

## 4 Ruimtelijk ontwerp

Na het vaststellen van een energiebewust Programma van Eisen (zie paragraaf 3.1) is het maken van een integraal ruimtelijk ontwerp de volgende stap bij de realisatie van een energiezuinig project.

Net zoals bij een gangbaar ontwerp, is de samenhang tussen het stedenbouwkundig plan en dat van de woning erg belangrijk. Al in het stedenbouwkundige ontwerp zijn, als het goed is, belangrijke randvoorwaarden opgenomen om op woningniveau tot zeer energiezuinige woningen te kunnen komen.

Zo maakt een 'oost-west'-verkaveling (de straten lopen oost-west) het gebruik van passieve zonne-energie optimaal mogelijk. Maar dan moet het woningontwerp daar wel gebruik van maken door in de zuidgevel relatief veel ramen te hebben en aan die zijde ook de vertrekken te leggen die relatief veel warmte nodig hebben in het winterseizoen. Tegelijkertijd vraagt de zomersituatie aandacht: zonwering en passieve koeling (al of niet uit de bodem) zijn nodig om de kans op te hoge binnentemperaturen zo klein mogelijk te maken en te voorkomen dat bewoners airco's gaan aanschaffen met een relatief hoog energieverbruik als gevolg.

Streef naar een aangenaam microklimaat: beperk bijvoorbeeld windhinder en stimuleer het toepassen van veel 'groen' (zoals bomen en vegetatiedaken) ter beperking van o.a. het 'warmte-eiland-effect'. Maar voorkom beschaduwing van ramen, zonnecollectoren en PV-panelen.

In dit hoofdstuk komen de volgende ruimtelijke aspecten aan bod:

- Vorm en oriëntatie (zie paragraaf 4.1);
- Passief gebruik van zonne-energie (zie paragraaf 4.2);
- Daglichttoetreding (zie paragraaf 4.3);
- (Opstellings)ruimte installaties (o.a. plaatsingsmogelijkheden zonneboilers, PV en beperken leidinglengtes warmtapwater) (zie paragraaf 4.4);
- Verkeersontsluiting en stimuleren langzaam verkeer (zie paragraaf 4.5).

### **Deelchecklist Energiebewust ontwerpen: ruimtelijk ontwerp**

#### **Initiatief / haalbaarheid / projectdefinitie**

- Houd bij het ruimtelijk ontwerp rekening met:
- Maak een afweging tussen het wel of niet toepassen van een kruipruimte i.v.m. leidingen (bijv. voor warmte-/koudenet) en de grondbalans bij het bouwrijp maken (zie paragraaf 5.1.1);
- Stimuleer lopen en het fietsgebruik door aantrekkelijke, snelle, routes vanaf de woning naar diverse bestemmingen te maken; maak de fietsenberging of garage voldoende ruim voor het gemakkelijk stallen van fietsen en maak de stalling goed toegankelijk (zie paragraaf 4.5).

#### **Structuurontwerp / Voorontwerp**

- Bouw compact om transmissieverliezen te beperken; in speciale gevallen kan het gebruik van een atrium interessant zijn (zie paragraaf 4.2.4); laat dit punt niet ten koste gaan van een goed integraal ontwerp, houd dus rekening met o.a. logische plattegronden, gebruik van daglicht enzovoort;
- Leg de vertrekken die 's winters relatief veel warmte nodig hebben aan de zonzijde (zie paragraaf 4.2) en neem altijd maatregelen om te hoge binnentemperaturen in de zomer te voorkomen; overweeg een serre, maar alleen wanneer het voorkomen van verkeerd gebruik veel aandacht krijgt (zie paragraaf 4.2.3);
- Ontwerp de gevel zodanig dat er voldoende ruimte is voor een goede zonwering zoals overstekken en beweegbare zonwering (jaloezie-schermen, rolschermen, uitklapschermen) (zie paragraaf 4.2.1); soms is zonwerende beglazing te overwegen;
- Maak 'passieve' zomernachtkoeling mogelijk: reserveer bijv. voldoende ruimte in gevels en dak om te spuien door middel van grote ventilatieopeningen met goede anti-inbraakvoorzieningen; zie voor passieve koeling via grondbuizen (zie paragraaf 6.8) of vrije koeling via warmte-/koudeopslag (zie paragraaf 8.3.4);

- Maak optimaal gebruik van daglicht. Denk aan onder andere de juiste vorm en plek van de ramen, daklichten en (bijv. bij een atrium) daglichtreflectoren (zie paragraaf 4.3);
- Maak een keuze tussen individuele of collectieve installaties (zie paragraaf 7.4);
- Kies de optimale plek voor de installaties (zie paragraaf 4.4): denk hierbij aan:
  - Zo kort mogelijke leidingen, zeker voor warm tapwater en luchtkanalen;
  - Het voorkomen van geluidhinder, bijv. van warmtepomp, CV-ketel, ventilatieunit en zonnecollector-circuit;
  - Voldoende ruimte, bijv. voor opslagvat warmwater voor ruimteverwarming en tapwater; houd ook rekening met ruimte voor onderhoud en vervanging;
  - De situering van (verticale) leidingkokers van voldoende formaat; denk aan luchtkanalen met ruime diameters om de weerstand te verkleinen, warmte- en geluidisolatie van leidingen en bij gestapelde bouw ook aan brandoverslag en geluidabsorptie.
- Ga na of de gevel zodanig geluidbelast is dat er geluidwerende maatregelen genomen moeten worden; overweeg of een serre of extra glasgevel een oplossing is (zie paragraaf 4.2.3);
- Stem de dikte van constructies af op de gewenste isolatiewaarden.

#### **Definitief Ontwerp / Technisch ontwerp**

- --

#### **Uitvoering / Gebruik / Exploitatie**

- --

In paragraaf 3.3 staat de checklist op hoofdlijnen.

