-toenemen/10321644.html

2 www.hln.be/wetenschap-planeet/weernieuws/kaart-brussel-wordt-tegen-2050-even-heet-als-canberra-nu-meer-dan-vijf-graden-erbij-in-zomermaanden~a9d4f813/

3 V. Vanwelde (2017) Het thermische comfort in de zomer handhaven. WTCB-contact nr. 56, 2017-4

Gezondheid

Bestrijding van hitte is echter niet enkel een kwestie van comfort, maar in sommige gevallen ook van levensbelang. In Europa hebben klimaat- en weer gerelateerde gebeurtenissen bijna 90.000 extra doden veroorzaakt in de periode 1980-2016. Het merendeel van die extra sterftes (87%) hield verband met hittegolven. De buitengewone sterfteratio tijdens hittegolven is het hoogst bij bejaarden en bij mensen die vooraf reeds ziek waren. Baby's en jonge kinderen vormen ook een risicogroep omdat hun temperatuurregulatie nog in ontwikkeling is en er ook sneller uitdroging kan optreden. Bovendien tonen onderzoekers aan dat hittegolven niet enkel leiden tot vroegtijdige overlijdens, maar dat hoge omgevingstemperaturen ook leiden tot significant meer vroeggeboortes (geboorte na 36 weken zwangerschap of minder) in Vlaanderen. Publieke bewustwording van de hitte-problematiek en de installatie van een opvolgingssysteem kunnen het aantal hittedoden sterk terugdringen.[4]

Andere negatieve effecten van hitte

De Hogeschool van Amsterdam heeft een mindmap ontwikkeld met een overzicht van de negatieve effecten van hitte. Meer info op **www.hittebestendigestad.nl/mindmap**.

Hitte-eilandeffect

Veel van de maatregelen die je kunt nemen om de binnentemperatuur in de woning te beperken, hebben ook een invloed op grotere schaal, namelijk de reductie van het hitte-eilandeffect* (vooral in dicht bebouwde kernen in steden en gemeenten). Gunstige maatregelen voor het hitte-eilandeffect zijn het aanbrengen van vegetatie op en rond de woning en de keuze voor afwerkingsmaterialen voor gevels, daken en verhardingen die zo weinig mogelijk warmte absorberen. Dit heeft ook een gunstige invloed op de gevoelstemperatuur in de buurt van de woning: aan de straatzijde, voortuin of achtertuin.

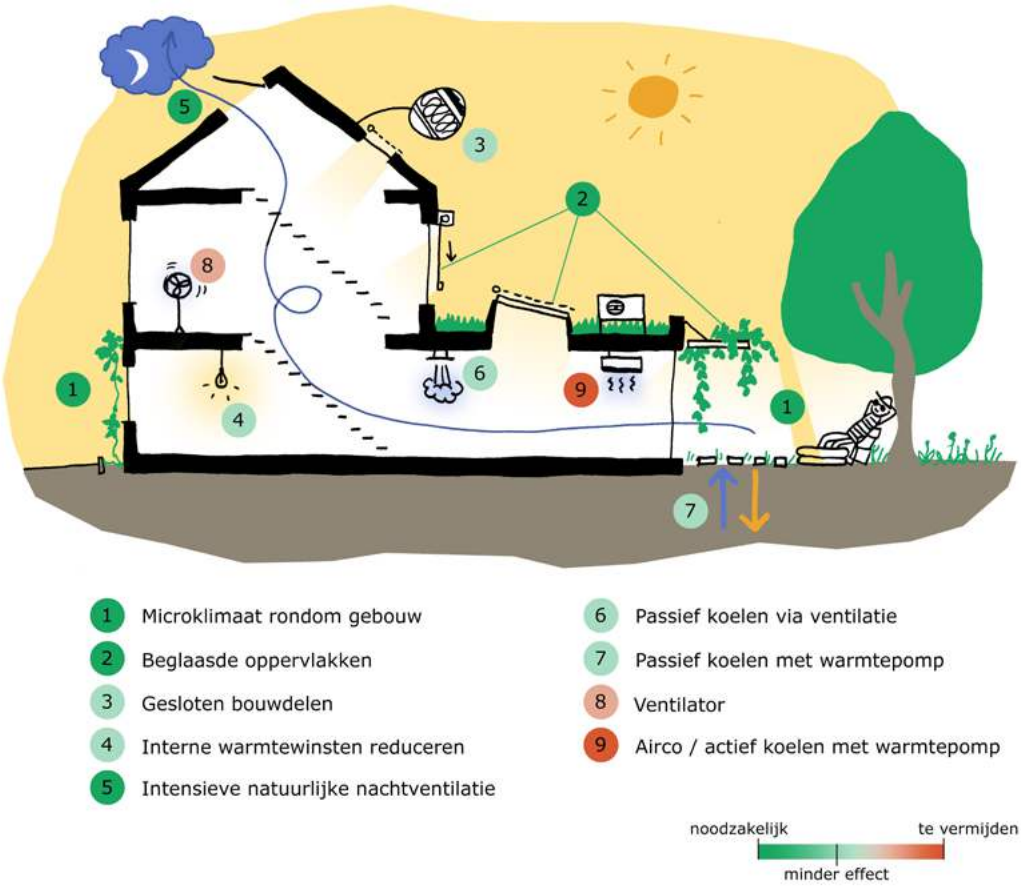
4 www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering/slachtoffers-bij-hittegolven

HOU JE HUIS KOEL: IN EEN NOTENDOP

De eerste stap is om ervoor te zorgen dat de hitte niet kan binnenkomen in de woning en dus de koelbehoefte zoveel mogelijk te beperken. Niet elke maatregel is hierbij even effectief. Een gepaste zonwering, door bouwkundige ingrepen of groen, in combinatie met een intensieve natuurlijke nachtventilatie zijn essentieel. Vervolgens kan je ook maatregelen nemen op de gesloten bouwdelen, zoals muren en daken, om de hitte verder buiten te houden en het comfort bijkomend te verhogen, maar de impact hiervan is eerder beperkt.

Indien het binnen onvermijdelijk toch opwarmt, zijn er verschillende koeltechnieken die je kan toepassen. Passieve technieken genieten daarbij de voorkeur, gezien het lagere energieverbruik. Actieve koeling (vb. een airco) is te vermijden gezien het hoge energiegebruik. Overzicht van al deze maatregelen vind je hieronder in de infonota.

Overzicht van al deze maatregelen vind je hieronder in de infonota.



DE BEHOEFTE OM TE KOELEN VERLAGEN

Om de temperatuur in de woning aangenaam te houden, komt het er in de eerste plaats op aan om de warmte zo veel mogelijk buiten te houden. Het risico op oververhitting wordt beïnvloed door het microklimaat rondom de woning, de gebouwschil en de productie van warmte in de woning. Een koele omgeving creëren rondom de woning is een eerste stap om het binnen ook koeler te houden.

Dit is niet altijd eenvoudig, omdat dit ook afhangt van een aantal factoren rondom de woning waar je geen invloed op hebt, bv. of je in een verstedelijkte of eerder een landelijke omgeving woont. Ook een heel aantal onderdelen van de gebouwschil van je woning beïnvloeden het risico op oververhitting. De beglaasde oppervlakken hebben de grootste impact. Zo heeft het weinig effect als maatregel tegen oververhitting om het dak doorgedreven te gaan isoleren, als er een dakvlakraam aanwezig is zonder buitenzonwering. Verder is het belangrijk om de warmte die toch kan binnenkomen te evacueren door ze weg te ventileren. Ook de thermische massa van het gebouw kan een rol spelen, maar in veel mindere mate. De isolatiegraad, het type isolatie en de buitenafwerking van de gebouwschil hebben ook een invloed, maar deze impact is eerder beperkt.

Samenvattende tabel van de maatregelen om de behoefte om koelen te verlagen

MAATREGEL	STRATEGIE	VOORBEELDEN	TOEPASSING NIEUWBOUW	TOEPASSING RENOVATIE	IMPACT
1. Microklimaat rondom het gebouw	Een koele omgeving creëren rondom de woning door schaduw en verdamping.	✓ bomen, waterpartijen, ontharden, waterdoorlatende en lichtgekleurde verharding, groene gevel, geveltuin, ...	ja	ja	Afhankelijk van andere omgevingsfactoren (o.a. dichtbebouwd of niet). Relatief makkelijk te realiseren door een goed tuinontwerp.
2. Beglaasde oppervlakken	Beperken van de zonnewarmte die binnenkomt via de beglaasde oppervlaktes.	✓ grootte en oriëntatie van de openingen	ja	mogelijk, maar bouwkundige ingrepen nodig	Noodzakelijk - moeilijk om zonder zonwering een goed zomercomfort te creëren.
		✓ buitenzonwering (bouwkundig of met vegetatie)	ja	mogelijk, maar evt. inbouwnissen nodig afhankelijk van het type	
		✓ aangepaste beglazing	ja	mogelijk bij glasvervanging of vervanging buitenschrijnwerk	
3. Gesloten gebouwdelen (buitenwanden en daken)	Beperken van de zonnewarmte die binnenkomt via de gesloten gebouwdelen.	✓ reflectievermogen van de buitenafwerking	ja	mogelijk: schilderen of vervangen buitenafwerking (bv. bij het isoleren van de gevel langs de buitenzijde)	Er is een impact, maar veel minder belangrijk in vergeljking met het gecombineerde effect van zonwering en intensieve natuurlijke nachtventilatie. Zonder deze 2 laatste maatregelen hebben maatregelen op de buitenwanden en daken weinig zin.
		✓ isoleren	ja	ja	
		✓ thermische massa	ja	moeilijk, bij een eventuele aanbouw kan er wel rekening mee gehouden worden	
		✓ groendak	ja	ja, indien voldoende draagkrachtig	
		✓ groengevel	ja	ja	
4. Interne warmtewinsten reduceren	Warmtewinsten van elektrische toestellen, lampen, ... vermijden.	✓ isoleren van onderdelen van de installatie voor verwarming en sanitair warm water: leidingen, boiler... ✓ efficiënte toestellen ✓ clustering	ja	ja	Erg afhankelijk van het type toestellen en eerder verwaarloosbaar in particuliere woningen (meer van belang in bv. kantoren).

1. Microklimaat rondom gebouw

Vegetatie

Een koel microklimaat creëren rondom de woning is een eerste stap om een koelere binnentemperatuur te bekomen. Een positief effect kan bekomen worden door het aanbrengen van vegetatie aan en rondom de woning. Vegetatie zorgt voor verkoeling door een gecombineerd effect van schaduw en evapotranspiratie*.

Schaduw door vegetatie

Planten en bomen zorgen voor verkoeling door schaduw te werpen. De gevoelstemperatuur in de schaduw van een groep bomen kan tot 5°C à 16°C lager liggen dan in de zon.[5] Vooral loofbomen zijn interessant: in de zomer houden hun bladeren de zon tegen, terwijl ze in de winter, wanneer zonnewarmtewinsten wel gewenst zijn, hun bladeren verliezen en de zon ongehinderd in de woning binnenlaten. De hoeveelheid zonlicht die tegengehouden wordt door bomen hangt af van de boomsoort, maar ligt tussen de 70 en 90%.[6] Bepalend zijn onder meer de kruindichtheid, de hoogte en de breedte van de boomkruin, de seizoen cyclus, enz... Op **www.bomenwijzer.be** kan je meer info vinden om een keuze te maken (let op: kies hierbij voor een inheemse boomsoort). De planten of bomen moeten dicht genoeg bij de woning staan om voldoende schaduw te werpen op de woning en de beglaasde delen. Je kunt ook een groen scherm optrekken, een pergola plaatsen met klimplanten of een geveltuin aanleggen.[7]

Bron: eigen foto

Gevelgroen

Bron: eigen foto

Boom zorgt voor schaduw (- en mobiele zonnescreens)

5 Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Climate Protection Partnership Division, US Environmental Protection Agency, 2012 + nog te publiceren hittestressmetingen project Cool Towns - www.cooltowns.eu)

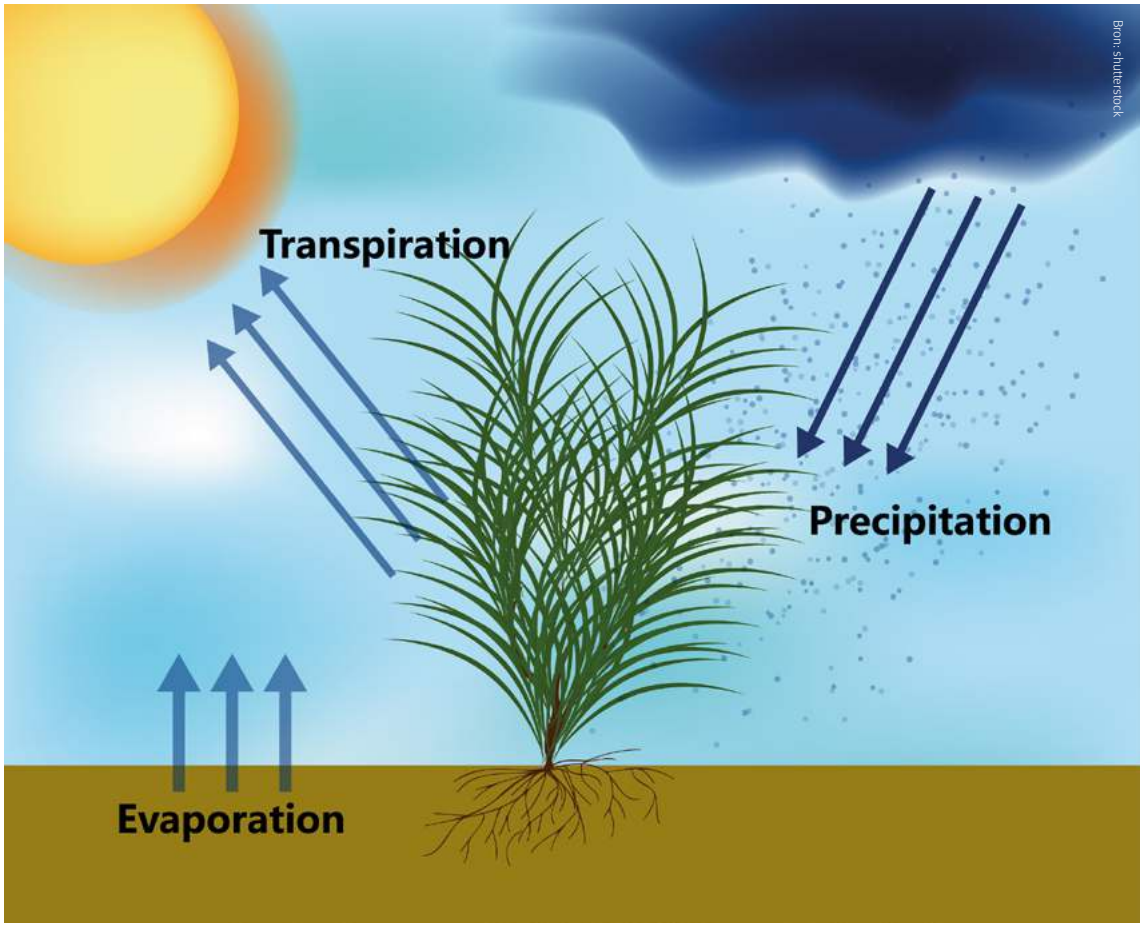
6 Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Climate Protection Partnership Division, US Environmental Protection Agency, 2012

7 Meer informatie en concrete tips over hoe je je tuin klimaat gezond kunt houden vind je op www.oost-vlaanderen.be/klimaatgezonde-tuin.

Evapotranspiratie

Anderzijds zorgt vegetatie ook voor verkoeling door verdamping of evapotranspiratie*. Met klimplanten op de muren of een groendak zal de verdamping van het vocht in de planten en het substraat ervoor zorgen dat de temperatuur van de muren of het dak lager ligt dan die van de lucht, bebouwing of verharding errond. Het effect hiervan is evenwel kleiner dan de verkoeling door schaduw van bomen.
Bijkomend voordeel is dat planten en bomen voor een betere luchtkwaliteit en een grotere biodiversiteit zorgen. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat planten nood hebben aan de aanwezigheid van regenwater in de bodem. Vaak wordt bij hevige regenval het overschot aan regenwater meteen afgevoerd. Dit overschot is echter nodig in droge periodes.

Maximaal infiltreren van het regenwater is dus belangrijk. Een waterdoorlatende afwerking van de bodem is hierbij cruciaal. Een bodem is waterdoorlatend wanneer ze poreus is en die porositeit kan je enkel bekomen in een bodem waarin levende organismen voorkomen. Hiervoor heb je diep wortelende planten nodig. De beste doorlatendheid bekom je door meerdere plantlagen te voorzien (kruidlaag, struiklaag, bomenlaag) om zo de waterdoorlaatbaarheid en zuurstofgraad van de bodem te verhogen.
Infiltratie van regenwater kan ook door een infiltratievoorziening te voorzien in de tuin (bv. een wadi). Daarin kan het water blijven staan en krijgt het tijd om te infiltreren.