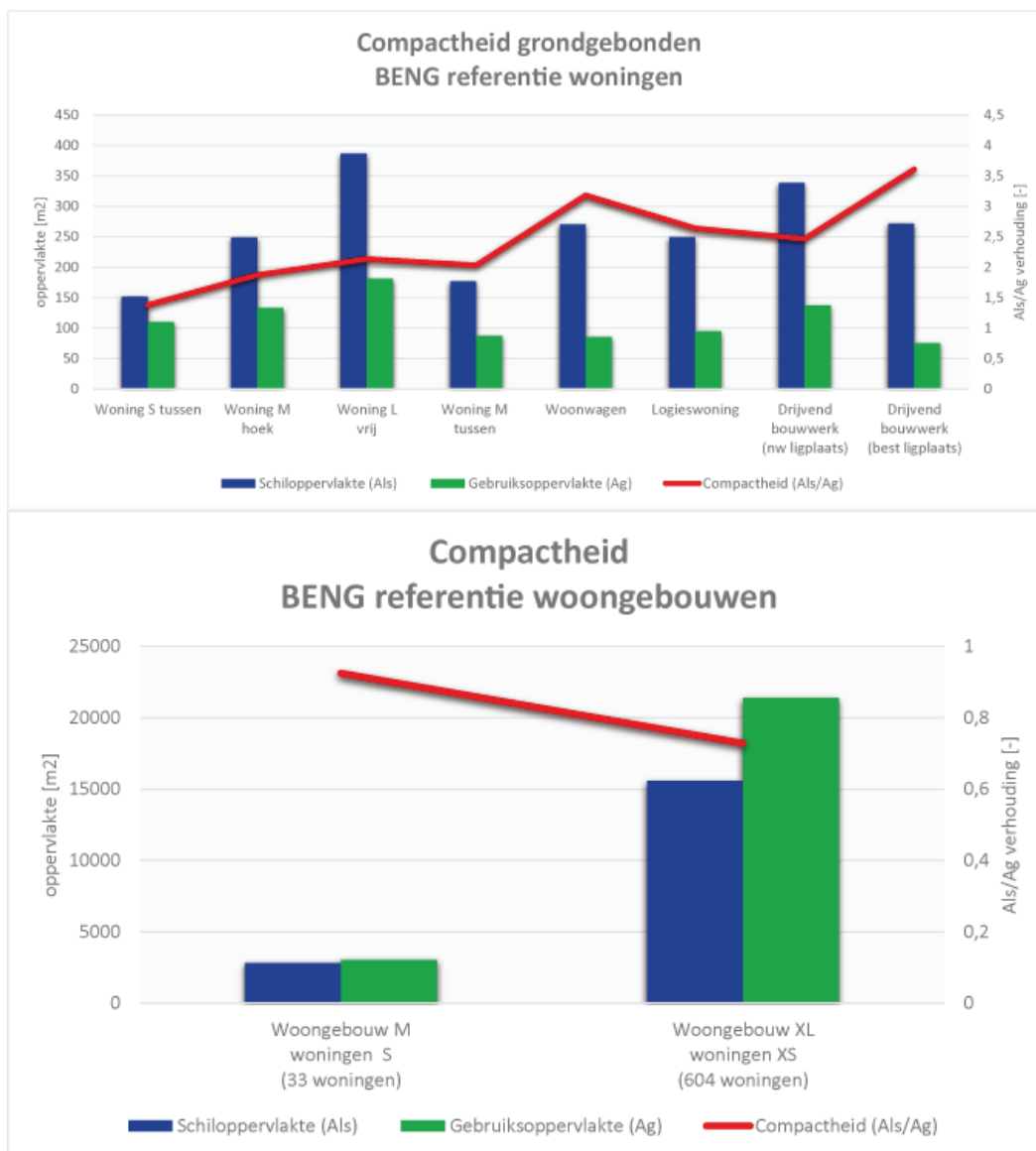
## **4.1 Vorm en oriëntatie van bebouwing**

### **4.1.1 Compactheid bouwblok**

Hoe 'compact' een woning of woongebouw is, des te lager zullen de transmissieverliezen kunnen zijn. 'Compact' staat hier voor de verhouding tussen het schiloppervlak ( $A_{is}$ ) en het gebruiksoppervlak  $A_g$  (zie afbeeldingen 4.1 en 4.2). Ook de complexiteit van de gebouwworm speelt een rol: zo geven minder aan- en uitbouwen niet alleen een compactere bouwworm, ze leveren ook minder bouwkundige aansluitingen op in de gebouwschil. En hoe minder aansluitingen, hoe kleiner de kans is op koudebruggen en luchtlekken met als positief resultaat: minder transmissie- en infiltratieverliezen.

Overige kwaliteiten

Compact bouwen mag natuurlijk niet ten koste gaan van goede gebruiksmogelijkheden en daglichttoetreding. Het verkleinen van bijvoorbeeld de breedte van een rijtjeswoning bij gelijkblijvende woninggrootte, maakt de woning compacter, maar verkleint de indelingsmogelijkheden. Bovendien komt er minder daglicht, en zon, binnen.



Afb. 4.1 De compactheid van woningen wordt uitgedrukt in de factor  $A_{is}/A_g$ . Hoe hoger deze factor is, hoe minder compact. Tussenwoningen en woongebouwen hebben een gunstige (lage)  $A_{is}/A_g$ -verhouding.

#### 4.1.2 Oriëntatie dak en gevel

##### Oriëntatie daken

Dakvlakken bieden plaats aan zonnecollectoren en PV-panelen. Houd in het ontwerp rekening met de benodigde ruimte en met de optimale oriëntatie en hellingshoek van beide systemen, ook al worden ze nog niet direct toegepast. Gelet op de energieprestatie-eisen, nu en in de nabije toekomst en de ontwikkeling in woonlasten, is het toepassen van deze systemen zeker aantrekkelijk. Ontwikkelaars bieden steeds vaker allerlei energiebesparende of duurzame energie opties aan.

Enkele richtlijnen:

- De optimale oriëntatie voor beide systemen is zuid;
- De optimale hellingshoek voor zonnecollectoren voor tapwater (zie paragraaf 9.3.5) ligt rond 45°, als ze specifiek voor ruimteverwarming gebruikt worden, ligt het optimum rond 55° à 60°; voor collectoren die voor beide doelen (zie paragraaf 7.3.5) gebruikt worden, ligt het optimum daar tussenin, dus (ruim) 50°;
- De optimale hellingshoek voor PV (zie paragraaf 10.2.1) ligt rond de 35°;
- Afwijken van de optimale oriëntatie en helling is natuurlijk mogelijk, maar levert per m² collector of PV-paneel minder energie op.

Voor informatie over de benodigde oppervlakken, zie bij de desbetreffende systemen.

PV kan ook in het glas in glasdaken zijn opgenomen. Vaak gebeurt dit in de vorm van z.g. doorzichtpanelen: beglazing met een combinatie van PV en daglichttoetreding. Voor doorzichtpanelen gelden dezelfde richtlijnen.

Voorkom beschaduwing door bijvoorbeeld omliggende bebouwing, daken, dakkapellen, rookgasafvoeren en vegetatie. Vooral PV-systemen zijn daar erg gevoelig voor (zie paragraaf 4.1.3).

#### *Platte daken*

Bij platte daken is de optimale oriëntatie van collectoren en PV-panelen altijd te realiseren door plaatsing op een frame. De mogelijkheden van plaatsing zijn daarmee onafhankelijk van de oriëntatie van de bouwblokken.

Voor PV-panelen geldt dat ook gekozen kan worden voor de combinatie van oost en west ligging (rug aan rug) van de panelen. De opbrengst per m<sup>2</sup> paneel neemt weliswaar af, maar de energie-opbrengst van het totale dak kan dan hoger zijn doordat er meer panelen geplaatst kunnen worden dan bij een zuid-oriëntatie waarbij onderlinge beschaduwing van de panelen zo veel mogelijk moet worden vermeden. Zo'n oost-west opstelling levert bovendien meer verspreid over de dag de energie op ten opzichte van zuid gerichte PV-panelen hetgeen soms interessant kan zijn.