Evapotranspiratie

Verharding

Verder speelt ook de afwerking van de grond een rol op de temperatuur rondom de woning. De grondtemperatuur van vegetatie is lager dan de temperatuur van verharding. Verharding zoals asfalt of klinkers zal de ingestraalde zonnewarmte opslaan. Onverharde grond met vegetatie slaat de warmte veel minder op en zorgt voor verkoeling door verdamping. Ook waterpartijen in de tuin kunnen een verkoelend effect hebben.

Is er toch verharding rond de woning, in de vorm van een terras of een pad, dan heeft het materiaal van de verharding ook een invloed op het microklimaat rondom de woning. Zo hebben waterdoorlatende verhardingen een verkoelend effect vooral wanneer ze nat zijn, door verdamping van vocht dat aanwezig is in de openingen van de verharding. Belangrijk aandachtspunt bij een waterdoorlatende verharding is dat er ook een waterdoorlatende fundering onder voorzien wordt. Wanneer er ook gras of mos aanwezig is, bijvoorbeeld bij grasdallen, is het effect nog groter. Indien de verharding droog is, is het niet zeker of poreus asfalt of poreuze klinkers een verkoelend effect hebben. Hierover is nog meer onderzoek nodig. De kleur van de verharding speelt een belangrijke rol. Lichtgekleurde verharding zal het zonlicht beter reflecteren en bijgevolg minder opwarmen.[8] Donkere materialen worden beter vermeden, meer zelfs, ze worden onbetreedbaar in de zomerzon en warmen de omgeving verder op.

Om de omgeving rondom de woning zo koel mogelijk te houden, komt het er dus op neer om verharding zoveel mogelijk te beperken. Poreuze en licht gekleurde verharding genieten de voorkeur. Begroeide oppervlakken met veel bladgroen of een waterpartij werken ook zeer verkoelend.

Voorbeelden van waterdoorlatende verharding

8 Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Climate Protection Partnership Division, US Environmental Protection Agency, 2012

2. Beglaasde oppervlakken

a. Optimalisatie van de grootte en oriëntatie van raamopeningen

De warmte die binnenkomt via raamopeningen is beduidend groter dan de warmte die binnenkomt via gesloten bouwdelen, zoals muren of daken. Het beperken van de oververhitting via de ramen zal dus het grootste effect hebben. In eerste instantie kunnen we de raamopeningen beperken. Deze strategie wordt in warmere klimaten al toegepast, gebouwen hebben daar doorgaans minder en kleinere raamopeningen.

Daglichttoetreding

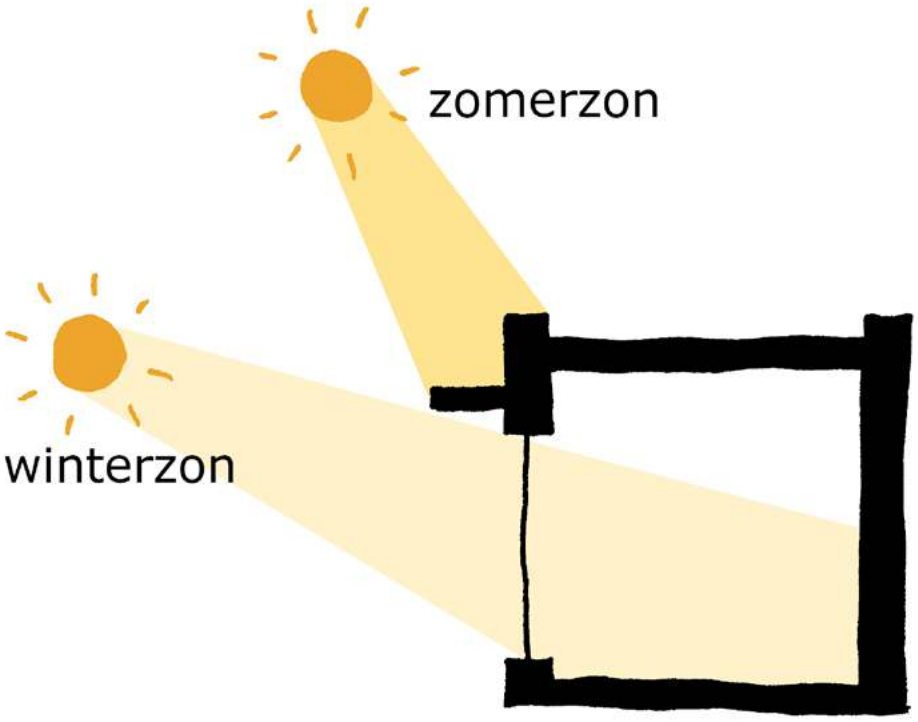
Om oververhitting in de zomer te voorkomen, willen we de zon volledig buitensluiten. We hebben de zon echter ook nodig voor daglichttoetreding. Daarom moeten we zoeken naar een compromis. Voor een goede daglichttoetreding moet je rekening houden met een minimale verhouding glas- en vloeroppervlakte. De vuistregels zijn 1m² raamoppervlakte per 6m² vloeroppervlakte voor leefruimtes, 1m² raamoppervlakte per 8m² vloeroppervlakte voor keukens en slaapkamers en 1m² raamoppervlakte per 12m² vloeroppervlakte bij dakvlakramen. Om het risico op oververhitting te beperken, is de verhouding tussen de glas- en de vloeroppervlakte maximaal 1 op 4.[9] Zonnewarmtewinsten zijn bovendien niet altijd ongewenst. Vooral in de winter kan zonnewarmte de warmtevraag* naar omlaag brengen. Er moet dus een balans gevonden worden tussen deze tegenstrijdige eisen: de gewenste zonnewarmtewinsten in winter, de daglichttoetreding en het voorkomen van oververhitting in de zomer.

Oriëntatie

In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt, leent de zuidgevel zich wel tot grote glaspartijen en voor voldoende daglichttoetreding, mits er zonwering geplaatst wordt natuurlijk. Zonnewarmtewinsten op zuid georiënteerde ramen zijn eenvoudiger weg te werken met een zonwering dan op oost- en west georiënteerde ramen. Dit komt omdat in de zomer de zon op het zuiden hoog staat, terwijl ze op oost en west lager zit. Hierdoor kan je met een luifel makkelijker het glas beschaduwen (zie verder bij b. zonwering). Op oost en west zit de zon te laag en schijnt ze onder de luifel door, dus je moet het glas afdekken om de zon tegen te houden. Bovendien is de stralingsintensiteit van lage zon ook groter dan hoge zon, omdat het licht meer infraroodgolven bevat. Oost- en west georiënteerde ramen hou je dus best kleiner (en vragen een gesloten zonwering), terwijl je voldoende daglicht laat binnenkomen op het noorden en zuiden.

9 Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

Een oversteek houdt de zon tegen in de zomer, maar niet in de winter



Bron: eigen tekening

Kleur

Kleur speelt ook een rol in de daglichttoetreding. Zo zal een raam met een witte omkadering en witte dagkanten door reflectie meer licht binnenlaten dan een raam met dezelfde afmetingen waarbij de omkadering donker gekleurd is. Ook lichtgekleurde binnenwanden, gordijnen en meubilair zullen het licht meer reflecteren en de binnenruimte lichter maken. Door lichte kleuren toe te passen, kan het raam dus iets kleiner worden zonder in te boeten aan daglicht. En hoe kleiner het raam, hoe kleiner de zonnewarmtewinsten. Omgekeerd absorberen donkergekleurde materialen meer licht.

b. Zonwering

Een zonwering beperkt de zonnewarmtewinsten doorheen het raam door het raam te beschaduwen of gedeeltelijk af te dekken. Er zijn twee types zonwering, afhankelijk van de positie ten opzichte van het glas: binnenzonwering en buitenzonwering.

✓ Binnenzonwering:
Het effect van binnenzonwering is eerder beperkt. Slechts 10 tot 40% van de zonnewarmte wordt tegengehouden, afhankelijk van het type en de kleur.[10] Dit komt omdat de warmte al binnen in de woning is, voor ze tegengehouden wordt door de zonwering. Best wordt er een zonwering met een lichte kleur gekozen, zodat de warmte wordt gereflecteerd en zo weinig mogelijk wordt geabsorbeerd. Een zonwering met een donkere kleur is dus te vermijden. Een binnenzonwering kan wel nuttig zijn in de winter, wanneer men verblinding wil voorkomen maar toch wil genieten van de zonnewarmtewinsten.

✓ Buitenzonwering:
Buitenzonwering heeft het beste effect. Afhankelijk van het type en de kleur kan 80 tot 90% of meer van de zonnewarmte worden tegengehouden.[11] Er zijn verschillende types buitenzonwering en het meest aangewezen type is afhankelijk van de oriëntatie van het raam. Je moet het dus per gevel bekijken. Tijdens de zomer zit in het zuiden de zon hoog en is ze hierdoor eerder stabiel. Op het zuiden heb je dus de keuze tussen een zonwering evenwijdig met het glas of een zonwering loodrecht op het glas zoals een luifel of vaste lamellen.

Op het noorden, oosten en westen zit de zon erg laag en is er dus een andere aanpak vereist. Hier is het aangewezen om het glas volledig af te dekken met screens of luiken, of te werken met combinaties van zij- en bovenpanelen die schaduw werpen. Ook in het tussenseizoen zit de zon op het zuiden lager en kan het dus zijn dat er met een luifel toch nog teveel zon op het raam valt.

✓ Vaste buitenzonwering:
Een vaste buitenzonwering kan bestaan in de vorm van een oversteek of lamellen. Het effect van een oversteek is afhankelijk van de lengte en breedte ervan. Hoe groter de oversteek, hoe groter het gedeelte van het raam dat beschaduwd wordt. Natuurlijk heeft de grootte van de oversteek ook een effect op de daglichttoetreding. Het is dus opnieuw zoeken naar een balans tussen beide parameters.

10 Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

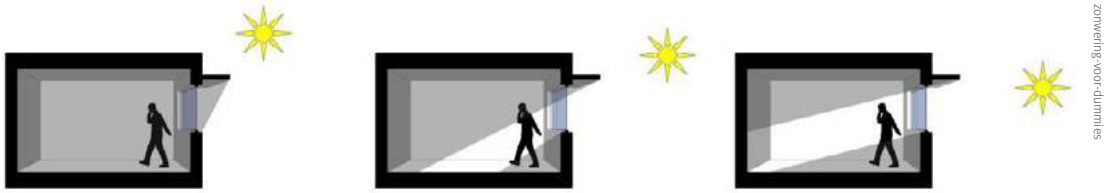
11 Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

Oversteek

Zoals eerder vermeld, is een vaste oversteek niet effectief op de noord-, west- en oostgevel. Ook in het tussenseizoen heeft een vaste zonwering op het zuiden beperkingen. Je hebt al serieuze oversteken nodig om voldoende beschaduwing te creëren op zuidgerichte ramen, zelfs bij volle zomerzon. Een vuistregel die vaak gehanteerd wordt voor de verhouding tussen een oversteek (L) en raamhoogte (H) is L/H = 1/1,5. Bij een raamhoogte van 1,80m betekent dat een oversteek van 1,20m. Dan heb je volgens het zonnediagramschaduw van midden mei tot 1 augustus 's middags. Dit is dus een behoorlijke oversteek, maar in tussenseizoen is het raam dus niet volledig beschaduwd (terwijl hittegolven in september niet ongewoon zijn). In de winter zijn zonnewarmtewinsten natuurlijk wel gewenst.

Verder houdt een oversteek ook enkel het rechtstreekse zonlicht tegen. Het gereflecteerde, indirecte en diffuse zonlicht (dit kan samen tot 25% van het totale invallende zonlicht zijn) worden niet tegengehouden. Het grote voordeel van een oversteek ten opzichte van bijvoorbeeld screens is dat het zicht van binnen naar buiten toe niet wordt beperkt en dat je makkelijk naar buiten kan, bij bv. een beglaasde terrasdeur.

Oversteek als zonwering en de stand van de zon



Bron: www.pixii.be/ontdek/kennis/zonwering-voor-dummies

Andere vormen

Andere vormen van vaste zonweringen zijn schaduwdoeken of zeilen, fotovoltaïsche panelen tegen de gevel boven het raam of bomen, struiken en beplanting. Deze laatste zijn best bladverliezend zodat er zonwering is in de zomer en warmtewinst in de winter. Een losstaande constructie voor de gevel met een klimplant is een variant hierop. Hop of druivelaar zijn hiervoor heel geschikt, omdat ze in de winter vrijwel volledig verdwijnen. Bomen en klimplanten hebben wel het nadeel dat in het tussenseizoen, vooral in de lente, het kan voorvallen dat er nog onvoldoende bladgroei is om bij zacht en zonnig lenteweer voldoende zon tegen te houden. Zoals eerder vermeld (punt 1 - Microklimaat rondom gebouw) kunnen ook bomen, gevelplanten of een pergola met klimplanten dienst doen als vaste zonwering.

✓ Dynamische buitenzonwering:
Een dynamische of beweegbare buitenzonwering bestaat in vele vormen. Ze zijn grosso modo opdeelbaar in twee soorten: zonwering die een luifel vormt boven het raam of zonwering evenwijdig met het glas.

Schaduwdoek

Pergola met klimplanten

Luifelzonwering met lamellen

Loodrecht op het raam (‘luifel’)

Zonwering die een luifel vormt, kan bestaan uit een luifel met beweegbare doeken of lamellen, een knikarmscherm of een uitvalscherm. Deze types van zonwering hebben dezelfde eigenschappen als een vaste luifel. Enkel het directe zonlicht wordt dus tegengehouden.

Luifel met zijpanelen

Horizontale Lamellenzonwering (type luifel) met klimplanten

Knikarmscherm

Knikarmscherm

Evenwijdig met het glas

Voorbeelden van een mobiele zonwering evenwijdig met het glas, zijn een verticale screen, verticale beweegbare lamellen of een markisolette (= combinatie van een screen en een uitvalscherm). Met deze zonweringen zal het raam volledig of gedeeltelijk afgedekt worden. Een mobiele zonwering kan desgewenst volledig opgetrokken worden zodat er ongehinderd licht & zicht is. Bijeen mobiele zonwering met lamellen kan in de meeste gevallen de helling van de lamellen aangepast worden: meer gesloten geeft meer schaduw, maar minder licht & zicht en vice versa. Bij een screen hangt de mate waarin de warmte wordt tegengehouden af van het type doek dat gebruikt wordt. Dit wordt gekenmerkt door de zontoetredingsfactor g (%). Hoe hoger de zontoetredingsfactor, hoe meer de zon wordt doorgelaten. In de praktijk wordt meestal een gecombineerde g-waarde van zonwering en glas gebruikt: de g_{tot}. De zonwerende performantie van glas plus zonwering wordt opgedeeld in klassen, van 0 (zeer weinig effect) tot 4 (zeer goed effect).[12]

Uit een studie van het WTCB bleek dat een dakvlakvenster met zonwering met een g_{tot} van ca. 0,2 in combinatie met nachtventilatie een vermindering van de gemiddelde binnentemperatuur van ca. 4°C kon opleveren.[13]

klasse 0: zeer weinig effect	$g_{tot} \geq 0{,}50$
klasse 1: weinig effect	$0{,}35 \leq g_{tot} < 0{,}50$
klasse 2: matig effect	$0{,}15 \leq g_{tot} < 0{,}35$
klasse 3: goed effect	$0{,}10 \leq g_{tot} < 0{,}15$
klasse 4: zeer goed effect	$g_{tot} < 0{,}10$

Mobiele verticale screens en beschaduwing door een boom

12 G. Flamant (2010) De verschillende functies van zonweringen, WTCB-Contact nr. 28, 2010-4

13 O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

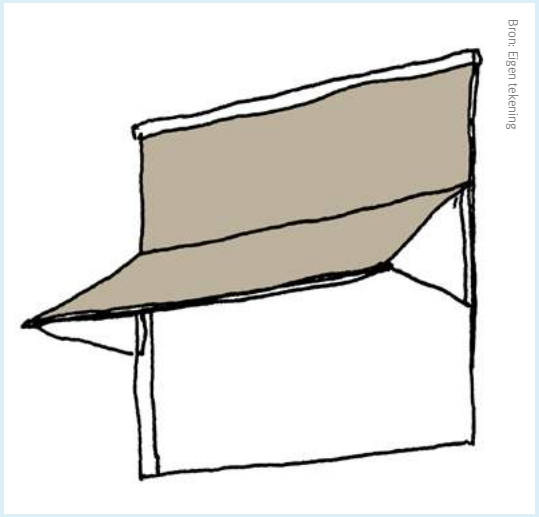
Houten luik met lamellen

Houten luik met lamellen

Mobiele verticale screens

Luiken

Mobiele verticale screens



Markisolette

Rolluiken

Rolluiken aan de buitenzijde nemen ook de functie van zonwering op. Doorgaans zijn ze zonwerender en goedkoper dan de typische zonwering. Bij inbouwrolluiken is het belangrijk om ervoor te zorgen dat de rolluikkasten koudebrugvrij en luchtdicht ingebouwd worden. Aangezien een rolluikkast doorgaans groter is dan een screenkast, is dat moeilijker te realiseren met een rolluikkast. Belangrijk is ook dat de rolluiken dan elektrisch bediend worden, zodat er geen band naar binnen moet lopen om de rolluik manueel te bedienen (want dat is dan weer een luchtlek). Buitenrolluiken in opbouw of andere luiken aan de buitenzijde vormen geen onderbreking van de isolatieschil en zijn dus ook aan te raden.
De grootste nadelen van een rolluik zijn dat er weinig daglichttoetreding en doorzicht mogelijk is.

Bron: Shutterstock

Rolluik

Bron: Istock

Rolluik

Aansturing

De aansturing van de mobiele zonwering kan handmatig, maar gebeurt beter automatisch. Een automatische aansturing brengt de zonwering op het gepaste moment in de juiste positie zonder dat je zelf moet tussenkomen. Een lux-sensor meet de hoeveelheid zonlicht. Van zodra een bepaalde waarde overschreden wordt, sluit de zonwering. Best voorzie je ook een wind- en regensensor zodat de zonwering bij slechte weersomstandigheden dicht of omhoog gaat om schade te voorkomen. Je moet er natuurlijk wel rekening mee houden dat er een elektrische voeding tot bij het raam moet gebracht worden, tenzij de zonwering op zonne-energie werkt.

Compromis

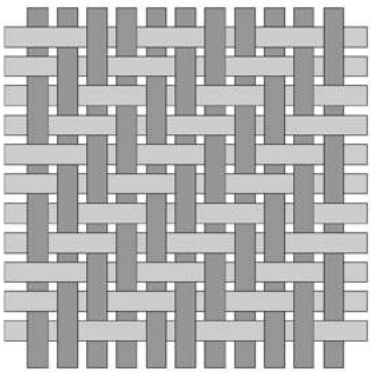
Ook bij zonwering is het steeds zoeken naar een compromis tussen daglichttoetreding, zonnewarmtewinsten in de winter en oververhitting voorkomen in de zomer. Meer daglichttoetreding betekent meer zonnewarmtewinsten, dus er moet steeds een afweging gemaakt worden.

Doorzichtigheid

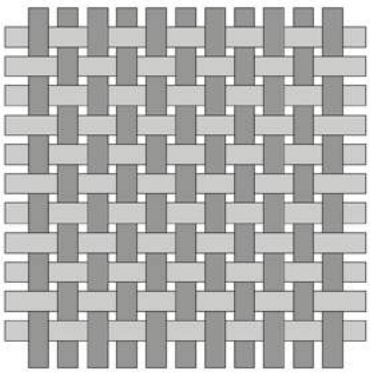
Bij een zonwering met doek is de doorzichtigheid ook een factor die de keuze van het doek mee bepaalt. Dit wordt bepaald door de openingsfactor, een maat voor de dichtheid van de weefstructuur. Hoe hoger de openingsfactor, hoe beter het doorzicht van binnen naar buiten. Zo heeft een nattébinding een grotere openingsfactor dan een sergébinding.[14]

Ook de kleur heeft een invloed. De doorzichtigheid van een donkere screendoek is beter dan een lichtgekleurde doek met dezelfde openingsfactor. Een grotere openingsfactor betekent ook een grotere zontoetredingsfactor, dus hier moet opnieuw de afweging gemaakt worden. Toch blijft het belangrijk bij dynamische screens om te kiezen voor een doek met een zeer lage zontoetredingsfactor.

Natté- en sergébinding



Sergébinding



Nattébinding

Bron: WTCB

14 Textiele zonweringen: zien zonder gezien te worden, WTCB-dossier 2014/3.14

Effect van de openingsfactor op het doorzicht overdag

Geen zonwering

Doek A – Binding: natté
Kleur: zwart - ρ_v: 0,04
Openingsfactor O_F: 15 %
Klasse van visueel contact met de buitenomgeving: 4
Zontoetreding τ_e: 0,17

Doek B – Binding: sergé
Kleur: zwart - ρ_v: 0,06
Openingsfactor O_F: 3 %
Klasse van visueel contact met de buitenomgeving: 2
Zontoetreding τ_e: 0,03

Effect van de kleur op het doorzicht overdag

Doek B – Binding: sergé
Kleur: zwart - ρ_v: 0,06
Openingsfactor O_F: 3 %
Klasse van visueel contact met de buitenomgeving: 2
Zontoetreding τ_e: 0,03

Doek C – Binding: sergé
Kleur: grijs - ρ_v: 0,17
Openingsfactor O_F: 3 %
Klasse van visueel contact met de buitenomgeving: 2
Zontoetreding τ_e: 0,05

Doek D – Binding: sergé
Kleur: wit - ρ_v: 0,74
Openingsfactor O^F: 3 %
Klasse van visueel contact met de buitenomgeving: 0
Zontoetreding τ_e: 0,19

Koepels, lichtstraten of platdakvensters

Daglichtopeningen in een plat dak, bijvoorbeeld koepels, lichtstraten of platdakvensters vragen extra aandacht, omdat ze tijdens de zomermaanden veel warmte naar binnen brengen. Ook hier is een zonwering dus noodzakelijk. Platdakvensters of lichtstraten genieten dan de voorkeur omdat hierop een gestuurde buitenzonwering (bv. een screen) kan geplaatst worden. Voor koepels bestaan er ook oplossingen met een geïntegreerde mobiele zonweringsdoek, maar aangezien dit geen buitenzonwering is, is dit zoals eerder gezegd veel minder effectief. Ook zijn er kappen op de markt die over de koepel heen gezet kunnen worden. Dit is ook geen ideale oplossing, aangezien ze handmatig over de koepel moeten gezet worden. Door fabrikanten wordt vaak een binnenzonwering aangeboden, maar die heeft weinig effect. Een buitenzonwering blijft het meest efficiënt.

c. Beglazing

✓ Glasfolie

Oververhitting via ramen kan ook beperkt worden door ervoor te zorgen dat het glas zelf minder zonnewarmte doorlaat. Een eenvoudige optie voor bestaande beglazing is het aanbrengen van een zonwerende glasfolie aan de binnenzijde van het glas. In praktijk is dit echter geen goede oplossing tegen oververhitting. Om goed te presteren moet zo'n folie zeer goed geplaatst zijn. Het is dus niet iets wat je zelf kan doen en de uitvoering door een vakman doet de kostprijs weer oplopen. Verder zijn er ook enkele nadelen. Ten eerste is het een permanente oplossing, dus ook in de winter wordt de zonnewarmte tegengehouden. Verder degradeert de folie na verloop van tijd en nemen de prestaties dus af. Bovendien houdt de folie niet alleen warmte tegen, maar ook UV-licht, waardoor planten minder goed groeien.

Zonwerende beglazing

Een andere manier om zonnewarmte tegen te houden is het voorzien van zonwerende beglazing. Dit kan interessant zijn wanneer het moeilijk is om een zonwering te voorzien, maar je moet in het achterhoofd houden dat het effect veel kleiner is dan buitenzonwering. Zonwerende beglazing heeft typische g-waardes van 25 tot 40%. Dit is nog steeds slechts een matig tot klein effect op de beperking van de oververhitting dus volgens de hiervoor gedefinieerde performantieklassen. De nadelen zijn dezelfde als bij de glasfolie: minder warmtewinsten in de winter en UV-licht wordt niet doorgelaten.

Zonwerende beglazing blijkt dus net als glasfolie weinig interessant te zijn om oververhitting via ramen tegen te gaan. Een zonwering blijft steeds doeltreffender dan zonwerende beglazing. Om warmteverliezen in de winter te beperken voorzie je dus best hoogrendementsbeglazing die goed thermisch isoleert, met een voldoende hoge g-waarde van minstens 50% (dus weinig zonwerende beglazing) en een TL-waarde (lichttransmissie*) van minstens 65%, in combinatie met een buitenzonwering. Op die manier worden zowel direct als een deel van het indirect zonlicht tegengehouden en blijven de nadelen beperkt.

Zonwerende beglazing die toch warmtewinsten toelaat in de winter?

Er is ook zonwerende beglazing die de zonnestralen enkel onder een bepaalde invalshoek zou binnenlaten, zodat het glas zich anders gedraagt naargelang de seizoenen. De zonnestralen zouden dus de woning wel rechtstreeks binnenkomen wanneer de zon laag staat, maar niet wanneer ze hoog staat. Dit glas belooft dus in de winter anders te reageren dan in de zomer en zou ontworpen zijn om daglicht en zontoetreding per seizoen te optimaliseren.

Als je gaat kijken naar de specifieke eigenschappen van dit glas, stel je vast dat dit type glas niet verschilt van gewone zonwerende beglazing. Elke beglazing heeft een variabele g-waarde. De g-waarde wordt bepaald bij een loodrechte inval. In de winter, als de zon laag staat, komt de g-waarde het dichtst in de buurt van die loodrechte inval. In de zomer staat de zon hoger, is de invalshoek anders en ligt de g-waarde iets lager. In essentie is deze beglazing dus eigenlijk ook gewoon zonwerende beglazing, met een beperkt effect. Dit glas heeft namelijk een g-waarde van rond 40%: in de winter minder warmtewinsten en in de zomer nog steeds teveel warmtewinsten.

✓ Doe-het-zelf zonwering

Daarnaast bestaan er ook goedkope oplossingen zoals het plaatsen van doe-het-zelf zonwering. Plaats de zonwering hierbij altijd aan de buitenkant van het raam. Voorbeelden van doe-het-zelfzonwering zijn: opgehangen doeken voor het raam, schaduwdoeken of -zeilen, wit kalken van platdakkoepels, ...

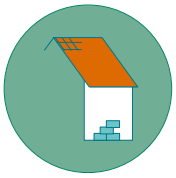
Doe-het-zelf zonwering

Gebruikersgedrag

Een vaak vergeten factor bij oververhitting is het gebruikersgedrag. Nochtans is het effect van de maatregelen sterk afhankelijk van het gedrag van de gebruiker of bewoner. Dit geldt vooral voor zonwering en ventilatieve koeling.

In 2018 heeft de universiteit van Gent een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van gebruikersgedrag bij oververhitting.[15] Zo werd onder andere onderzocht hoe mensen zonwering in de realiteit gaan gebruiken. Bij manueel bedienbare screens blijkt dat mensen weinig verschil in gedrag tonen naargelang de seizoenen. Ook wordt de zonwering vaak als verduistering gebruikt 's nachts, waarbij ze overdag open gezet wordt en 's nachts gesloten. Idealiter is de zonwering steeds gesloten wanneer de zon op het raam schijnt in periodes van hitte (doorgaans zomer) en open in koudere periodes, zodat zonnewarmtewinsten dan wel mogelijk zijn (winter). Automatisatie kan helpen om de menselijke factor deels uit te schakelen. Bij een dynamisch zonweringsscreen kan men een lichtsensor en windsensor toevoegen, al dan niet op zonne-energie. De zonwering sluit dan automatisch wanneer de zon op het raam schijnt, en opent wanneer er een te sterke wind is.

15 De rol van gebruikersgedrag in zomercomfort, Silke Verbruggen, presentatie Pixii expert day zomercomfort 8 oktober 2020



3. Gesloten gebouwdelen

Voor de dichte gebouwdelen, zoals het dak of de muren, kunnen er ook maatregelen genomen worden om de hitte buiten te houden. In eerste instantie komt het erop aan om de oppervlaktetemperatuur van de gebouwschil laag te houden, omdat er dan minder warmte via geleiding doorheen de gebouwschil aan de binnentemperatuur kan afgegeven worden. Vooral de buitenafwerking speelt hier dus een rol. De geleiding van warmte kan ook tegengehouden worden in de gebouwschil, door een luchtspouw, of door te isoleren. Tot slot kan de gebouwschil ook als buffer gebruikt worden voor de warmte. In combinatie met nachtventilatie kan op deze manier de hitte gedempt worden.

De impact van de dichte bouwdelen op de oververhitting is veel kleiner dan de directe zonnetoetreding doorheen de glaspartijen. Bijkomende maatregelen tegen oververhitting voor beglazing blijven dus steeds belangrijk. Indien de beglazing niet beschermd wordt, hebben maatregelen op de gebouwschil weinig zin.

a. Reflectievermogen van de buitenafwerking

Strategie

Lichtweerkaatsende bekledingen zoals een witte dakafdichting hebben als doel de zonnestralen meer te weerkaatsen en dus minder te absorberen. Daardoor daalt de temperatuur van de wand of het dak en zodoende daalt ook de hoeveelheid warmte die overgedragen wordt naar de binnenomgeving. Je kan kiezen voor afwerkingsmaterialen met een groot reflectievermogen. Het reflectievermogen van een materiaal wordt gekenmerkt door de Solar Reflectance Index* (of SRI) of de albedowaarde. Dit is een maat voor het percentage waarmee een oppervlakte zonne-energie reflecteert. Een traditioneel dakdichtingsmembraan voor een plat dak bv. heeft doorgaans een SRI* van 5 tot 15%, wat wil zeggen dat 85 tot 95% van de warmte geabsorbeerd wordt in plaats van het terug te kaatsen in de atmosfeer.[16] Als er gekozen wordt voor een lichtgekleurde dakbedekking op een plat dak, kan de SRI* 70% zijn. Kleur heeft dus een belangrijke invloed op het reflectievermogen.

16 Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Climate Protection Partnership Division, US Environmental Protection Agency, 2012

Plat dak vs. hellende daken en gevels

Algemeen zijn donkergrijze of zwarte oppervlakken voor zowel gevels, hellende daken als platte daken af te raden. Voor de binnentemperatuur is het effect van de kleur van de buitenafwerking belangrijker bij een plat dak dan bij een gevel of een hellend dak. Dit komt omdat een gevel of een hellend dak doorgaans systemen zijn met een geventileerde spouw, waardoor de warmte niet direct via geleiding kan worden doorgegeven. Gevels kunnen ook afgewerkt zijn met bepleistering op gevelisolatie. Dan is er ook geen spouw aanwezig in het systeem. Het is echter sowieso af te raden om gevelbepleistering in donkere tinten te gebruiken. Als het pleisteroppervlak hoge temperaturen bereikt, gaat dit gepaard met grotere thermische vervormingen. Hierdoor kunnen er scheurtjes ontstaan in de pleisterlaag.[17]

Lichtweerkaatsende dakafdichting

Er zijn tegenwoordig voor zowat alle types dakdichting lichtweerkaatsende verven op de markt: voor minerale of metalen oppervlakken, bitumineuze of synthetische membranen, … Naast hun remmende invloed op de opwarming van gebouwen worden ze ook vaak aangewend om bepaalde dakafdichtingen (bv. SBS) te beschermen tegen UV-stralen. Daarnaast worden ze ook gebruikt om de thermische belasting op de membranen te beperken en de levensduur ervan te verlengen. Verfsystemen voor dakafdichtingen moeten om de 6 tot 10 jaar opnieuw geschilderd worden, afhankelijk van de fabrikant van de verf. Naar de compatibiliteit met regenwaterrecuperatie is nog niet veel onderzoek gedaan. Tegenwoordig zijn er ook lichtgekleurde dakdichtingsmembranen op de markt met een zeer goede SRI. Ook lichtgekleurde keien hebben een gelijkaardig effect op het dak.

Onderhoud

Lichtweerkaatsende dakafdichtingen kunnen mettertijd vuil worden. In de eerste jaren zal de afzetting van stof en vuil samen met groei van mossen leiden tot een afname van de weerkaatsing van 20 %. In bepaalde gevallen kan dit fenomeen meer uitgesproken zijn waardoor het positieve effect van de dakafdichting zelfs al na enkele maanden sterk kan afnemen. Om de prestaties op peil te houden, is een regelmatige reiniging aanbevolen die minstens plaatsvindt voor de start van elke zomerperiode. Dit geldt ook voor lichtgekleurde keien, maar die zijn minder makkelijk te reinigen.

Aandachtspunt: verblinding

Bij lichtgekleurde dakafdichtingen moet je opletten voor verblinding. Wanneer een balkon of een raam zich boven een lichtgekleurd dak bevindt, kan dit als hinderlijk ervaren worden. Een raam vlak boven een zwart dak heeft dan weer het nadeel dat er veel warmte van het dak afgegeven wordt naar het raam.