#### *Schuine daken*

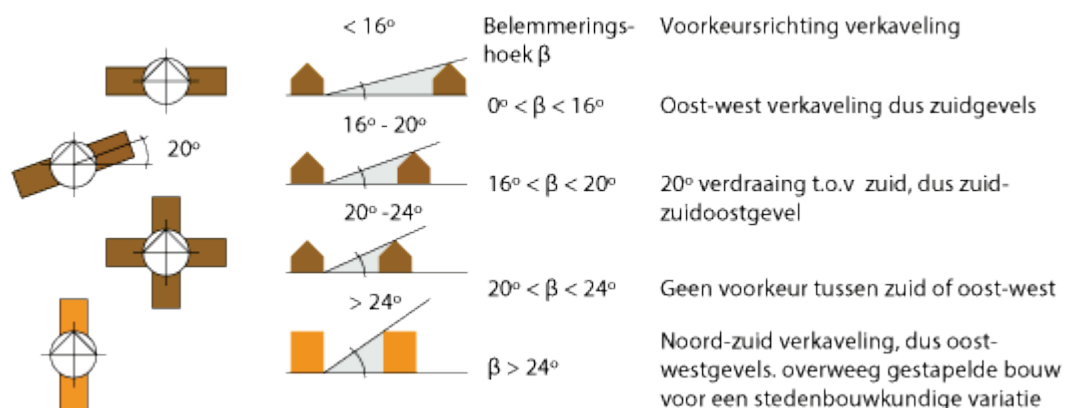
Collectoren en PV-panelen op schuine daken hebben meestal dezelfde hellingshoek als het dak. De oriëntatie en helling van het dakvlak zijn daarmee bepalend voor de mogelijkheden voor toepassing van zonneboilers en/of PV-cellen. Een dakvlak kan een andere oriëntatie hebben dan het onderliggende bouwblok. Daardoor is in het stedenbouwkundige plan nog veel mogelijk (zie afbeelding 4.2).



Afb. 4.2 Woningen met zonnecollectoren op platte daken in Nieuwland, Amersfoort. Alle collectoren zijn op het zuiden gericht ondanks de wisselende oriëntatie van de woningen. (Bron: ontwerp: Olga Architecten)

#### **Oriëntatie gevels**

De oriëntatie van gevels is energetisch van belang voor het passief benutten van zonne-energie (PZE) via ramen. Voor een goede zonnijdrage hoeft de oriëntatie niet pal zuid te zijn. Een kleine verdraaiing in oriëntatie ten opzichte van zuid, tot circa 20° oost- of westwaarts, levert slechts een beperkte afname aan zonnewarmte (zie paragraaf 4.2). Afwijking van de zuidverkaveling is zelfs aan te bevelen als de belemmeringshoeken groter zijn (afbeelding 4.3). PZE hoeft geen eentonige verkaveling op te leveren. Bij de verkaveling in het project EVA-Lanxmeer in Culemborg is onder andere rekening gehouden met bestaande structuren, waterwegen, een menging van wonen en werken en zonne-energie (afbeelding 4.4).



Afb. 4.3 Verkavelingsrichting voor eengezinswoningen bij een bepaalde belemmeringshoek



Afb. 4.4 De verkaveling van het project EVA-Lanxmeer ([www.eva-lanxmeer.nl](http://www.eva-lanxmeer.nl)). De noordpijl wijst precies naar boven.

#### Volledige zuidoriëntatie

In een verkaveling waar alle tuinen zuidgericht zijn, is extra aandacht voor het beperken van de infrastructuur aan te bevelen. In plaats van elke strook woningen te voorzien van een straat, kan bijvoorbeeld een deel van de woningen aan een rustig, relatief smal, woonpad komen te liggen (afbeelding 4.5) waardoor de hoeveelheid verharding aanzienlijk kan afnemen. Ook de erfscheiding van de achtertuinen die aan het woonpad grenzen, vraagt aandacht. Zaken als privacy, sociale veiligheid (bijv. Politiekeurmerk Veilig Wonen) en architectonische vormgeving spelen een rol (afbeelding 4.6).

Het is aan te bevelen, en soms is het verplicht, deze erfscheiding in het ontwerp mee te nemen. Informeer de toekomstige bewoners over:

- Het achterliggende idee van het ontwerp van de erfscheiding;
- Eventuele eisen die (bijv. door de gemeente) gesteld worden aan die erfscheiding;
- Onderhoudstips voor de toegepaste erfscheiding, bijvoorbeeld klimplanten;
- Mogelijkheden voor snelgroeiende vegetatie, dit om een groen karakter te stimuleren.





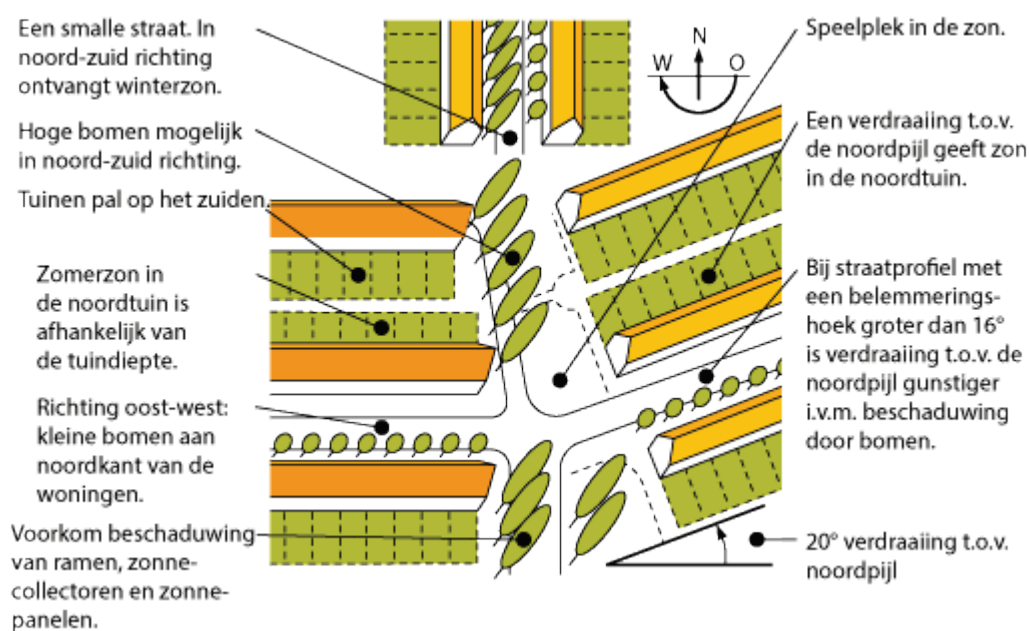
Afb. 4.5 Een woonpad levert een kindvriendelijke woonomgeving op; project Ecodus met een oost-west 'strokenverkaveling' in Delft



Afb. 4.6 Bij deze z.g. 'strokenverkaveling' in de wijk Roomburg in Leiden is gekozen voor een standaard gaashekwerk als erfscheiding in combinatie met de snelgroeïende klimop. Deze erfscheiding is geplaatst om te voorkomen dat er een wildgroei van schuttingen ontstaat en om te bereiken dat er toch voldoende privacy is en tegelijkertijd de buurt een groen uiterlijk krijgt. Bewoners zijn via de erfpachtovereenkomst verplicht om deze erfscheidingen in stand te houden. Er is een boeteclausule om het verwijderen van de erfscheiding tegen te gaan. (Betrokken partijen: planontwikkeling: Gemeente Leiden, architect: Geurst & Schulze Architecten, ontwikkelaar: du Prie bouw & ontwikkeling; realisatie 2004)

### **Bezonnig en windluwte in stedenbouwkundige ruimten**

Buitenruimten als tuinen, speelplekken en routes voor langzaam verkeer zijn gebaat bij goede bezonnig, groen en windluwte in alle seizoenen. Deze variabelen hebben geen directe invloed op het energieverbruik van woningen, maar kunnen conflicteren met de wens om de woningen optimaal te bezonnen. De bezonnig van buitenruimten kan om een andere verkaveling vragen dan optimale bezonnig van woningen. Overweeg daarom bij een belemmeringshoek tussen circa 16° en 20° een zuidverkaveling iets naar het oosten te draaien. Dit geeft zowel bij laagbouw als bij gestapelde bouw een betere bezonnig van de buitenruimten. Bij een belemmeringshoek van meer dan 24° is het te overwegen om een verkaveling toe te passen met oost- en westgevels. Passieve zonne-energie levert dan toch weinig op en de buitenruimten krijgen nog enige zon midden op de dag (afbeelding 4.7).