Fotovoltaïsche panelen

Licht weerkaatsende daken kunnen, afhankelijk van de configuratie van de installatie, het rendement van fotovoltaïsche panelen verhogen. De reflectie van het dak verhoogt enerzijds de hoeveelheid opgevangen zon. Anderzijds zou ook de doeltreffendheid verhogen doordat het dakoppervlak koeler is. De efficiëntie van zonnepanelen zou zo'n 0,35 à 0,50 % dalen per graad boven de 25°C. Uit een proefopstelling van het WTCB blijkt het effect van verkoeling echter weinig impact te hebben op het rendement. Het effect van reflectie heeft wel impact op het rendement, dus in die proef klopten de eerder vermelde cijfers niet.[18]

17 TV257 - bepleistering op buitenisolatie, WTCB, augustus 2016, p14

18 E. Cailleux, B. Michaux, X. Loncour (2012) Lichtweerkaatsende dakafdichtingen en zonnepanelen. WTCB-Contact nr. 36, 2012-4

b. Isoleren

Een grotere isolatiewaarde heeft een duidelijk positief effect op oververhitting. Voorwaarde is wel dat er buitenzonwering en intensieve natuurlijke nachtventilatie is, anders is het effect verwaarloosbaar. Dit werd gesimuleerd in de studie "Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en het risico op oververhitting" van het WTCB

Impact van de isolatie

Vaak gaat men er vanuit dat meer isoleren nadelig is voor het risico op oververhitting. Op het eerste zicht lijkt dit te kloppen: als de gebouwschil beter geïsoleerd is, kan de binnengekomen warmte minder gemakkelijk terug naar buiten. In realiteit moeten we dit nuanceren. In de winter is het eenduidig: hoe meer isolatie, hoe minder warmteverliezen. In warme periodes is het anders. Overdag wordt de warmtedoorslag doorheen de gebouwschil meer beperkt naarmate men meer isoleert. Maar wanneer het 's nachts buiten weer frisser wordt dan binnen, verhindert de isolatie dat de binnenruimte kan afkoelen via de gebouwschil. Een betere isolatiewaarde (hogere R-waarde) heeft dus op vlak van oververhitting zowel een negatief als een positief effect. Het negatieve effect van de isolatie blijkt echter in realiteit slechts een kleine rol te spelen en heeft dus weinig belang. De binnengekomen warmte kan 's nachts veel efficiënter geëvacueerd worden door middel van natuurlijke nachtventilatie via opengaande ramen, dan via de gesloten bouwdelen zoals daken en muren.
Omgekeerd hebben ook de positieve effecten van isolatie eerder een beperkte impact. Afhankelijk van isolatiewaarde kunnen de temperatuurpieken van buiten een aantal graden afgezwakt worden, maar van zodra de warmte via de beglaasde oppervlakken kan binnendringen, is het positieve effect op oververhitting dankzij isolatie eigenlijk beperkt. Ook door dikker te isoleren en bv. van 18 cm naar 30 cm te gaan creëer je niet zoveel extra bescherming tegen oververhitting. Toch blijft meer isoleren een nuttige ingreep: dikkere isolatie verlaagt tijdens het koude seizoen sterk de warmtebehoefte. Het blijft wel steeds efficiënter om de warmte te blokkeren of weg te houden nog voor ze de isolatie bereikt: dus aan de buitenzijde van de gevel of het dak, bv. door beschaduwing, een groene gevel, een lichtgekleurde gevel, ...[19]

Warmtecapaciteit

Vaak wordt foutief aangenomen dat naast thermische geleidbaarheid* ook de volumieke warmtecapaciteit* van een isolatiemateriaal een invloed heeft op de oververhitting. Bij een statische berekening lijkt het inderdaad alsof de warmtecapaciteit van de isolatie een belangrijke invloed heeft. De volumieke warmtecapaciteit hangt af van de densiteit en van de soortelijke warmtecapaciteit van een materiaal. Hoe hoger de volumieke warmtecapaciteit, hoe minder snel de warmte zal doorgegeven worden aan de binnentemperatuur. Isolatiematerialen met een hoge volumieke warmtecapaciteit zijn bv. houtwol of cellulose. Minerale wol scoort op dat vlak iets lager en PUR en PIR scoren het slechtst.
Wanneer je echter rekening houdt met dynamische factoren (zoninstraling, schommelingen van de buitentemperatuur, ...) blijkt uit simulaties dat het effect van warmtecapaciteit van een isolatiemateriaal verwaarloosbaar is ten opzichte van de veel grotere impact van zonwering en intensieve nachtventilatie. Dit blijkt uit dynamische simulaties waarbij minerale wol wordt vergeleken met houtwol in de studie "Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting" van het WTCB. Uit een publicatie in WTCB-contact 2021/2 blijkt dat hetzelfde geldt voor PIR en PUR.[20]

19 O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

20 WTCB-contact 2021/2, p 6-7

Eigenschappen van de verschillende isolatiematerialen. In kolom 4 lees je de warmtecapaciteit C af.

	λ (W/mK)	c (J/kgK)	Dichtheid (kg/m³)	C(kJ/m³K)	μ	Brandklasse
Natuurlijke materialen						
Cellulose	0,038-0,041	2100	30-60	94,5	1-2	E/s2/d0
Hennep	0,038-0,042	2300	30-42	82,8	1- 5	E
Vlas	0,038-0,040	1600	5-35	48	1-2	C
Houtwol	0,038-0,045	2100	45-270	94,5 – 567	1-5	E
Stro	0,052-0,080	2100	100	210	2	-
Schapenwol	0,038	1700	19-60	68	1-2	E
Katoen	0,038	1300	18	23,4	1-5	E
Kurk	0,033-0,045	1600	110-190	240	5-30	-
Minerale materialen						
Cellenglas	0,040-0,045	840	110	92,4	oneindig	A1/s0/d0
Glaswol	0,035	800	25	20	1	A1/s2/d0
Rotswol	0,035	800	40-140	72	1-5	A1/s1/d0
Perliet / Vermiculiet	0,045	900	90	81	3	A1
Silikaatkorrels	0,035	1000	20-30	25	3	A1
Geëxpandeerde kleikorrels	0,1	1100	300-500	440	zeer laag	A1
Petrochemische materialen						
EPS	0,032-0,040	1500	15-35	37,5	20-100	B/s1/d0
XPS	0,030-0,038	1500	15-30	37,5	80-250	E
PUR/PIR	0,023-0,028	1200	30	36	50-100	B/s2/d0
Resol / Fenol	0,021	1470	40	58,8	35	-
Icynene/Foam-Lok	0,038	1300	8	10,4	laag	-
Andere						
Massief metselwerk	1	1000	2000	2000	50-100	-
Snelbouw steen	0,5	1000	1000	1000	5-10	-
Kalk-hennep	0,07	1800	360	648	7	-
Cellenbeton	0,07	1000	300	300	5-10	-
Kalkzandsteen	1,3	1000	2200	2200	15-25	-

LEGENDE

λ = warmtegeleidbaarheid
c = soortelijke warmte
C = volumieke warmtecapaciteit
μ = dampdiffusieweerstand

Bron: isolatiematerialen algemeen, BAS Bouwen. Ecotraject (2016); https://cdn.nimbu.io/s/4th7vz5/assets/3.1%20Isolatiematerialen%20algemeen.pdf

c. Thermische massa (= thermische inertie)

Rekenen op thermische massa voor het zomercomfort is een mes dat aan twee kanten snijdt. Het heeft een positief effect in de zin dat thermische massa de warmte buffert en zo de temperatuur pieken afzwakt. Anderzijds zorgt het er ook voor dat de warmte veel langer vastgehouden wordt in het gebouw. Bovendien is het niet zo dat thermisch comfort in lichte gebouwen slechter is dan in gebouwen met veel massa, mits men buitenzonwering en intensieve natuurlijke nachtventilatie voorziet.

Thermische massa als buffer

Elk materiaal is in staat om warmte en koude op te slaan, waardoor de temperatuur ervan zal verhogen of verlagen. Dit wordt gekenmerkt door de thermische massa (of thermische inertie) van het materiaal. Warmte die zich in de woning heeft verzameld, wordt tijdelijk gebufferd in de thermische massa van de woning. Op die manier kan de binnentemperatuur in de woning gestabiliseerd worden. Opdat een materiaal geschikt zou zijn als thermische buffer, moet het een zekere hoeveelheid thermische energie kunnen opslaan en deze over een zekere periode kunnen vasthouden. Materialen met een hoge thermische inertie zijn dus best geschikt als thermische buffer. Steen heeft bijvoorbeeld een veel hogere inertie dan hout.[21]

Geleidbaarheid, soortelijke warmtecapaciteit, soortelijk gewicht, volumieke warmtecapaciteit en thermische diffusiviteit van een aantal materialen.

Materiaal	Geleidbaarheid λ_i (W/mK)	Soortelijke warmtecapaciteit C (J/kgK)	Soortelijk gewicht ρ (kg/m³)	Volumieke warmtecapaciteit c_v (kJ/m³K) (¹)	Thermische diffusiviteit α (m²/s) (²)
Isolatie	‹ 0,04	1000 - 1030	26 - 59	26 - 60	0,7 - 1,5
Gips	0,52	1000	1300	1300	0,4
Beton	2,0 - 2,7	880 - 1000	2200	1936 - 2200	0,9 1,4
Hout	0,13 - 0,3	1880	600	1128	0,1 - 0,3
Staal	50	390	7800	3042	16,4
Metselwerk	0,29 - 0,69	1000	1500	1500	0,2 - 0,5

(¹) De volumieke warmtecapaciteit stemt overeen met het product van de soortelijke warmtecapaciteit C en het soortelijk gewicht ρ; $c_v = C \cdot \rho$.
(²) De thermische diffusiviteit wordt berekend als volgt: $\alpha = \lambda / \rho \cdot C \cdot 10^6$.

Bron: L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2

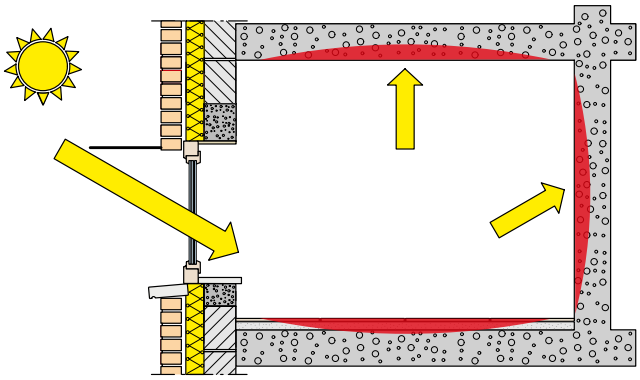
21 L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2 L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2

Faseverschuiving

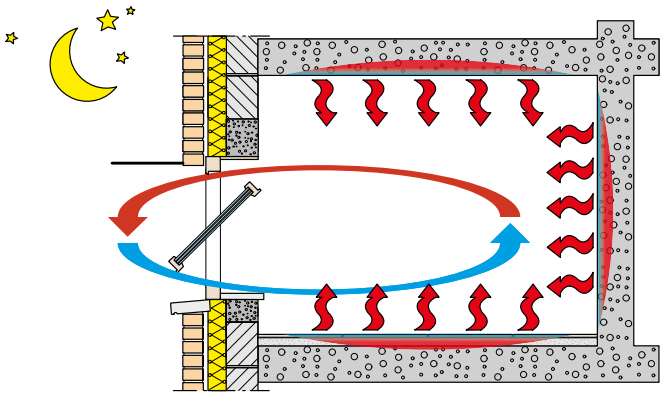
Een gebouwschil met een hoge thermische massa zorgt er ook voor dat warmte die van buiten naar binnen doorheen de verschillende materialen migreert, afgeremd wordt. Hoe groter de thermische massa, hoe trager de warmte de binnenzijde zal bereiken. Dit heet een faseverschuiving. De warmte bereikt idealiter de binnenzijde wanneer het buiten koeler is ('s nachts).

Intensieve natuurlijke nachtventilatie

Tijdens de nacht, wanneer het buiten kouder wordt dan binnen, straalt de thermische massa van het gebouw de warmte opnieuw af naar binnen. Het is belangrijk om dan de ramen te openen om het gebouw te ventileren en de thermische massa af te koelen. Dit principe wordt aangeduid als intensieve natuurlijke nachtventilatie of free cooling (zie verder bij punt 5 – intensieve natuurlijke nachtventilatie / free cooling). Indien de ruimtetemperatuur tijdens de warme zomerdagen 's nachts te weinig daalt, zal de opgeslagen warmte onvoldoende vrijgegeven kunnen worden. Daardoor zal de temperatuur in de ruimte verder toenemen en zal het gunstige effect van de warmteopslag tenietgedaan worden. Een grotere thermische massa wordt op dat moment dus zelfs nadelig, omdat de warmte langer vastgehouden wordt in de woning en de woning dus minder snel zal afkoelen wanneer de hittegolf voorbij is.



1 | Opslag van de thermische energie door de gebouwmassa



2 | Principe van de nachtkoeling

Bron afbeelding: L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2

1) De thermische massa van het gebouw absorbeert overdag de warmte en draagt op die manier bij tot het stabiliseren van de binnentemperatuur.
2) 's Nachts wordt de warmte weer afgestraald door de thermische massa en dient men de ramen te openen om het gebouw te ventileren en de thermische massa af te koelen.

Impact

Het positieve effect van thermische massa op het zomercomfort moet zoals eerder gezegd gerelativeerd worden. De buffering van warmte in de thermische massa bij zware constructies vormt geen garantie op een goed zomercomfort. Andere ontwerpparameters, zoals de aanwezigheid van buitenzonwering of het 's nachts openen van ramen, hebben een veel belangrijkere invloed dan de thermische massa. Zo kan er in een lichte houtconstructie mits de juiste maatregelen (buitenzonwering, intensieve natuurlijke nachtventilatie) ook een goed zomercomfort gecreëerd worden Bovendien heeft elk nadeel zijn voordeel: woningen met weinig massa warmen sneller op, maar koelen bijgevolg ook sneller af in vergelijking met zware constructies. Bovendien kan het zelfs zijn dat een licht gebouw met beperkte ramen een kleinere koelvraag heeft dan een gelijkaardig zwaar gebouw met grote glaspartijen.[22]

d. Groendaken

Wat is een groendak?

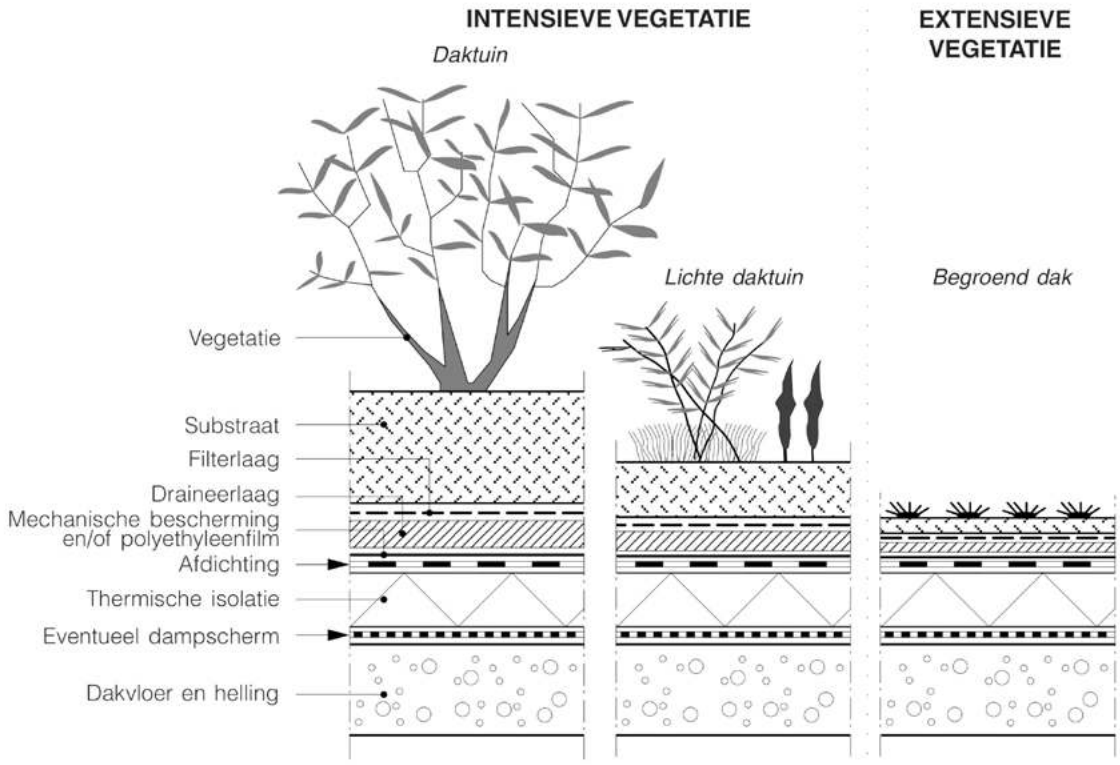
Groendaken zijn daken waarvan op de dakbedekking levende planten groeien. Er zijn twee types groendaken: extensief en intensief, afhankelijk van de soort beplanting. Hiervan bestaan er ook een heel aantal tussenvormen. De begroeiing op een extensief groendak bestaat uit mossen, sedum (vetkruiden), grassen en kruiden. Een extensief groendak vraagt weinig onderhoud. Intensieve groendaken worden ook daktuinen genoemd. De begroeiing bestaat uit grassen, kruiden, struiken of zelfs volwassen bomen. Dit systeem vereist een regelmatig onderhoud.