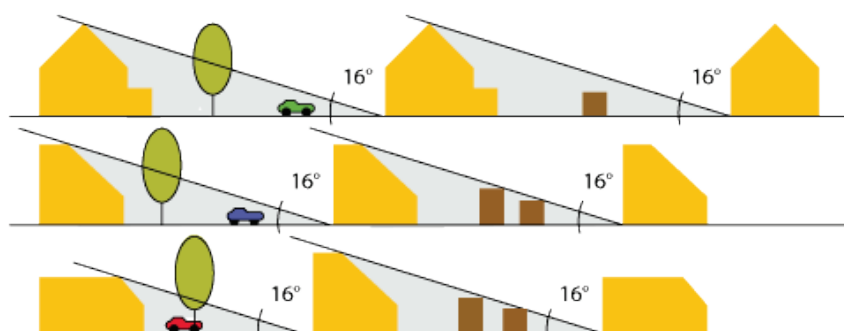
Afb. 4.7 Diverse ontwerpkeuzes voor de verkaveling gelet op bezonning [78]

#### 4.1.3 Belemmering van zoninstraling en daglichttoetreding

Zoninstraling kan worden belemmerd door bebouwing en begroeiing. Voor optimale benutting van zoninstraling is dit onwenselijk. Vooral de opbrengst van PV-panelen wordt sterk beïnvloed door belemmeringen. Hanteer als richtlijn voor de maximale belemmeringshoek (gemeten vanaf de onderzijde van het raam, collector of paneel):

- Passieve zonne-energie: circa 16° (zie paragraaf 4.2); vanaf zo'n 24° is de zonbijdrage aan de ruimteverwarming in de wintermaanden vrijwel te verwaarlozen;
- Zonnecollectoren: circa 20° (zie paragraaf 7.3.5 en 9.3.5);
- PV-panelen: circa 12° (zie paragraaf 10.2.1); minimaliseer ook gedeeltelijke beschaduwing van de panelen.

Voor goede passieve benutting van zonne-energie mag de belemmeringshoek niet te groot zijn. Tot circa 16° blijft de invloed van beschaduwing op het energieverbruik vrij gering. Boven de 20° stijgt de invloed snel. Beperk de beschaduwing door de optimale keuze in het ontwerp van kapvorm, bouwhoogte en situering van bergingen en aanbouwen (afbeelding 4.8).



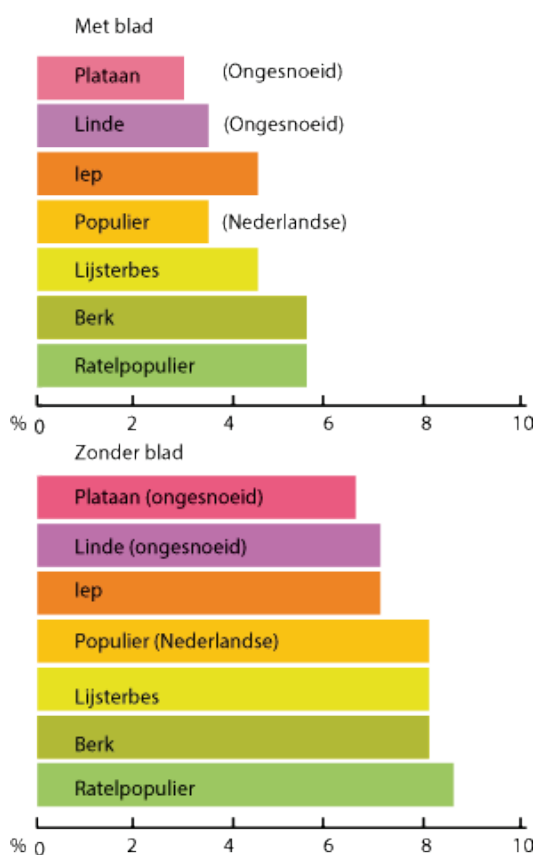
Afb. 4.8 Door verandering van de kapvorm en/of bouwvolume wijzigt de straatbreedte die nodig is om de belemmeringshoek tot 16° te beperken [78]

#### Beplanting in stedenbouwkundige ruimten

Houd in het stedenbouwkundige ontwerp rekening met de effecten van beplanting op beschaduwing en wind, ook op de langere termijn. Beplanting kan de gebruikskwaliteit van een buitenruimte verbeteren door wind te vangen en natuurlijk door de beleevingswaarde te vergroten en in stedelijke gebieden [het](#)

[warmte-eiland-effect](#) te verkleinen. Zie ook de (digitale) publicatie 'Tegen de hitte - Groen en de opwarming van de stad'. De beschaduwing kan effect hebben op het gebruik van zonne-energie en daglicht in woningen.

Om te voorkomen dat begroeiing zoninstraling belemmert, kan deze bijvoorbeeld aan de noordzijde van bebouwing worden geplaatst. Houd daarbij ook rekening met het effect op de daglichttoetreding. 'Transparante' bomen hebben daarom de voorkeur boven bomen die dicht bebladerd en vertakt zijn (afbeelding 4.9).



Afb. 4.9 De doorgelaten hoeveelheid zonnestraling in procenten t.o.v. de totale hoeveelheid opvallende zonnestraling. Zonder blad wordt 65 tot 85% van de op de bomen vallende zon doorgelaten. Een ratelpopulier laat dus de meeste zon door [78]

In bijlage 6 is een afbeelding opgenomen van de zonnebaan langs de hemelkoepel gedurende de dag in de diverse jaargetijden. Met deze afbeelding is een schatting te maken van de slagschaduw die een object gedurende het jaar geeft.

## 4.2 Passief gebruik van zonne-energie (PZE)

Onder het passief gebruik van zonne-energie (PZE) verstaat men de zonnestraling die in het stookseizoen de woning binnenkomt en bijdraagt aan de verwarming van de woning. Bij de referentierijteswoning dragen de zonnewarmte, interne bronnen (personen, verlichting en apparatuur in de woning) en de verwarmingsinstallatie elk ongeveer een derde bij aan het verwarmen van de woning (zie paragraaf 1.3).

In het ontwerp bepalen vooral de oriëntatie, beschaduwing, raamgrootte en woningplattegrond de zonbijdrage (zie paragraaf 4.2.1 en 4.2.2). Bij de materialisering (zie hoofdstuk 5.2) komen daar nog de zontoetredende eigenschappen van de beglazing bij. Soms worden serres of atria toegepast voor nog hogere bijdrage van PZE (zie paragraaf 4.2.3 en 4.2.4). Gevelcollectoren en 'trombemuren' bieden in het Nederlandse klimaat voor de woningbouw weinig mogelijkheden (zie paragraaf 4.2.5).