Bron: eigen foto

Groendak

22 Verbeke Stijn, Thermal Inertia in dwellings - Quantifying the relative effects of building thermal mass on energy use and overheating risk in a temperate climate, 2017

Basiselementen groendak



Bron afbeelding: www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/3-samenstelling.html?IDC=7441

Invloed op oververhitting

Groendaken verminderen de warmtedoorslag doorheen het dak. Ten eerste is er minder directe zoninstraling op het dak, wat ervoor zorgt dat het oppervlak van het dak koeler blijft.

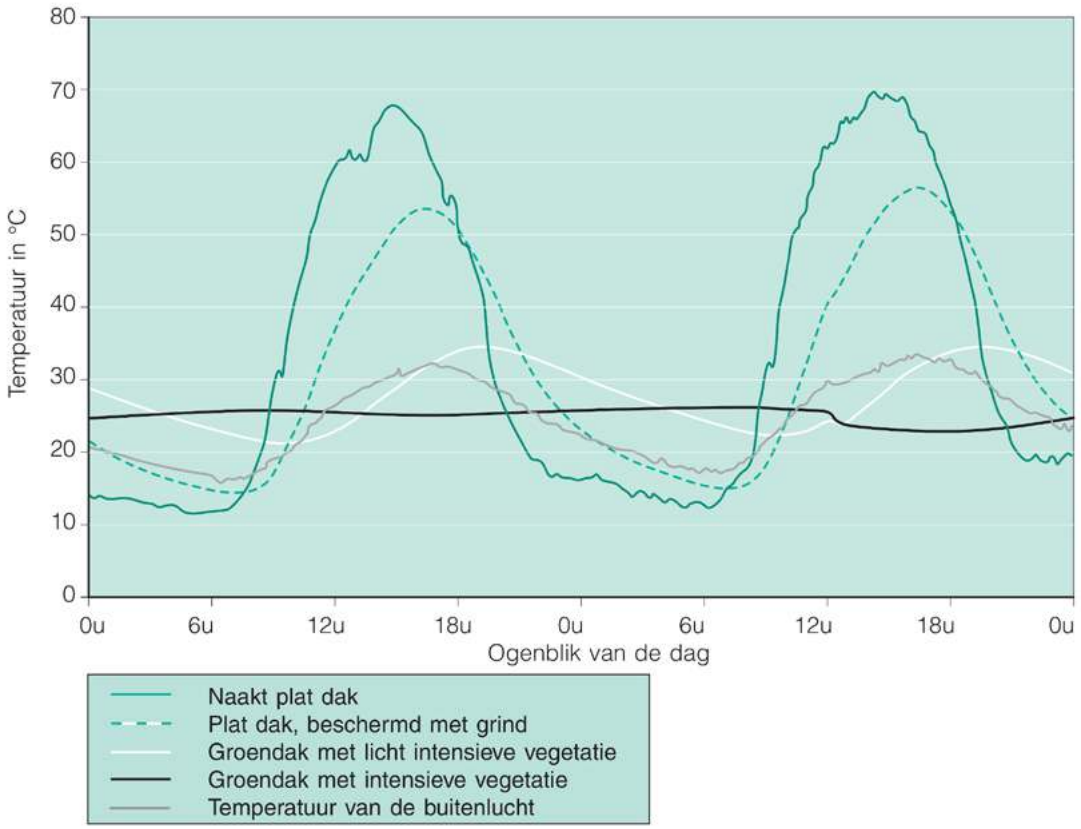
Verder zorgt evapotranspiratie van het vocht in de groene planten ervoor dat het dak afkoelt. Dit effect is het sterkst wanneer de planten best groeien, in de zomer dus. Door dit effect kan de temperatuur onder een niet-geïsoleerd extensief groendak in de zomer 3 tot 4 °C verlaagd worden.[23] Bij een goed geïsoleerd dak verlaagt een groendak de binnentemperatuur met 1 à 1,5°C.[24]

De aanwezigheid van thermische isolatie zorgt er dus voor dat de impact van het groendak op de binnentemperatuur verkleint. Dit komt omdat de isolatie ook al een effect heeft. Dit wil echter niet zeggen dat isolatie of een groendak geen zin hebben. Een goed geïsoleerd dak is zowel in de zomer als in de winter een prioriteit.

23 Getter, K. L.; Rowe, D. B., The role of extensive green roofs in sustainable development. Hortscience 2006, 41, (5), 1276-1285

24 Issa Jaffal, Sahal-Eddine Oulboukhitine, Rafik Belarbi (2011) A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. Renewable Energy nr. 43, 2012, p. 157-164

Temperatuurprofielen van het dichtingsmembraan in de zomer



Source image: WTCB (2006) Technische Voorlichting 229 Groendaken. Brussel: WTCB

Deze verkoelende factor is natuurlijk enkel aanwezig zolang het groendak gezond is. Tijdens een lange periode van droogte kan het voorkomen dat het groendak onder stress komt. Dan drogen het substraat en de planten uit en is er geen vocht meer om te verdampen. Dit risico is het grootst bij extensieve daken met sedumbeplanting. Sedum onder stress vertoont een typische rode kleur. Het risico kan beperkt worden door de dikte van de substraatlaag te verhogen en een waterbuffer te voorzien. Het is belangrijk om de soortensamenstelling van een sedumdak te respecteren. In een extensief groendak dienen de meer vochtminnende planten verwijderd te worden, opdat de droogteminnende planten tijdens een droogteperiode nog voldoende waterreserve zouden overhouden.

Andere voordelen

- ✓ Het regenwater wordt direct opgenomen en op het dak gebufferd. Dit zorgt voor een meer geleidelijke lozing van regenwater waardoor de rioleringsnetten minder overbelast worden en het risico op overstroming verkleint.
- ✓ De akoestische isolatie van het dak verhoogt.
- ✓ Verbetering van de luchtkwaliteit door het opvangen van fijn stof en vervuiling.
- ✓ Groendaken bevorderen de biodiversiteit.
- ✓ Op een groendak hebben zonnepanelen een hoger rendement.
- ✓ De levensduur van de dakdichting wordt verhoogd. Een groendak biedt bescherming tegen extreme temperaturen, UV-licht en hagelbuien.
- ✓ Op stedelijk niveau wordt het hitte-eilandeffect verzacht.
- ✓ Aangenaam om naar te kijken.

Aandachtspunten

- ✓ **voldoende dikke substraatlaag:** in deze laag zijn de wortels van de planten verankerd en zijn water, voedingsstoffen en zuurstof aanwezig voor de planten. Een voldoende dikte is cruciaal voor de kwaliteit van het groendak (vooral bij extensieve groendaken). De substraatlaagdikte voor een sedumdak is best minimum 6 à 7 cm, voor een kruidendak minimum 10 à 15 cm. Ook de samenstelling van de substraatlaag is zeer belangrijk. In Duitsland is deze genormeerd door de FLL richtlijnen. In België bestaan dergelijke richtlijnen nog niet. Het is belangrijk dat een substraatlaag niet meer dan 10% organisch materiaal bevat.
- ✓ **waterbuffer**: zeer belangrijk voor de kwaliteit van een extensief groendak. Om te voorkomen dat het water te snel verdampt of wegvloeit, moet er een waterbuffer voorzien worden. Dit kan in de vorm van opvangbekertjes of opvangbakjes die geïntegreerd zijn in de drainagematten of -platen. Voor een sedumdak is de capaciteit van de waterbuffer minimum 35l/m², voor extensief kruidendak minimum 50l/m². Naarmate de substraatlaagdikte toeneemt (vanaf ca. 20 cm), wordt de bufferlaag minder cruciaal. Bij intensieve groendaken is dit dus niet nodig.
- ✓ Het dak moet **draagkrachtig** genoeg zijn om het gewicht van het groendak te kunnen dragen. Voor een extensief groendak mag je rekenen op 80 tot 200 kg/m² die extra op het dak komt. Voor een intensief groendak komt er minimum ca. 400 kg/m² bij. Afhankelijk van het gewicht, is het dus mogelijk dat er een aangepaste dakconstructie nodig is. Dit moet steeds berekend worden door een stabiliteitsingenieur.
- ✓ Niet elke **plant** mag op een groendak geplant worden. In TV229 van het WTCB staat een lijst met planten die moeten geweerd worden op een groendak, omdat de wortels de dakdichting kunnen doorboren naarmate ze groeien.[25] Onderhoud is dus belangrijk, want bepaalde onkruiden of boomscheuten die op het dak waaien kunnen ook op deze lijst staan.
- ✓ Bij **regenwaterrecuperatie** is het mogelijk dat het water verkleurt door het organisch materiaal van het groendak dat erin aanwezig is. Bij een goed evenwichtig substraat (maximaal 10% organisch materiaal, niet teveel compost) zou er in principe geen probleem mogen zijn voor regenwaterrecuperatie. Men ziet in de praktijk dat het regenwater dat afvloeit van groendaken vaak toch niet voldoende kwalitatief is, waardoor men het beter niet recupereert in de regenwaterput. Het kan ook opgelost worden door een actieve koolfilter te plaatsen op de aanzuigleiding in de regenwaterput. Deze elimineert geuren en verkleuringen van het water.
- ✓ **Kostprijs:** een groendak heeft uiteraard een meerprijs ten opzichte van een naakte dakbedekking of kiezelstenen.
- ✓ **Onderhoud:** een groendak vraagt minstens 1x per jaar onderhoud. Hoe intensiever de begroeiing, hoe meer onderhoud het groendak vraagt.
- ✓ Een groendak biedt **geen thermische isolatie** in de winter.[26] Er moet dus wel nog steeds een thermische isolatie geplaatst worden onder het groendak. Door de steeds langere droge zomers, worden groene daken steeds meer voorzien van een irrigatiesysteem. Een waterpunt om het dak vlot te bewateren is dus aan te raden.

25 TV229 WTCB p31

26 TV229

e. Groene gevel

Wat is een groene gevel?

Bij een groene gevel laat men planten groeien langsheen de buitengevel. Er bestaan 2 systemen: klimplanten en een systeem met gevelbakken. Bij klimplanten zitten de wortels van de planten in de volle grond bij de voet van het gebouw en klimmen ze omhoog langsheen de gevel, al dan niet met een hulpsysteem. Bij een systeem met gevelbakken groeien de planten in bakken die langs de gevel hangen. Dit kan ook met zakken of potten. Bij dit systeem is een irrigatiesysteem noodzakelijk.

Invloed op oververhitting

Een groene gevel heeft een verkoelende werking op twee manieren. Enerzijds zorgen de planten voor schaduw op de gevel en is er dus geen directe instraling van de zon. Anderzijds wordt de geveltemperatuur verlaagd door de geventileerde luchtspouw achter de planten en door het koelend effect van de evapotranspiratie.

De impact van een groene gevel is sterk afhankelijk van de plantensoort, dikte van de begroeiing, type van groene gevel, de oriëntatie en de opbouw van de muur (o.a. aanwezigheid van isolatie) waarop de groene gevel groeit. Naarmate een gevel beter geïsoleerd wordt, zal de impact van de groene gevel verkleinen (analoog met groendak). Er is een onderzoek waaruit blijkt dat de binnentemperatuur zo'n 0,7 tot wel 4 à 8°C lager kan zijn door de aanwezigheid van een groen voor een ongeïsoleerde gevel. Dit onderzoek wees ook uit dat er geen temperatuurverschil bij een goed geïsoleerde gevel.[27] [28]

In een ander onderzoek lag de binnentemperatuur zo'n 3 à 4 °C lager door de aanwezigheid van gevelgroen.[29]

Andere voordelen

- ✓ Hoewel groengevels net als groendaken geen thermisch isolerende werking bieden in de winter, wordt de gevel wel afgeschermd tegen de wind. Dit zorgt ervoor dat er minder warmteverlies is door convectie*.[30]
- ✓ Groengevels dragen bij aan een vermindering van het hitte-eilandeffect.
- ✓ Gevelgroen heeft een luchtzuiverende werking.
- ✓ Gevelgroen werkt als een regenscherm, waardoor de muur algemeen droger is.
- ✓ Gevelgroen draagt bij tot de biodiversiteit.

Groene gevel

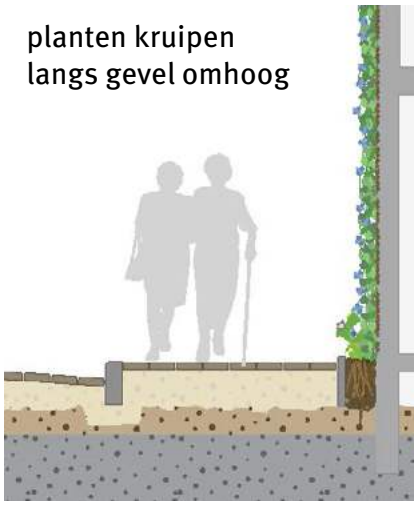
27 Kyra Koch, Roeland Samson, Siegfried Denys, Groen bouwen: groene gevels voor duurzame gebouwen en steden, agentschap innoveren en ondernemen, 2019

28 Ottelé M.,Perini, Comparative experimental approach to investigate the thermal behavior of vertical greened facades of buildings, TU Delft, 2017.

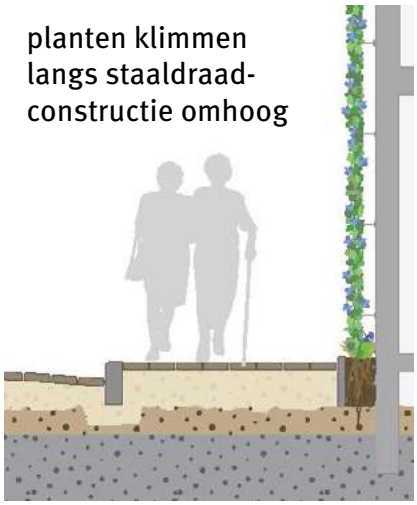
29 Tabassom S., Aminatuzuhariah M.A., Dilshan R.O., Mohammad B., Thermal Impacts of Vertical Greenery Systems, Universiti Teknologi Malaysia, 2014

30 Infofiche bouwadvies 07.01: Groene gevels, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

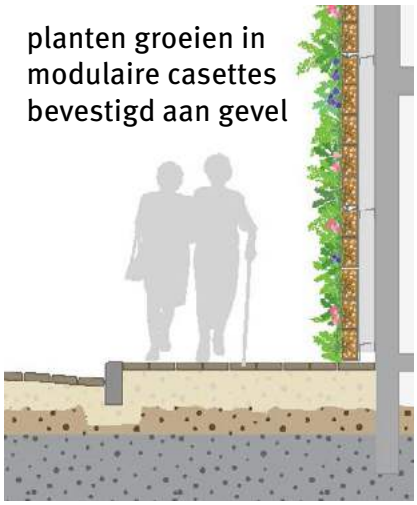
verschillende types van groene gevels



Bron: Atelier GROENBLAUW



Bron: Atelier GROENBLAUW



Bron: Atelier GROENBLAUW

Aandachtspunten/nadelen

- ✓ De gevel moet in goede staat zijn. Indien er spleten of barsten zijn, kan dit door bepaalde beplanting verergeren. Het gevelgroen wordt dus best met aandacht gekozen.
- ✓ Er is regelmatige snoei nodig.
- ✓ Bij een systeem met gevelbakken, -zakken of -potten moet er een irrigatiesysteem voorzien worden.
- ✓ Het is belangrijk om groeibegrenzers te plaatsen, zodat de planten niet tussen dakranden e.d. kunnen groeien.

4. Interne warmtewinsten reduceren

Het oververhittingsprobleem kan ook van binnenin de woning komen, al is het meestal in beperkte mate voor woningen. Elektrische toestellen verbruiken stroom en geven warmte af. Apparaten die niet in gebruik zijn schakel je dus beter uit, bijvoorbeeld een computer. Toestellen in stand-by worden beter ook volledig uitgeschakeld.

Er wordt ook best gekozen voor energiezuinige huishoudtoestellen, want die geven minder warmte af. De vuistregel is: hoe lager het verbruik, hoe minder warmte er wordt afgegeven. De meeste ongewenste warmteproductie komt van de diepvriezer en de droogkast. Vaatwasser en koelkast produceren ook warmte, maar iets minder. Let op met halogeenlampen: die verbruiken veel stroom en geven veel warmte af. Beter is het om te verlichten met ledlampen.

De productie en distributie van warm water geven ook warmte af. Je kan hiervoor alle onderdelen (leidingen, opslagvat, ...) gaan isoleren, maar omwille van legionella is dit niet aan te raden voor de leidingen. Je kan wel het opslagvat isoleren en zo de warmteafgifte beperken. De gaswandketel zet je best in eco-modus in plaats van de comfortstand. In comfortstand wordt er een intern watervat constant op temperatuur gehouden, waardoor je een permanente warmte-afgifte naar de omliggende ruimte hebt. Met de ecostand zal het na een nacht slapen iets langer duren voor er warm water uit de kraan komt. Er loopt dan iets meer water weg. Maar voor het milieu en je portemonnee is dat ruimschoots te verkiezen boven extra gasverbruik en de ongewenste warmte.

De locatie van de apparaten heeft ook een invloed. Zo kan je ze clusteren in ruimtes waar opwarming minder hinder veroorzaakt, bv. een zolder waar niet gewoond wordt, een garage of berging buiten het beschermd volume, ...

KOELTECHNIEKEN

Het is van cruciaal belang dat de warmte in de woning ook weer geëvacueerd wordt. Dit gebeurt het efficiëntst via intensieve natuurlijke nachtventilatie. Passieve koeltechnieken, waarbij geen of slechts een beperkte hoeveelheid energie moet toegevoegd worden, zijn energetisch gezien het meest interessant.

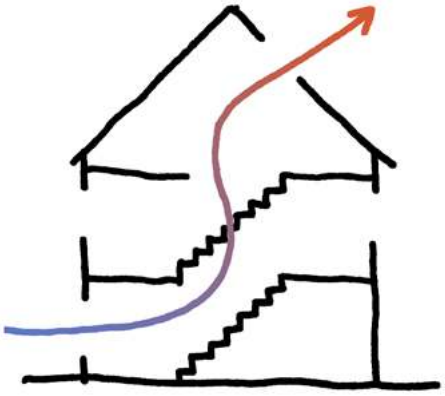
Er kan beperkt gekoeld worden door passieve koeling toe te passen op het ventilatiesysteem, door het voorkoelen van de toevoerlucht via de grond (aardwarmtewisselaar of bodemwarmtewisselaar) of door middel van verdamping (adiabatische koeling). Verder kan je ook passief koelen met een geothermische warmtepomp. Passieve koeltechnieken hebben slechts een beperkt effect. Deze pas je best steeds toe in combinatie met bouwkundige maatregelen om de hitte buiten te houden, in het bijzonder alle beglazing op het oosten, zuiden en westen voorzien van zonwering. Actief koelen met een airco is het meest effectief om de binnentemperatuur te doen dalen, maar het nadeel is een veel groter energieverbruik en is omwille daarvan af te raden. Een ventilator is dan efficiënter om het comfort te verhogen. Het doet de temperatuur niet dalen, maar creëert wel plaatselijk een verkoelend effect op de huid door het verplaatsen van de lucht.

Samenvattende tabel maatregelen koeltechnieken

MAATREGEL	STRATEGIE	VOORBEELDEN	TOEPASSING NIEUWBOUW	TOEPASSING RENOVATIE	IMPACT
5. Intensieve natuurlijke nachtventilatie / free-cooling	Gebruik maken van de koelere temperatuur 's nachts om de opgeslagen warmte in de woning af te voeren.	✓ ramen openzetten	ja	ja, indien geen inbraakrisico	noodzakelijk om een goed zomercomfort te creëren
		✓ ventilatiesysteem C of D	ja	ja, indien ventilatiesysteem C of D aanwezig	Effect veel kleiner dan openzetten van ramen, beperkt door het debiet van het ventilatiesysteem
6. Passief koelen via ventilatie	Ventilatielucht passief voorkoelen via grond of verdamping	✓ systeem van warmteterugwinning ✓ lucht-aardwarmtewisselaar ✓ bodemwarmtewisselaar met koelvloeistof ✓ adiabatische koeling	ja	ja, indien ventilatiesysteem D aanwezig	Beperkt door het debiet van het ventilatiesysteem en de temperatuur van de grond - volstaat niet op zich, kan wel als aanvulling op andere maatregelen tegen oververhitting
7. Passief koelen met geothermische warmtepomp	De woning koelen d.m.v. een lagetemperatuursysteem waarin het water gekoeld wordt d.m.v. een geothermische warmtepomp.		ja, indien ruimte voor grond-boringen	mogelijk, maar ingrijpend indien er nog geen afgiftesysteem op lage temperatuur aanwezig is	Beperkt - watertemperatuur mag niet lager zijn dan 18°C om condens op de vloer te vermijden - steeds in combinatie met zonwering en intensieve natuurlijke nachtventilatie
8. Actief koelen met een ventilator	Een plaatselijk verkoelend effect creëren op de huid door het verplaatsen van de lucht		ja	ja, geen bouwkundige impact	Verhoogt plaatselijk het comfort, verbruikt minder elektriciteit dan een airco, maar de voorkeur gaat wel nog steeds naar het vermijden dat de hitte binnenkomt dan actief koelen
9. Actief koelen met een warmtepomp ("airco")	De woning koelen d.m.v. een lagetemperatuursysteem waarin het water gekoeld wordt d.m.v. de compressor van de warmtepomp.		ja	mogelijk, maar ingrijpend indien er nog geen afgiftesysteem op lage temperatuur aanwezig is	Efficiënt als koeling, maar gaat gepaard met groot energieverbruik (en daarom eerder af te raden)

5. Intensieve natuurlijke nachtventilatie / free-cooling

principe van nachtventilatie



Bron: eigen illustratie

Wat is intensieve natuurlijke nachtventilatie?

Overdag, wanneer het in de zomer buiten warmer is dan binnen, hou je de warme lucht best zoveel mogelijk buiten door ramen en deuren gesloten te houden. 's Nachts wordt het dan meestal buiten frisser dan binnen. Dan is het belangrijk om de warmte die zich binnen heeft opgehoopt, te evacueren. Dit kan door de ramen open te zetten. Het best worden er ramen opengezet die zich tegenover elkaar bevinden. Als er twee ramen in tegenovergestelde gevels openzet worden, zal de woning meer verluchten dan met ramen die zich in dezelfde gevel bevinden. Dit zal echter niet altijd lukken, in appartementsgebouwen bijvoorbeeld. Indien mogelijk wordt ook de hoogte van de woning benut door de ramen op de hogere verdiepingen of zelfs op zolder open te zetten, om extra trek te creëren. Dit wordt schouweffect genoemd.

Indien de woning over een mechanisch ventilatiesysteem beschikt dat bedoeld is om de luchtkwaliteit in de woning op peil te houden, moet er rekening mee gehouden worden dat die doorgaans niet op maximaal vermogen werkt, maar op bv. 1/3, wat de impact ervan voor koeling beperkt. Eventueel kan de ventilatiesnelheid tijdelijk verhoogd worden, maar dit zal niet volstaan om de woning goed af te koelen. Zelfs als een ventilatiesysteem op maximum debiet draait, zal het ventilatievoud* dat behaald wordt via opengaande ramen veel hoger zijn. 's Nachts volop natuurlijk ventileren via geopende ramen is dus een noodzaak.

Het voorzien van een intensieve natuurlijke ventilatie door het openen van de ramen kost geen energie. Het is wel afhankelijk van de windrichting en kan in bepaalde gevallen uitgesloten zijn, bv. met het oog op de inbraak- en brandveiligheid of omwille van de luchtkwaliteit of lawaai.

In deze gevallen kan men ervoor kiezen om een intensieve mechanische ventilatie toe te passen. Men dient echter wel te waken over het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren en men moet ervoor zorgen dat er geen geluidsoverlast is. Er bestaan ook nachtkoelingsroosters, die je inbraakveilig kan openzetten.

Nachtkoelingsrooster

Uit een proefopstelling van het WTCB blijkt dat een intensieve nachtelijke ventilatie de gemiddelde binnentemperatuur tot ca. 3 à 4°C naar beneden kan halen ten opzichte van de situatie zonder intensieve natuurlijke nachtventilatie.[31] De impact is dus significant voor een goed zomercomfort.

Gebruikersgedrag

Ook hier speelt het gebruikersgedrag een belangrijke rol. Uit onderzoek blijkt dat veel mensen hun ramen permanent laten openstaan tijdens warme dagen en dat er geen specifieke correlatie is tussen het raamopeningsgedrag en de buitentemperatuur.[32] In het ideale geval moeten de ramen zoveel mogelijk dicht gehouden worden op momenten dat het buiten warmer is dan binnen. Wanneer het buiten frisser wordt dan binnen, moeten de ramen net zoveel mogelijk geopend worden zodat de opgestapelde warmte kan afgevoerd worden (intensieve natuurlijke nachtventilatie).
Wat ook interessant kan zijn, is om te gaan voorkoelen wanneer er een hittegolf voorspeld wordt. Op die manier kan de thermische massa van de woning al voorgekoeld worden en is ook de starttemperatuur van de dag lager. Dit werkt vooral in het tussenseizoen, wanneer het 's nachts goed afkoelt.

a. Schouweffect

Het natuurlijke schouweffect is de opwaartse beweging van de binnenlucht in een gebouw of een koker, doordat deze lucht warmer is en dus lichter dan de buitenlucht. Die beweging zorgt voor de aanzuiging van verse lucht onderaan in het gebouw of de koker en stuwt de warme lucht aan de bovenkant naar buiten. Een schouweffect is mogelijk op schaal van een enkel venster, een gevel of van een volledig gebouw. De doeltreffendheid van het schouweffect hangt af van het volume, het verschil in temperatuur tussen de binnenkomende en de uitgaande lucht alsook van de afstand tussen luchttoevoer en -afvoer. Deze luchtverplaatsing is sterker wanneer het temperatuurverschil tussen binnen en buiten groter is (en werkt dus hoofdzakelijk 's nachts) en naarmate het hoogteverschil tussen de openingen voor luchttoevoer en luchtafvoer groter is. Vooral in rijwoningen kan het schouweffect dus interessant zijn, omdat deze woningen doorgaans hoog zijn in vergelijking met het totale volume. Het schouweffect kan simpelweg gecreëerd worden door een dakraam open te zetten in combinatie met open ramen op een lager gelegen verdieping. Het dakraam zit dan best zo hoog mogelijk.

b. Mechanisch ventilatiesysteem

Op een warme dag hou je best de warmte zoveel mogelijk buiten. Ons ventilatiesysteem brengt echter de noodzakelijke verse lucht binnen, d.w.z. warme lucht die onze woning opwarmt. De twee basisventilatiesystemen (C en D) hebben een verschillende strategie om hiermee om te gaan. Ook 's nachts moeten maatregelen genomen worden om intensieve nachtventilatie mogelijk te maken. Zoals eerder vermeld (punt 5 – Intensieve natuurlijke nachtventilatie / free cooling - wat is intensieve natuurlijke nachtventilatie?) volstaat een mechanisch ventilatiesysteem alleen niet om een voldoende debiet voor intensieve nachtventilatie te behalen. Ramen openzetten blijft dus een noodzaak.

31 O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

32 "De rol van gebruikersgedrag in zomercomfort" presentatie Pixii expert day zomercomfort 8/10/2020, Silke Verbruggen, Universiteit Gent

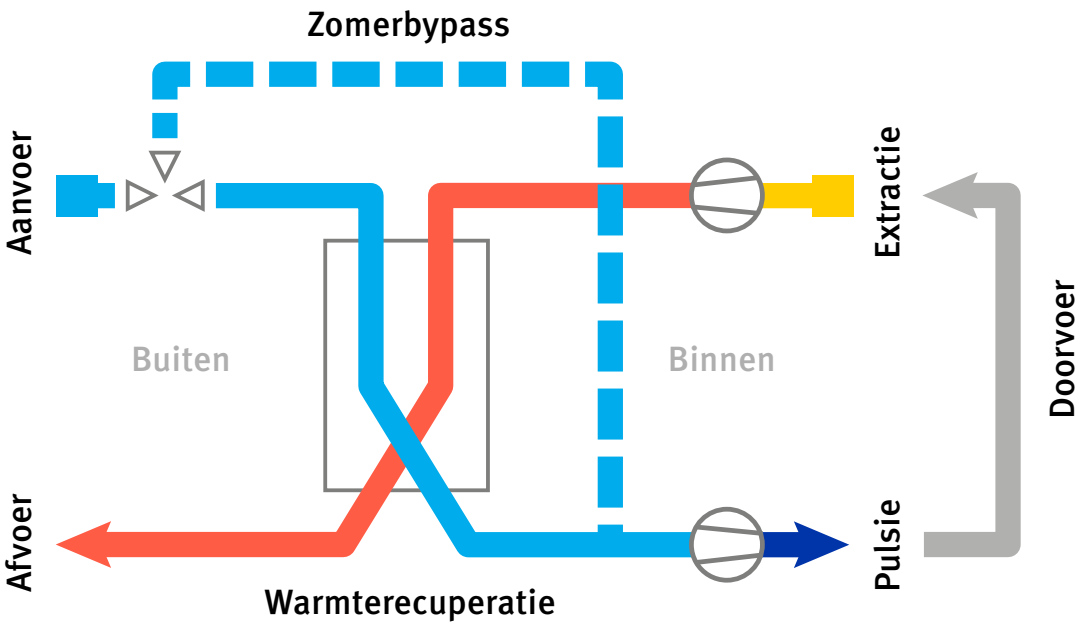
Ventilatiesysteem D

Bij een ventilatiesysteem D gebeuren zowel de toevoer als de afvoer van lucht mechanisch. Een warmtewisselaar kan de warme toevoerlucht iets voorkoelen met de koelere afvoerlucht van binnen. Warmteterugwinning op de ventilatie is dus niet alleen een voordeel in de winter, maar ook in de zomer.

✓ Automatische zomerbypass

's Nachts of wanneer het buiten opnieuw frisser wordt dan binnen, willen we niet dat onze koele toevoerlucht wordt opgewarmd door de warme afvoerlucht. Warmteterugwinning is op dat moment dus niet gewenst. Een ventilatiesysteem D met warmteterugwinning is daarom best voorzien van een automatische zomerbypass. Dit toestel meet de verschillende in- en uitgaande luchttemperaturen. Wanneer de toevoerlucht binnen een bepaald interval ligt (bv. tussen 18 en 25°C), zal de toevoerlucht niet doorheen de warmtewisselaar gaan, maar deze omzeilen en rechtstreeks naar de toevoerkanalen gaan. Er bestaan ook toestellen met een handmatige zomerbypass, maar dit heeft als nadeel dat je er zelf aan moet denken wanneer het goede moment er is om hem in of uit te schakelen. De positie van de luchtaanvoer is erg belangrijk. Dit doe je best niet op het dak (te warm in de zomer, te koud in de winter). Een goede plaats is een van de gevels, maar niet de zuidgevel.

Het principe van een zomerbypass bij een ventilatiesysteem D



Bron: Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 2: Wat is de impact van technieken? De Koevoet nr. 188, herfst 2019, p 44-50

Ventilatiesysteem C

Bij een ventilatiesysteem C gebeurt de toevoer van verse lucht natuurlijk en de afvoer van vervuilde lucht mechanisch. Er wordt best gekozen voor een vraaggestuurd systeem. Hierdoor is de toevoer van warme lucht heel beperkt op de momenten dat verluchting niet noodzakelijk is.

's Nachts willen we ook met een ventilatiesysteem C de warmte die binnen opgeslagen werd, afvoeren. Een vraaggestuurd systeem C heeft dus best een functie die de luchttemperatuur meet en indien nodig de vraagsturing (tijdelijk) uitschakelt en overgaat op het maximale ventilatiedebiet. Dat kan je ook zien als een soort van bypass die de vraagsturing omzeilt.

Ramen opzetten?