Uit bewonersonderzoek [79], [80] en [76] blijkt dat bewoners PZE zeer waarderen, niet alleen vanwege de zonnewarmte, maar ook vanwege het daglicht. De waardering neemt nog verder toe als er bovendien een zuidgerichte achtertuin is. Maar neem altijd voldoende maatregelen (zonwering, passieve zomernachtventilatie, bypass bij WTW-unit enz.) om te hoge binnentemperaturen te voorkomen!

#### 4.2.1 Zoninstraling door ramen

Berekeningen met o.a. NTA 8800 [30] geven aan dat een op zuid georiënteerde woning de hoogste zonbijdrage heeft. De zonbijdrage hangt o.a. af van het glasoppervlak in de gevels, de oriëntatie en in welke mate de woningen zijn geïsoleerd.

Als voorbeeld de BENG referentiehoekwoning met een HR107 ketel:

- De glasverdeling is in de referentiewoning vrijwel gelijk verdeeld over de noordoost- en zuidwestgevel (58% noordoost en noordwest / 42% zuidwest). Als glas van noordoost/west naar zuidwest (75% zuidwest / 25% noordoost/west) wordt verplaatst, dan levert dat een besparing op van ruim 1,5 kWh/m<sup>2</sup> per jaar (BENG indicator 2). BENG 1 indicator, energiebehoefte neemt af met 1,4 kWh/m<sup>2</sup> per jaar;
- Als de glasverdeling 25% zuidwest en 75% noordoost/west wordt, neemt het energieverbruik met 0,8 kWh/m<sup>2</sup> per jaar (BENG indicator 2) toe ten opzichte van de referentieverdeling. BENG 1 indicator, energiebehoefte neemt toe met 0,7 kWh/m<sup>2</sup> per jaar.

#### Voorkóm oververhitting

Om in de zomer (te) hoge binnentemperaturen te voorkomen, is zonwering noodzakelijk. Zonwering wordt bovendien in NTA 8800 gewaardeerd, maar moet dan wel deel uitmaken van het project. Zonwering kan ook meehelpen voorkomen dat men airco's gaat gebruiken.

Er zijn allerlei mogelijkheden voor zonwering zoals overstekken, beweegbare zonwering (jaloezieluid, verticale doeken screens, uitvalschermd, knikarmschermd, rolluid) of vegetatie. Een goed regelbare buitenzonwering is het meest effectief omdat deze in het stookseizoen geen belemmering voor de zon vormt en buiten het stookseizoen de maximale belemmering kan geven, mits goed bediend. Houd bij het (schets)ontwerp en de detaillering van de gevel rekening met zonwering; denk aan:

- De oriëntatie van de gevel: zo werkt een overstek alleen goed bij een zuidgevel en vragen oost- en westgevels om beweegbare zonwering; bij de zuidgevel met een overstek zal beweegbare zonwering meestal ook als aanvulling gewenst zijn;
- Voldoende ruimte voor de zonwering; dit speelt vooral bij jaloezieluiden (zie afbeelding 4.10) in verband met het opzij schuiven of inklappen;
- Bevestigingspunten voor de zonwering; zo zal een houten gevelpui mogelijk extra verstevigd moeten worden bij een uitvalschermd;
- Integratie van de zonwering met ventilatieroosters; diverse fabrikanten leveren kant-en-klare producten (zie afbeelding 4.11); let op de maatvoering (van het kozijn zelf en van de situering van het kozijn in de gevel) in verband met de inbouw in het kozijn en zorg voor ventilatie tussen scherm en beglazing (zie volgende punt);
- Voldoende ventilatie van de luchtlaag tussen de zonwering en de beglazing; vooral bij screens kan er te weinig ventilatie zijn: kies daarom voor screens waarbij aan de zij- en/of bovenkant een ruime spleet zit; zijgeleiding via een roestvrije staalkabel is een oplossing (zie afbeelding 4.12);
- Bereikbaarheid voor onderhoud;
- Een lage g-factor (of ZTA-waarde) bij toepassing van screens: hoe lager de g-factor hoe minder zon er binnenkomt. Zorg tegelijk ook voor een tenminste redelijke lichtdoorlatendheid (TL-factor: hoe hoger, hoe meer licht) om het gebruik van kunstlicht te beperken; informeer altijd naar deze beide waarden bij de leverancier;
- Behoud van ventilatie via ventilatieroosters of andere voorzieningen; zorg er voor dat zonwering de vrije doorstroom niet belemmert.

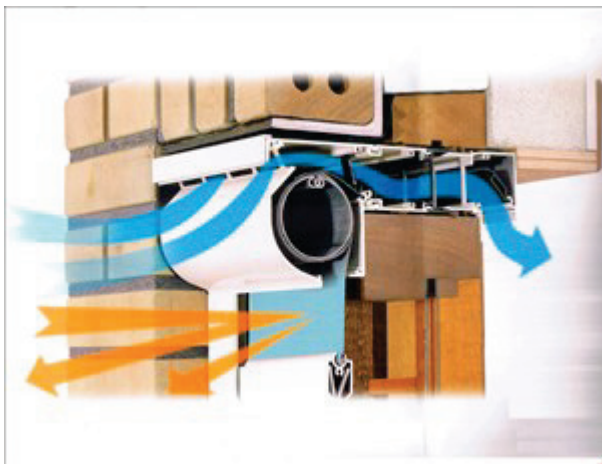
Soms is zonwerende beglazing te overwegen, bijvoorbeeld als de locatie te kwetsbaar is voor zonwering of als de windbelasting te hoog is.

Zorg er voor dat bewoners informatie krijgen over het risico van thermische breuk. Die ontstaat door temperatuurverschillen van zo'n 30 °C en meer in het oppervlak van het glas. Thermische breuk kan als gevolg van zonwering optreden wanneer beglazing slechts gedeeltelijk beschaduwd wordt en de afstand tussen de zonwering en het glas klein is zoals bij screens. Meer informatie:

[www.kenniscentrumglas.nl](http://www.kenniscentrumglas.nl).



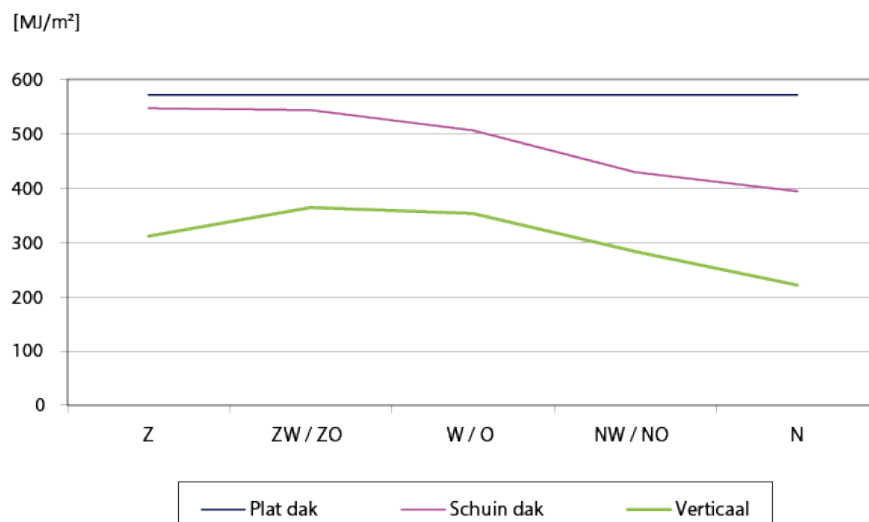
Afb. 4.10 Jaloerieluiken of schuifschermen: één van de vele mogelijkheden voor zonwering. De lamellen kunnen zowel vast als draaibaar zijn, afhankelijk van het lameltype en fabricaat. Op de foto het project Delfts Blauw in Delft met luiken opgebouwd uit een frame en lamellen van aluminium; (Betrokken partijen: Limelight; architectenbureau: Architecten Cie en ontwikkelaar Eurowoningen)