Het betekent echter niet dat we geen ramen meer moeten openzetten om 's nachts de warmte weg te ventileren. Deze technieken zijn eerder een aanvulling op intensieve nachtventilatie via opengaande ramen. Zelfs het maximale ventilatiedebiet blijft meestal te laag om 's nachts voldoende warmte af te voeren. Plaats je bijvoorbeeld een ventilatietoestel (systeem D) met een maximaal debiet van 300 m^3/h in een woning van 600 m^3, dan zal je op de hoogste ventilatiestand een ventilatievoud creëren van 0,5 per uur. Dat betekent dat het volume van de woning om de 2 uur volledig wordt ververst. Door het openen van ramen behaal je ventilatievouden tot 3 à 4 per uur, bij voldoende grote raamopeningen en voldoende hoogteverschil tussen de opengaande ramen. Met het ventilatiesysteem duurt het dus meestal te lang om de in de woning opgeslagen warmte af te voeren. Door 's nachts ramen te openen, gaat het sneller en efficiënter. Een ventilatiesysteem kan wel nog steeds nuttig zijn wanneer er ramen open staan, bv. in een ruimte of op een verdieping waar er geen inbraakveilige raamopeningen zijn. Op een gelijkvloerse verdieping met enkel deuren en schuiframen moet je 's nachts noodgedwongen alles sluiten. Op deze verdieping zal de warmte dan enkel afgevoerd worden door het ventilatiesysteem (C of D). Dus blijft de ventilatie aan, ter aanvulling van de intensieve natuurlijke ventilatie via opengaande ramen.[33]

33 Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 2: Wat is de impact van technieken? De Koevoet nr. 188, herfst 2019, p 44-50

6. Passief koelen via ventilatie

De verse aanvoerlucht van het ventilatiesysteem kan voorgekoeld worden met behulp van een aardwarmtewisselaar of bodemwarmtewisselaar. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bodem, die koeler is dan de buitenlucht. Een aardwarmtewisselaar of bodemwarmtewisselaar moet worden beschouwd als een aanvulling op een ventilatiesysteem met dubbele stroom en warmterecuperatie (systeem D). Maar hij kan dat systeem niet vervangen. Een warmtewisselaar op de ventilatielucht (systeem D) biedt de mogelijkheid om 80% van de verloren energie door verluchting te recupereren, wat veel meer is dan een aard- of bodemwarmtewisselaar. Ook hier is een bypass langs het warmterecuperatiesysteem in de ventilatie-unit noodzakelijk. Men moet 's nachts voorkomen dat de koelere aanvoerlucht weer onnodig opgewarmd wordt door de warmere afgevoerde lucht.

a. Lucht-aardwarmtewisselaar of AWW

Hoe werkt het?

Bij een mechanisch ventilatiesysteem (systeem D) kunnen we passief koelen door gebruik te maken van een aardwarmtewisselaar of lucht-aardwarmtewisselaar (ook wel Canadese put genoemd). Dit is een waterdichte ventilatiebuis die ingegraven wordt in de de bodem. De ventilatielucht passeert rechtstreeks doorheen de warmtewisselaar (de ventilatiebuis) in de bodem. De warme lucht geeft via de buiswand zijn warmte deels af aan de bodem. Hierdoor koelt de lucht af voor ze binnenkomt in het ventilatiesysteem.

Impact

Door een aardwarmtewisselaar aan te sluiten op de ventilatie-unit kunnen we de verse lucht voorkoelen. Dit heeft een verkoelend effect, maar dat kan omwille van het lage ventilatiedebiet niet vergeleken worden met de koeling door een airco. Er zijn ook andere mogelijkheden. Indien er bijvoorbeeld geen tuin is, kan ook een kelder fungeren als 'grondbuis'.

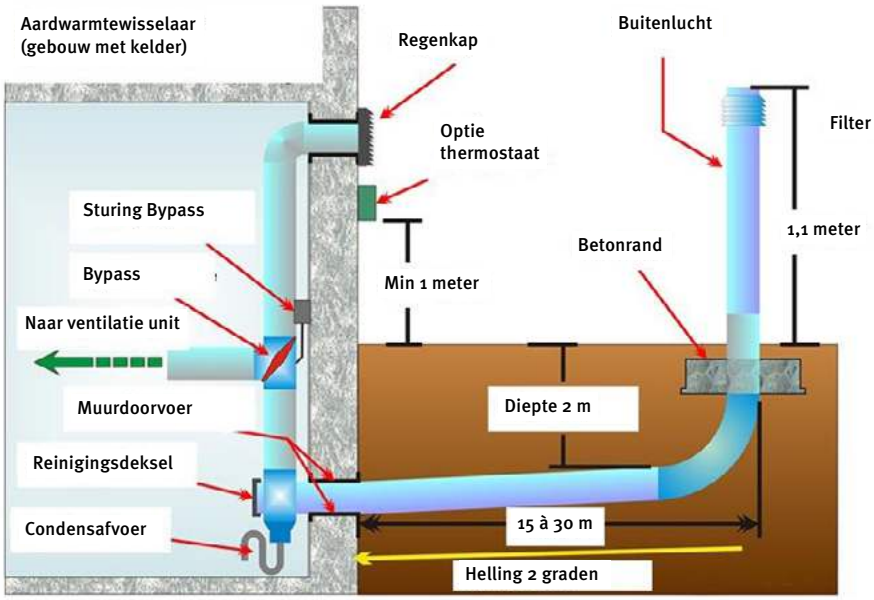
Aandachtspunt: luchtkwaliteit

Men moet ervoor zorgen dat de kwaliteit van de lucht niet verslechtert door de doortocht door de aardwarmtewisselaar. In de zomer kan er in bepaalde omstandigheden condensatie optreden in een AWW. Daarom moet een AWW steeds aangelegd worden met een helling van minstens 2% die uitloopt op een putje voor de evacuatie van het eventuele condensatievocht. Aan de ingang moeten er filters komen tegen insecten en pollen, en het systeem moet ook waterdicht zijn. Een regelmatig onderhoud van de filters (3 à 6 maanden) zal zorgen voor een betere luchtkwaliteit en een lager energieverbruik. De aanzuigopening met filter voorziet men best op een plaats met een goede luchtkwaliteit. Men zal er dus de voorkeur aan geven om lucht te nemen achter in de tuin in plaats van voor het huis aan de straat bijvoorbeeld (niet in de buurt van vuilnisopslag, parkeerruimte enz.).

Ook in de winter

Dit systeem kan ook omgekeerd gebruikt worden in de winter. De bodem is dan warmer dan de buitenlucht. Ventilatielucht kan dus voorverwarmd worden via de AWW.

Het principe van een lucht-aardewarmtewisselaar



Bron: infofiche bouwadvies 6.05: de aardwarmtewisselaar. Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

b. Bodemwarmtewisselaar (BWW) - koelvloeistof in grond

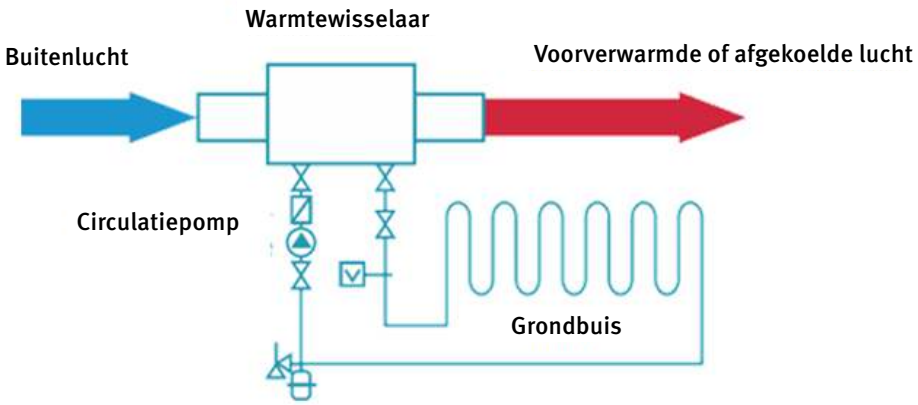
Hoe werkt het?

Een bodemwarmtewisselaar (BWW) of glycolwater-aardwarmtewisselaar is een buis gevuld met een vloeistof (vaak een mengsel van water en glycol) die ingegraven wordt in de bodem. Deze vloeistof neemt de temperatuur van de bodem aan en geeft zijn temperatuur af aan de ventilatielucht via een warmtewisselaar. In tegenstelling tot een AWW stroomt de ventilatielucht bij een BWW niet door de grondbuis. Hierdoor hoeft een BWW niet hellend te liggen en is er ook geen onderhoud nodig.

Impact

De impact van een bodemwarmtewisselaar is vergelijkbaar met de aardwarmtewisselaar.

Het principe van een bodemwarmtewisselaar



Bron: Infofiche bouwadvies 6.05: de aardwarmtewisselaar, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

c. Adiabatische koeling

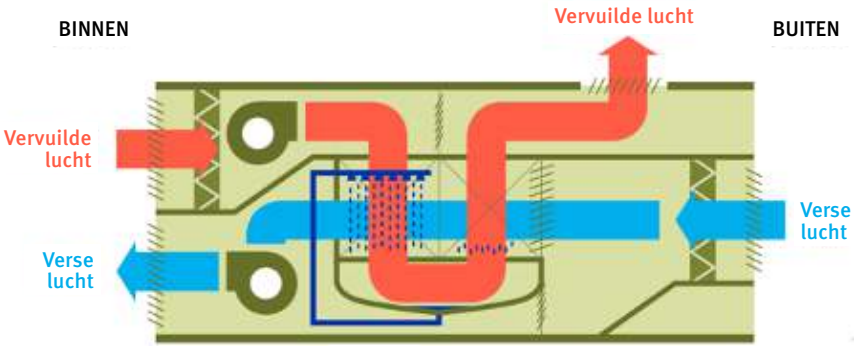
Hoe werkt het?

Adiabatische koeling is een andere manier om passief te koelen via het ventilatiesysteem D. Deze manier steunt op het principe dat er om water te verdampen energie (warmte) nodig is. De warme toevoerlucht wordt door een waternevel bevochtigd en koelt af doordat er warmte onttrokken wordt voor de verdamping. Je hebt directe en indirecte koelsystemen bij adiabatische koeling. Bij directe koeling wordt het vrijgekomen vocht in de te koelen ruimte afgevoerd, wat dus een hoge relatieve vochtigheid als gevolg heeft. Dit kan benauwend aanvoelen, vooral astmapatiënten hebben hier last van. Vandaar dat indirecte systemen meer aangewezen zijn in ruimtes waar voor comfortdoeleinden wordt gekoeld.

Bij indirecte adiabatische koeling werkt men met een tweede gescheiden luchtstroom, die de toevoerlucht afkoelt via een warmtewisselaar.

Als de adiabatische module juist is gedimensioneerd, is het extra elektriciteitsverbruik te verwaarlozen. Dat geldt ook voor het waterverbruik, waarvoor gerecupereerd regenwater kan worden gebruikt. Deze koeltechniek wordt momenteel nog vooral in tertiaire gebouwen toegepast (kantoren, scholen, ...).

Het principe van adiabatische koeling



Bron: Bert Vandenwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 2: Wat is de impact van technieken? De Koevoet nr. 188, herfst 2019, p 44-50

7. Passief koelen met geothermische warmtepomp

Hoe werkt het?

Passief koelen met een warmtepomp is alleen mogelijk met een geothermische warmtepomp. Koeling met een lucht-water- of lucht-luchtwarmtepomp is steeds actieve koeling. Bij passieve koeling maakt het systeem gebruik van koelte die in de bodem opgeslagen is. Hierbij wordt de compressor van de warmtepomp uitgeschakeld en werkt enkel de circulatiepomp om het koele water doorheen het buizennet te laten circuleren. Dit is dus een heel energiezuinige manier van koelen, enkel de circulatiepomp verbruikt wat elektriciteit. Een bijkomend voordeel van passief koelen, is dat de warmte uit het gebouw wordt gestockeerd in de bodem. Daarmee kan je in de winter het gebouw weer verwarmen. Hierdoor zal het rendement van een geothermische installatie stijgen in het stookseizoen.

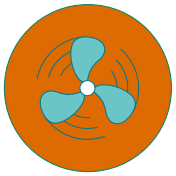
Effect

Het koelvermogen van passieve koeling is eerder beperkt, een daling van zo'n 2 tot 4°C. In de meeste gevallen volstaat dit wel als er ook voldoende aandacht wordt besteed aan de bouwkundige maatregelen om oververhitting te voorkomen, bv. een zonwering. Het afgiftesysteem is hetzelfde als bij verwarming met een warmtepomp: een lage-temperatuurverwarming via oppervlakteverwarming (vloer-, wand- of plafondverwarming) of via ventilo-convectoren. Bij vloerverwarming moet je er rekening mee houden dat de watertemperatuur niet lager mag zijn dan 18°C, anders krijg je condensatie op de vloer.

Voordelen en nadelen

Door deze manier van werken kan het gebouw in de zomer op efficiënte wijze gekoeld worden en kan het aan het gebouw onttrokken warmteoverschot in de bodem gebufferd worden. De aldus opgeslagen warmte kan tijdens de winterperiode via de warmtepomp opnieuw aan het gebouw afgegeven worden wanneer er behoefte aan is. Het grootste nadeel is de hoge initiële investeringskost van een geothermische warmtepomp. Hiertegenover staan wel de lage verbruikskosten en de lange levensduur van de warmte-/koudebron.

B. Actieve koeling



8. Ventilator

Het thermisch comfort wordt bepaald door vier parameters: de lucht- en de stralingstemperatuur, de luchtvochtigheid en de luchtsnelheid. Een airco verlaagt de luchttemperatuur en de luchtvochtigheid. Een ventilator manipuleert alleen de luchtsnelheid en heeft geen enkel effect op de luchttemperatuur of de luchtvochtigheid. Maar het verhogen van de luchtsnelheid is zeer effectief: het warmteverlies via evaporatie (verdampend vocht op de huid) neemt toe met het kwadraat van de luchtsnelheid. Een ventilator levert dus comfort bij hogere luchttemperaturen. Dat is veel efficiënter, want het in beweging brengen van lucht kost veel minder energie dan het koelen ervan.

Het grote voordeel van een ventilator is dat je er heel plaatselijk mee kan koelen, terwijl een airco per definitie alle lucht in de ruimte moet koelen. Met ventilatoren kan elke persoon in de ruimte afzonderlijk worden gekoeld. Bovendien geeft een ventilator onmiddellijke verkoeling, terwijl je met een airco een tijdje moet wachten tot de koeling effectief voelbaar is.

Een airco en een ventilator kunnen ook samengaan. Door het gebruik van een ventilator kan de temperatuur van de airco wat hoger waardoor het energieverbruik daalt. Als bijvoorbeeld de airco dankzij het gebruik van ventilatoren 5°C hoger kan worden gezet, besparen we 35 tot 50 % energie (rekening houdend met energieverbruik van de ventilator). Kunnen we de airco helemaal vervangen door een (energiezuinige) ventilator, dan kunnen we zelfs minstens 90 % energie besparen. Ventilatoren bestaan in verschillende soorten: de staande, verplaatsbare ventilatoren en de bij ons minder bekende plafondventilatoren. Het koelend effect van een staande ventilator kan je nog vergroten door er een bak ijs of flessen met bevroren water voor te plaatsen waardoor de rondgeblazen lucht afkoelt.[34]

34 www.lowtechmagazine.be/2014/09/ventilator-minstens-tien-keer-efficienter-dan-airco.html

9. Actief koelen met een warmtepomp (“airco”)

Hoe werkt het?

Zoals eerder vermeld (punt 8 - Passief koelen met geothermische warmtepomp), kan je met een geothermische warmtepomp passief koelen door enkel de circulatiepomp in te schakelen en niet de compressor. Wanneer de compressor van de warmtepomp wel wordt ingeschakeld, spreken we van actieve koeling. Actieve koeling kan met een lucht-water of een lucht-lucht warmtepomp. Er is een buitenunit nodig die de warmte die onttrokken werd aan de binnenlucht afgeeft aan de buitenlucht.

Lucht-waterwarmtepomp

Net zoals een bodem-water warmtepomp (bij passieve koeling), wordt een lucht-waterwarmtepomp bij actieve koeling gecombineerd met vloerverwarming en/of ventilo-convectoren. Een aandachtspunt bij ventilo-convectoren voor actieve koeling is het voorzien van een condensafvoer en dampdichte isolatie voor alle leidingen (omdat er anders condens ontstaat op de leidingen). Bij ventilo-convectoren heb je met actieve koeling via een lucht-water warmtepomp een groter koelvermogen dan met passieve koeling via een bodem-water warmtepomp. Actief koelen kan ook met vloerverwarming. Ook hier is het koelvermogen dan beperkt door het afgiftevermogen en door het dauwpunt* van de vloerverwarming. Het verschil in koelvermogen is dan ongeveer gelijk ten opzicht van passieve koeling via vloerverwarming, maar er is wel een hoger elektriciteitsverbruik.