Afb. 4.11 Voorbeeld van een zonwerende screen geïntegreerd met een ventilatierooster (Bron: Duco)



Afb. 4.12 Zorg er voor dat de spouw tussen screen en raam geventileerd is. Dit kan bijvoorbeeld door een zijgeleiding van roestvrije staalkabel toe te passen



Afb. 4.13 De grafiek geeft de zonnestraling op een vierkante meter glas in de maand juni

### Glas in de zuidgevel

Bij PZE-woningen hoort een asymmetrische glasverdeling: relatief veel glas in de zuidgevel en relatief weinig in de noordgevel. Bij veel extra glas op het zuiden, ten opzichte van de referentiewoningen, neemt het energiebesparende effect af en het risico op te hoge temperaturen in de zomer toe. Om dat risico te voorkomen, is het aan te bevelen niet veel meer glas te gebruiken dan in de referentiewoningen al toegepast is. Denk aan hoogstens 2 à 3 m<sup>2</sup> extra. Uiteraard is de toepassing van een goede buitenzonwering ook sterk aan te bevelen, zeker bij de toepassing van grotere glasoppervlakken op de zonbelaste gevels.

### Glas in de noordgevel

In de noordgevel hoort zoals gezegd niet te veel glas. Extra glas laat het energieverbruik toenemen, tenzij er zeer goed isolerende beglazing gebruikt wordt. In dat geval compenseert de diffuse straling door het noordraam het transmissieverlies in een stookseizoen. Het omslagpunt (van energieverlies naar energiewinst) ligt globaal bij een raamconstructie met een totale u-waarde van 0,9 (dus van glas en kozijn samen).

Berekening met NTA 8800 geeft voor de BENG referentie hoekwoning (gedraaid naar noord-zuid oriëntatie) met een HR 107 ketel de volgende resultaten bij vervanging van 1 m<sup>2</sup> dichte noordgevel door 1 m<sup>2</sup> noordraam:

- Bij HR<sup>++</sup>-glas in een houten kozijn met u-totaal (glas + kozijn) van 1,40: extra energieverbruik van 0,2 kWh per m<sup>2</sup> per jaar (BENG 2);
- Bij drievoudig glas in een houten kozijn met thermische onderbreking met u-totaal (glas + kozijn) van 0,8: het energieverbruik blijft bijna gelijk, er is een zeer geringe energieafname van 0.03 kWh per m<sup>2</sup> per jaar (BENG 2).

#### Let op:

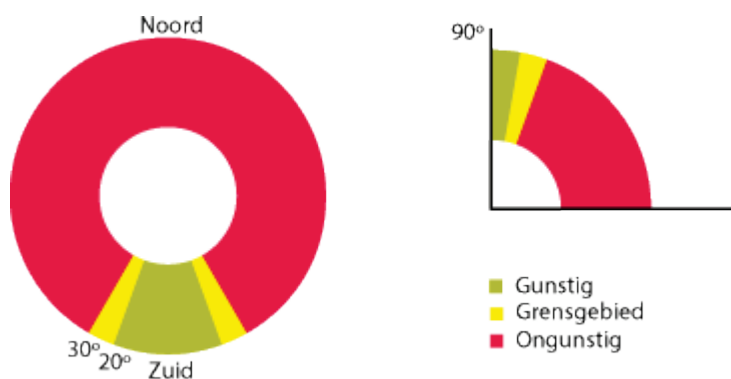
De resultaten gelden alleen voor een beperkt aantal m<sup>2</sup> raam.

#### Glas in de oost- en westgevel

Bij woningen met een oost- en westgevel ligt een min of meer gelijke verdeling van het glas over de gevels voor de hand. Maak het glasoppervlak in deze gevels vooral niet te groot om 's zomers te hoge binnentemperaturen te voorkomen. De zon staat op deze oriëntaties relatief laag en is daardoor moeilijker te weren dan op het zuiden. De zonbelasting op beide gevels is 's zomers hoger dan op de zuidgevel.

#### Glas in hellende of platte daken

Ramen in hellende daken vangen meer zon in het stookseizoen dan ramen in gevels. Dakramen in platte daken vangen maar net iets minder dan ramen in zuidgerichte gevels, maar meer dan ramen in anders georiënteerde gevels. Beide typen ramen hebben als voordeel dat er relatief veel daglicht binnen komt (zie paragraaf 4.3). Het grote nadeel is dat schuine en horizontale ramen een grote zonbelasting hebben (zie afbeelding 4.14). Bovendien hebben ze in heldere winternachten extra warmte-uitstraling.



Afb. 4.14 Optimale oriëntatie en hellingshoek voor ramen. Een hellingshoek van 90° heeft de voorkeur om te hoge temperaturen in de zomer te voorkomen. Bovendien is de nachtelijke uitstraling bij verticale ramen het geringst. Als er houten kozijnen gebruikt worden, is het uit het oogpunt van onderhoud sowieso ongewenst om ze onder een hellingshoek aan te brengen

#### 4.2.2 Woningplattegrond

Door het compartimenteren en zoneren van woningen verminderen de transmissie- en ventilatieverliezen en kan zonnewarmte beter worden benut.

##### Compartimenteren

Door vertrekken onderling van elkaar te scheiden, te compartimenteren, kan men voorkomen dat bepaalde vertrekken onnodig worden verwarmd en/of geventileerd. De genoemde besparingen zijn indicatief (sterk afhankelijk van bewonersgedrag) en gelden voor de referentie tussenwoning met een HR 107 ketel.

- Een gesloten of afsluitbare keuken kan ten opzichte van een open keuken de volgende besparingen per jaar opleveren:
  - 20 m<sup>3</sup> gas door de afname van de transmissieverliezen;
  - 30 m<sup>3</sup> gas door de afname van de ventilatieverliezen (kookstand wordt minder gebruikt); de besparing geldt niet als een (al of niet motorloze) afzuigkap op een gebalanceerd ventilatiesysteem met WTW is aangesloten; aanbeveling: installeer een mechanische afzuigkap altijd met een eigen afvoer rechtstreeks naar buiten, zie paragraaf 6.5 en 6.6.

- Een damp scherm (of dampdrempel) tussen de keuken en de woonkamer levert in de woonkamer een betere luchtkwaliteit op;
- Tochtportalen bij de voor- en achterdeur besparen elk maximaal zo'n 20 m<sup>3</sup> aardgas per jaar;
- Het isoleren van de verdiepings- en zoldervloer (bij een onverwarmde zolder) bespaart maximaal ca. 40 m<sup>3</sup> aardgas per jaar per vloer; bij gebalanceerde ventilatie met wtw globaal de helft daarvan. Een geïsoleerde verdiepingsvloer heeft als voordeel dat de temperatuur op de (slaap)verdieping relatief laag kan worden gehouden; bij gebalanceerde ventilatie lukt dat minder goed doordat de toegevoerde verse buitenlucht door de warmteterugwinning al enigszins is opgewarmd;
- Het isoleren van woningscheidende wanden en vloeren maakt het energieverbruik minder afhankelijk van het bewonersgedrag van burens. Zeker in zeer goed geïsoleerde woningen kan dit zeer veel uitmaken, zie paragraaf 5.1.4.