Lucht-luchtwarmtepomp of airco

Een lucht-lucht warmtepomp die actief koelt, kennen we als een airco. De koelte wordt hierbij verspreid via de lucht. In de unit wordt de lucht ook ontvochtigd, wat ook een comfortvoordeel oplevert. Een lucht-lucht warmtepomp heeft het grootste koelvermogen. Sommige mensen vinden het evenwel niet comfortabel. Om het elektriciteitsverbruik zo laag mogelijk te houden, moet er rekening gehouden worden met een aantal zaken. Zo wordt er best gekozen voor een zogenaamde ‘topkoeling’ (d.w.z. een systeem voor het koelen van gebouw met als doel het afvlakken van de temperatuurtoppen in het dagelijkse temperatuurverloop). Het verschil tussen buiten- en binnentemperatuur is dus best niet groter dan 5°C. De locatie van de buitenunit is ook van belang. Hoe beter de buitenunit zijn warmte kwijt raakt, hoe hoger de efficiëntie. Daarom wordt deze buitenunit best op een koele plaats voorzien, en niet op een zwart plat dak of in de zon. Ook het tijdstip van koeling heeft een invloed. Het beste moment is wanneer het buiten minst warm is. Zo kan de buitenunit het beste zijn warmte kwijt. Voor de keuze van het toestel moet er gekeken worden naar de seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt voor koeling: de Seasonal Energy Efficiency Ratio of SEER (een courante SEER is 7 à 9).

Mobiele airco

Mobiele airco’s zijn volledig af te raden. Een mobiele airco heeft geen buitenunit. De compressor staat dus binnen in de te koelen ruimte. De warmte van het toestel moet dus naar buiten afgevoerd worden met een buis doorheen een open raam of deur. Langs daar komt natuurlijk ook weer warmte binnen wat de efficiëntie van het toestel niet ten goede komt. Verder levert het toestel geluidsoverlast op in de te koelen ruimte. Tot slot heeft een mobiele airco een hoog energieverbruik.

Vermijd airco, gezien het hoge energiegebruik.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

absorptievermogen = het vermogen van een oppervlak om licht te absorberen. Absorptie is het fysisch verschijnsel dat licht door een materiaal geheel of gedeeltelijk wordt opgenomen en omgezet in een andere energievorm (warmte).

beschermd volume = het volume van alle ruimten in een gebouw die thermisch afgeschermd zijn van de buitenomgeving, de grond en alle aangrenzende ruimten die niet tot een beschermd volume behoren. Met 'thermisch afgeschermd' wordt bedoeld 'beschermd tegen warmteverliezen naar de buitenomgeving'.

convectie = is een mechanisme voor warmtestroming door verplaatsing van materiaal (in dit geval lucht). Dit kan plaatsvinden doordat een verschil in temperatuur een verschil in dichtheid veroorzaakt, maar ook door een drukverschil.

dauwpunt = Het dauwpunt of de dauwpuntstemperatuur is de temperatuur van een object waarbij de waterdamp door afkoeling van de lucht begint te condenseren zonder dat water wordt toegevoerd of afgevoerd. Bij bijvoorbeeld daken ligt het dauwpunt over het algemeen aan de buitenzijde van de isolatie.

evapotranspiratie = Bomen en vegetatie absorberen water via hun wortels en geven dit terug af via hun bladeren. Dit proces heet transpiratie. Water verdampt ook vanop of rond bomen en vegetatie, bv. de omringende bodem, de bladeren, de stam... Deze omzetting van vloeibaar water naar waterdamp heet evaporatie. Beide processen samen heten evapotranspiratie. Evapotranspiratie koelt de lucht door warmte uit de lucht te gebruiken om water te verdampen.

hitte-eilandeffect = een stedelijk hitte-eiland is een artificieel microklimaat dat gekenmerkt wordt door een plaatselijke temperatuurverhoging ten opzichte van de gemiddelde regionale temperatuur. Dit fenomeen wordt veroorzaakt door de concentratie van menselijke activiteiten die warmte opwekken (fabrieken, verwarmings- of klimaatsystemen ...) en door de vervanging van natuurlijke oppervlakken door oppervlakken die meer warmte absorberen en zodoende de stedelijke omgeving opwarmen, vooral als het windstil is.

hittestress = Lichamelijke klachten bij mensen of dieren, veroorzaakt door extreme hitte. Bij hittestress, ook wel warmtestress genoemd, kan je lichaam de warmte moeilijk kwijt. Symptomen van hittestress zijn bijvoorbeeld overmatig zweten, opgezwollen armen en benen, uitdroging en spierkrampen.

klimaatadaptatie = aanpassing van natuurlijke en menselijke systemen aan de huidige en de te verwachten gevolgen van klimaatverandering.

koellast = hoeveel koelvermogen (capaciteit) er moet opgesteld worden om een ruimte goed te kunnen koelen.

LT-waarde (%) of lichtdoorlatingsfactor = de lichttransmissie geeft aan welk percentage van het zichtbare licht wordt doorgelaten doorheen het glas. Bij sterk zonwerende beglazing is de LT-waarde het kleinst.

reflectievermogen = het vermogen van een oppervlak om licht terug te kaatsen.

SRI* of Solar Reflectance Index = Deze index geeft het vermogen weer van een buitenafwerkingsmateriaal om de zonne-energie af te weren, waardoor de oppervlaktetemperatuur slechts licht stijgt. De SRI-index van een standaard zwart materiaal is gelijk aan 0 en die van een standaard wit materiaal is gelijk aan 100. Een materiaal met een hoge SRI-waarde wordt een 'koud materiaal' genoemd, het betreft immers een materiaal dat weinig opwarmt onder invloed van de zon.

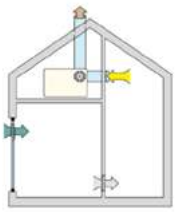
thermische diffusiteit = slaat op de snelheid waarmee de temperatuur van het materiaal zal evolueren wanneer het aan warmte wordt blootgesteld: bij een lage diffusie is er een aanzienlijke faseverschuiving tussen het moment waarop warmte aan één zijde van het materiaal aankomt en er langs de andere zijde weer uitkomt. Bij een hoge diffusiewaarde gebeurt dat snel. De warmtedoortrede wordt idealiter zodanig vertraagd dat de warmte de andere zijde van het materiaal pas bereikt, wanneer dat gewenst is (bv. afgekoeld).

thermische geleidbaarheid = een materiaalconstante dat het vermogen aangeeft van een materiaal om warmte door te geven via conductie. Dit vermogen wordt uitgedrukt in W/mK. Hoe lager deze waarde, hoe beter de thermische isolatie van materiaal.

thermische massa = is een term waarmee het thermisch accumulerend vermogen van massa wordt aangeduid, oftewel het vermogen om warmte en koude op te nemen, een periode vast te houden in het materiaal en later afhankelijk van de ruimtetemperatuur weer af te geven via het materiaal oppervlak.

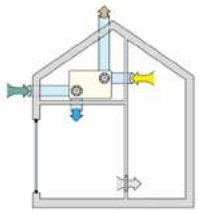
thermische weerstand = ook warmteweerstand of R-waarde genoemd. De R-waarde geeft het warmte-isolerend vermogen van een materiaallaag aan, vaak gebruikt als isolerende waarde van dubbel glas, muren, vloeren, daken. De R is de warmteweerstand van een materiaallaag. Hoe hoger de weerstand, hoe beter het materiaal isoleert.

ventilatiesysteem C = Een ventilatiesysteem waarbij de toevoer van verse lucht natuurlijk gebeurt via rooster op het raam of in de muur en de afvoer van vervuilde lucht mechanisch gebeurt met ventilatoren.



Systeem C:
natuurlijke toevoer, mechanische afvoer

ventilatiesysteem D = Een ventilatiesysteem waarbij zowel de toevoer van verse lucht als de afvoer van vervuilde lucht mechanisch gebeurt. Hierbij is er de mogelijkheid om warmteterugwinning toe te passen, waarbij de verse toevoerlucht wordt voorverwarmd of voorgekoeld met de warme of koele afvoerlucht.



Systeem D:
mechanische toevoer,
mechanische afvoer

Ug-waarde = de warmtedoorgangscoëfficiënt van het glas (W/m²K) bepaalt de isolatiewaarde: hoe lager de U-waarde, hoe beter het glas isoleert.

warmtecapaciteit = is een maat voor de hoeveelheid warmte die 1 kilogram materiaal kan opslaan. Hoe hoger de warmtecapaciteit, hoe meer warmte er opgeslagen kan worden.

warmtedoorslag = de migratiesnelheid van warmte doorheen de verschillende materialen van de gebouwschil, waar het dan afgegeven wordt aan de binnenomgeving (Dikte isolatie (m) x massa isolatiemateriaal (kg/m³) x warmteopslagcapaciteit (J/kg.K) /U-waarde (W/m²K))

warmtevraag = het omgekeerde van koellast, hoeveel vermogen er moet opgesteld worden om een ruimte goed te kunnen verwarmen.

zonnetoetredingsfactor = de zonnetoetredingsfactor (%) (kort de ZTA of de g-waarde) geeft aan welk percentage van de zonne-energie door de beglazing binnenkomt. Deze factor is kleiner bij zonwerende, driedubbele en 4-seizoenenbeglazing.

LITERATUURLIJST

GRO op weg naar toekomstgerichte bouwprojecten - Criteria voor gebouwen en site - versie 2019, Het agentschap Facilitair Bedrijf, Vlaamse overheid, 2019

Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 2: Wat is de impact van technieken? De Koevoet nr. 188, herfst 2019, p 44-50

www.pixii.be/artikels/oververhitting-voorkomen-10-stappen

INLEIDING

www.hln.be/wetenschap-planeet/weernieuws/kaart-brussel-wordt-tegen-2050-even-heet-als-canberra-nu-meer-dan-vijf-graden-erbij-in-zomermaanden~a9d4f813

www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering/slachtoffers-bij-hittegolven

https://klimaat.vmm.be/nl

V. Vanwelde (2017) Het thermische comfort in de zomer handhaven. WTCB-contact nr. 56, 2017-4

DE BEHOEFTE OM TE KOELEN VERLAGEN

1. Microklimaat rondom gebouw

www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/waterdoorlatende-verhardingen.html?IDC=10707

Understanding climate change from a global analysis of city analogues, Universidade de Vigo, juli 2019

Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Climate Protection Partnership Division, US Environmental Protection Agency, 2012

2. Beglaasde oppervlakken

a. Optimalisatie van de grootte en oriëntatie van raamopeningen

Friedl Decock (Daidalos Peutz) (2018) Conceptmatig een goed zomercomfort creëren. NAV, Brussel.

Michel De Paepe (jaartal onbekend) Thermische installaties: thermische belasting en energiegebruik in gebouwen. Universiteit Gent

b. Zonwering

G. Flamant (2010) De verschillende functies van zonweringen, WTCB-Contact nr. 28, 2010-4

O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

c. Beglazing

G. Flamant, V. Detremmerie (2014) De energieprestaties van glasfolies. WTCB-Contact nr. 42, 2014-2

P. Wouters, L. Vandaele, S. Martin (1997) Vensters bouwfysisch bekeken. WTCB lente 1997, p 11-17

N. Heijmans, L. Lassoie (2015) Welke beglazing voor een dakvenster? WTCB-dossier nr. 2015:4, katern 5

3. Gesloten gebouwdelen

a. Reflectievermogen van de buitenafwerking

Racine Tadeu Araujo Prado, Fabiana Lourenco Ferreira (2005) Measurement of albedo and analysis of its influence on the surface temperature of building roof materials. Energy and Buildings nr. 37, 2005, p 295-300

E. Cailleux, B. Michaux, X. Loncour (2012) Lichtweerkaatsende dakafdichtingen en zonnepanelen. WTCB-Contact nr. 36, 2012-4

Langmans Jelle, Rapport: Overhittingsproblemen Smidsestraat Gent: onafhankelijk advies, Bauphi bouwfysisch ingenieursbureau, 2018

TV257 - bepleistering op buitenisolatie, WTCB, augustus 2016

www.coolroofs.org

www.coolroofcouncil.eu

https://e360.yale.edu/features/urban-heat-can-white-roofs-help-cool-the-worlds-warming-cities

b. Isoleren
O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

www.ecobouwadvies.be/isolatie/warmtedoorslag-warm-in-de-winter-koel-in-de-zomer

c. Thermische massa (= thermische inertie)
P.D. O'Sullivan, A. O'Donovan, M.D. Murphy (2018) The influence of thermal mass on the predicted climate cooling potential in low energy buildings. Cork Institute of Technology, Cork

L. François (2014) Hoe kan men de thermische opslagcapaciteit van gebouwen verhogen? WTCB-dossier 2014/3, katern 2

Verbeke Stijn, Thermal Inertia in dwellings - Quantifying the relative effects of building thermal mass on energy use and overheating risk in a temperate climate, 2017

d. Groendaken
Groen bouwen: groendaken en groene wanden. NAV infosessie, lente 2018

Issa Jaffal, Sahal-Eddine Oulboukhitine, Rafik Belarbi (2011) A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. Renewable Energy nr. 43, 2012, p. 157-164

WTCB (2006) Technische Voorlichting 229 Groendaken. Brussel: WTCB

K. De Cuyper, K. Dinne, L. Van De Vel (2006) Regenwaterafvoer op groendaken. WTCB-dossier nr. 2006/3, katern 2

L. Gysels (BAS Bouwen/Acasus), Infofiche bouwadvies 07.02: groendaken, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

www.thegreenroofcentre.co.uk

www.efb-greenroof.eu

www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/groene-daken.html#anker-verkoelt-een-groendak-de-binnenomgeving-

www.waterbewustbouwen.be/artikel/1494/overzicht-filters-hemelwaterput

H.F.Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison, Green Roofs; Building energy savings and the potential for retrofit, Energy and Buildings 42 (2010), p 1582-1591

Martin Hermy, Groen in woon- en leefomgeving (presentatie)

Getter, K. L.; Rowe, D. B., The role of extensive green roofs in sustainable development. Hortscience 2006, 41, (5), 1276-1285

e. Groene gevel
Groen bouwen: groendaken en groene wanden. NAV infosessie, lente 2018

M. Khairul (jaartal onbekend) Application of green facade as passive cooling technique for energy efficiency. Universiti Kebangsaan Malaysia, University of Duisburg-Essen

Infofiche bouwadvies 07.01: Groene gevels, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

www.gevelgroen.be

www.gevelgroen.be/wp-content/uploads/2020/02/Hygrothermisch_rapport-UA_2019-.pdf

Kyra Koch, Roeland Samson, Siegfried Denys, Groen bouwen: groene gevels voor duurzame gebouwen en steden, agentschap innoveren en ondernemen, 2019

Ottelé M.,Perini, Comparative experimental approach to investigate the thermal behavior of vertical greened facades of buildings, TU Delft, 2017.

Perini, K. et al., 2011. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Building and Environment, 46(11), pp.2287–2294.

Tabassom S., Aminatuzuhariah M.A., Dilshan R.O., Mohammad B., Thermal Impacts of Vertical Greenery Systems, Universiti Teknologi Malaysia, 2014

4. Interne warmtewinsten reduceren

www.consumentenbond.nl/cv-ketel/afstellen-van-je-cv-ketel#no1

KOELTECHNIEKEN

A. Passieve koeling

5. Intensieve natuurlijke nachtventilatie / free-cooling

www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/mogelijkheden-van-natuurlijke-free-cooling.html?IDC=7847

O. Gerin, G. Flamant, N. Heijmans (2010) Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting. WTCB-dossier 2010/3, katern 6

6. Passief koelen via ventilatie

a. Lucht-aardwarmtewisselaar of AWW

www.energiebewustontwerpen.be/artikel/1035/voorbehandeling-van-ventilatielucht-warmtewielen-en-voorkoeling

Infofiche bouwadvies 6.05: de aardwarmtewisselaar, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

b. Bodemwarmtewisselaar (BWW) - koelvloeistof in grond

Infofiche bouwadvies 6.05: de aardwarmtewisselaar, Samenwerking provinciale steunpunten duurzaam wonen en bouwen en kennispartners Dialoog, Bas Bouwen, MilieuAdviesWinkel, 2016

www.mijnepb.be/voorkoeling-ventilatielucht

www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/adiabatische-koeling.html?IDC=8955

www.veb.be/nieuws/energiezuinig-koelen-met-adiabatische-koeling

7. Passief koelen met warmtepomp

Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

www.energiesparen.be/bouwen-en-verbouwen/epb-pedia/technieken/verwarming-koeling-en-sanitair-warm-water/opwekking/koelsystemen/koeling-in-wooneenheden

B. Actieve koeling

8. Ventilator

www.lowtechmagazine.be/2014/09/ventilator-minstens-tien-keer-efficienter-dan-airco.html

9. Actief koelen met een warmtepomp

Bert Vanderwegen (2019) Oververhitting in je woning voorkomen - deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen? De Koevoet nr. 187, zomer 2019, p 22-28

provincie Oost-Vlaanderen

Interreg 2 Seas Mers Zeeën

COOLTOWNS