## Zoneren

Onder zoneren wordt verstaan het bij elkaar situeren van vertrekken met min of meer dezelfde gewenste temperatuur. Algemene aanbeveling: situeer 'warmere' vertrekken zoals de woonkamer en kinderkamers zoveel mogelijk aan de zonzijde van de woning en leg de 'koelere' vertrekken zoals de entree, de gesloten keuken en de berging aan de niet-zonzijde.

Bij een relatief grote bebouwingsdichtheid bij laagbouw, met grote belemmeringshoeken, is het te overwegen de woonkamer op de verdieping te leggen. Dit verbetert de bezonning van deze woonkamer aanzienlijk.

Om optimaal te kunnen profiteren van compartimenteren en zoneren is een goed regelbare verwarmingsinstallatie per vertrek of per zone een vereiste.

Voorkom relatief smalle beukmaten bij rijtjeswoningen die aan de noordzijde van een straat liggen. Er is dan te weinig ruimte om de ingang en de woonkamer aan de zuidzijde te situeren, tenzij de woonkamer op de verdieping komt te liggen. Geef de aan de noordzijde gelegen woningen een zodanige vorm, dat noorduinen een zo gunstig mogelijke bezonning krijgen. Kies bijvoorbeeld voor een asymmetrische doorsnede.

### 4.2.3 Onverwarmde serre

Een energiebesparende serre is een onverwarmde, besloten 'buiten'ruimte die aan de woning grenst. De serre is grotendeels door glas omgeven om zonnewarmte te benutten. Praktische informatie is te vinden in [88] en [91].

Waarschuwing: Weeg zorgvuldig de voor- en nadelen van het toepassen van een serre af. Besteed veel aandacht aan het voorkomen van een verkeerd gebruik door de bewoners! Wanneer deze namelijk een serre verwarmen of bij de woonkamer trekken, kan de energiebesparing geheel verdwijnen en kan de serre zelfs energie gaan kosten. In deze paragraaf staan enkele suggesties om de kans op een verkeerd gebruik te verkleinen. Zie o.a. onder het kopje 'Materialisering en uitvoering'.

## Gebruik en binnenklimaat

De serre is vooral een extra gebruiksruijnte bij de woning. Het biedt een beschutte zitplaats in voor- en najaar, een goede speelplek op regenachtige zomerdagen en een goede plaats om was te drogen. Geef de serre een maat die voldoende gebruiksmogelijkheden biedt, minimaal zo'n 3,5 x 2,5 meter. Een serre kan bovendien worden toegepast als geluidbuffer (verkeer, industrie) (afbeelding 4.15) en kan onder bepaalde voorwaarden energie besparen.

Een serre heeft een sterk wisselend binnenklimaat: 's zomers warm, 's winters koud. Een serre is zeker niet altijd vorstvrij. Uit metingen blijkt dat de gemiddelde serretemperatuur in het stookseizoen zo'n 4 a 6 °C hoger is dan de buitentemperatuur.

Een serre kan het comfort van de woning verhogen. Zeker als een deel van de benodigde (door de zon opgewarmde) ventilatielucht van de woning via de serre wordt aangevoerd. Nadeel van een serre is dat de daglichttoetreding van de aangrenzende vertrekken door de serre wordt verminderd, zeker als het



serredak niet doorzichtig is. In paragraaf 4.3 is aangegeven hoe de toetreding van daglicht via een serre naar de achterliggende vertrekken berekend moet worden.

### **Energiebesparing**

Een zuidgerichte serre geeft de grootste energiebesparing. Deze is afhankelijk van vorm, grootte en materiaalgebruik van de serre en vooral van de mate van benutting van de warmte voor het voorverwarmen van ventilatielucht. De energiebesparing, uitgaande van een juist gebruik van de serre waarbij de onverwarmde serre gebruikt wordt voor beperken van het transmissieverlies en het voorverwarmen van de ventilatielucht, ligt bij een woning met een HR 107 ketel in de orde grootte van zo'n 100 tot 150 m<sup>3</sup> ae per jaar.

De winst van zonnewarmte door onverwarmde serres mag alleen in rekening worden gebracht als alle lineaire koudebruggen (van de woning en de serre) worden bepaald met de uitgebreide methode, dus niet forfaitair. Deze eis volgt uit paragraaf 8.4.1 van NTA 8800 [30].

De combinatie van voorverwarming van de ventilatielucht via een serre en gebalanceerde ventilatie met wtw heeft vanuit het oogpunt van energiebesparing weinig zin: het zijn concurrerende systemen. Alleen bij extreem zuinige woningen is de combinatie te overwegen.

In [91] zijn ervaringen met serres uit de praktijk geïnventariseerd. Het rapport constateert dat het direct meten van de gerealiseerde besparing van een serre erg lastig is. Daarbij komt dat de invloed van het bewonersgedrag (met name het ventilatiegedrag) van grote invloed is op de gerealiseerde besparing. Uit berekeningen blijkt dat de effectiviteit van de onverwarmde serre afneemt met een toenemende isolatiegraad van de woning.

Dit is ook logisch omdat er minder warmtebehoefte is. Maar ook bij zeer zuinige woningen blijft de serre energetisch interessant, mits de serre gebruikt wordt voor de voorverwarming van de ventilatielucht bij een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer. De opbrengst van een serre kan verhoogd worden door in plaats van enkel glas HR<sup>++</sup>-glas te gebruiken. Mogelijk nadeel: de kans dat bewoners de serre bij de woonkamer trekken of gaan verwarmen neemt toe.

### **Belangrijk aandachtspunt:**

Pas alleen een serre toe als de woonkamer voldoende ruim is. Dit verkleint de kans dat bewoners de serre bij de woonkamer trekken of gaan verwarmen met extra energieverbruik tot gevolg. Een alternatief voor de serre waarbij deze beide problemen niet bestaan is het 'klimaatraam': een extra raam dat aan de buitenzijde van het normale raam wordt aangebracht met brede spouw tussen beide raamconstructies. In de spouw wordt ventilatielucht (vooral door de zon) voorverwarmd en naar de woning toegevoerd. Klimaatramen zijn vooral bekend door de toepassing in utiliteitsbouw en dan meestal in de vorm van een 'klimaatgevel'.

### **Investing en terugverdientijd**

De investering van een serre is zo hoog dat deze niet met een verlaging van het energieverbruik van de woning is terug te verdienen. De meerwaarde is vooral te vinden in de extra gebruiksmogelijkheden in combinatie met energiebesparing.

### **Materialisering en uitvoering**

Voor de ramen in de scheidingswand tussen de serre en de achterliggende ruimte(n) moet men altijd goed isolerend glas kiezen.

Enige massa in de serre, zoals een stenen vloer, werkt gunstig op het energiebesparende effect: Een deel van de zonnewarmte wordt voor 1 à 2 uur in de massa opgeslagen en kan zodoende gebruikt worden wanneer de zoninstraling verdwenen is (zie paragraaf 5.3). Het is energetisch gunstig om alleen 'verticaal' glas in een serre toe te passen, dus geen glazen (hellend) dak. Voordelen: 's winters minder uitstraling, 's zomer minder kans op hoge temperaturen, geen vervuiling van het hellend glas en minder hinder van condens. Nadeel van een 'dicht' dak: de serre wordt eerder als onderdeel van de woonkamer beschouwd en vermindering van de daglichttoetreding in de aangrenzende woonruimten. Vergroot desgewenst de daglichttoetreding in achterliggende vertrekken door bijvoorbeeld daklichten in het serredak (zie afbeelding 4.17) of ramen in de gevel (boven de serre) van die vertrekken aan te brengen.

Wordt wel hellend (veiligheids)glas gebruikt, maak dan voorzieningen voor de opvang van condens.

Nachtisolatie in de vorm van bijvoorbeeld een isolatie-rolgordijn uit de kassenbouw, is zeker aan te bevelen bij enkel glas; de isolatievoorziening kan ook als zonwering dienen. Door de extra isolatie kan het energieverbruik van de woning per jaar afnemen.

Detailleer serres als een buitenruimte. Gebruik bijvoorbeeld stoeptegels voor de vloer en schoon metselwerk voor penanten en borstweringen. Maak spleten tussen het glas. Dergelijke details moeten mede duidelijk maken dat een serre een buitenruimte is. Bij een zeer vochtige ondergrond is een dampdichte vloer aan te bevelen. Tref voorzieningen om de beglazing van de serre schoon te kunnen maken.

Door voldoende ventilatie en zonwering toe te passen, zijn in de zomer te hoge temperaturen te vermijden. Uit bewonersonderzoek [76] blijkt dat in de praktijk dergelijke voorzieningen vaak niet in voldoende mate zijn aangebracht. Let op een eenvoudige bediening van zonwering en ventilatieopeningen, zeker bij hoge serres. Regel de bediening van de ventilatieopeningen bij voorkeur automatisch.

#### **Richtlijn voor ventilatie serre:**

- Maak een vaste spleet van netto 5 mm over de volledige breedte van de serre aan zowel de onder- als bovenzijde van de serrewand; detailleer de spleten zodanig dat ze spatwaterdicht, regendicht en ongediertewerend (art. 3.69 Bouwbesluit) zijn;
- Maak regelbare ventilatieopeningen: per 15 m<sup>3</sup> serre-inhoud of per 15 m<sup>2</sup> glasoppervlakte circa 1 m<sup>2</sup> voor de toevoer en circa 1 m<sup>2</sup> voor de afvoer. Plaats de toevoeropeningen zo laag mogelijk en de afvoeropeningen zo hoog mogelijk. Maak meerdere openingen verspreid over de serre (zie ook [89]).

#### **Voorschriften**

Let op de voorschriften t.a.v. ventilatie van de aangrenzende vertrekken, zie ook [88].

#### **Verbetering bij renovatie**

Bij renovatie van gestapelde bouw kunnen serres in de vorm van een vliesgevel, extra voordelen bieden. Naast energiebesparing en verhoging van de woonkwaliteit, zijn verbeteringen op het bouwtechnische vlak te behalen. Het apart 'inpakken' van koudebruggen kan bijvoorbeeld achterwege blijven.



Afb. 4.15 Renovatie en nieuwbouwproject De Leeuw van Vlaanderen met 72 huurwoningen voorzien van nieuwe vliesgevel als geluidbuffer. Om geluid en stank van het verkeer op de A10 (Amsterdam) te weren is de vliesgevel geplaatst voor de bestaande oostgevel. De ruimte achter deze vliesgevel dient voor de ontsluiting van de woningen en wordt geventileerd met schone buitenlucht afkomstig van de westgevel. Vanwege de brandveiligheid is de verglaasde ruimte voorzien van een stuwkrachtventilatie om bij brand rook te verspreiden en te verdunnen (Betrokken partijen: Nieman Raadgevende Ingenieurs, opdrachtgever: Far West, architect Heren 5 architecten, aannemer Coen Hagedoorn, realisatie 2005)



Afb. 4.16 Serres bij huurwoningen in Banne-Oost in Amsterdam-Noord. Het dak van de serre is deels voorzien van (doorzichtige) beglazing in verband met daglichttoetreding. Op het dak zijn ook zonnecollectoren aangebracht. (Betrokken partijen: ontwerp: Tjerk Reijenga, voorheen BEAR Architecten, Gouda. Realisatie: 1995)

#### 4.2.4 Atrium

Een atrium is een grote glasoverkapte ruimte (GGR) buiten de geïsoleerde gebouwschil van woningen [81]. In de woningbouw zal een GGR meestal toegangen naar woningen bevatten. Een GGR kan zinvol zijn bij woningen op locaties waar geen aantrekkelijke buitenruimte te realiseren is, of waar een beschutte buitenruimte wenselijk is, zoals bij ouderenhuisvesting (zie afbeelding 4.17).

##### Waardering bewoners

Uit diverse evaluaties blijkt dat bewoners een GGR als overdekte buitenruimte zeer positief waarderen. Mits er voldoende maatregelen (ventilatie, zonwering, geluiddemping) zijn getroffen, is het klimaat in de GGR goed beheersbaar.

##### Energiebesparing

Een atrium kan energiebesparend zijn, vergelijkbaar met een serre. Ook hier geldt dat een GGR alleen energiebesparend is als deze niet actief verwarmd wordt. De warmteverliezen door transmissie via de gevel en via koudebruggen worden verlaagd en ventilatielucht wordt voorverwarmd. Het energiebesparende effect van een GGR is sterk afhankelijk van de technische opzet van het project (isolatie woningen en GGR, ventilatie, zoninstraling).

Gebruik in de GGR zo veel mogelijk natuurlijke ventilatie om het elektriciteitsverbruik te beperken. Aanvullend kan mechanische ventilatie gewenst zijn.

Gezien de kosten van een GGR zullen andere kwaliteiten dan energiebesparing sturend zijn voor de realisatie van een GGR.

##### Geluid

Een atrium kan geluidwerend werken tegen bijvoorbeeld verkeerslawaaï. Ook geluid dat in de GGR zelf ontstaat, vraagt de nodige aandacht. Realiseer in de GGR voldoende demping en verstrooiing van het geluid. Een goede nagalmtijd is te realiseren door diverse bouwdelen zoals binnengevels en galerijen akoestisch dempend uit te voeren. Voldoende verstrooiing is te bereiken door bijvoorbeeld beplanting aan te brengen en gevels niet precies evenwijdig aan elkaar te laten lopen.

Zorg voor voldoende geluidsisolatie tussen de GGR en de woningen. Vooral het voorkomen van hinder door contactgeluiden vraagt aandacht. Aangeraden wordt galerijen akoestisch te scheiden van de woningen.

##### Daglicht achterliggende woningen

Zorg voor voldoende daglichttoetreding in de woningen die aan het atrium grenzen. Elementen die een rol spelen zijn zonwering, beschaduwning (kapconstructie, galerijen, trappen en dergelijke) en de kleuren en lichtreflectie van materialen. In de praktijk valt de hoeveelheid daglicht via een GGR, vooral op de onderste bouwlagen, tegen. Paragraaf 4.2.2 gaat in op het effect van serres en atria op de daglichttoetreding in woningen.

### Ventilatie en zonwering

Het is sterk aan te bevelen systemen voor ventilatie (afbeelding 4.18) en zonwering te voorzien van een automatische regeling. Handbediening (door een beheerder) moet altijd mogelijk blijven.

Breng voor een prettig binnenklimaat aan- en afvoerroosters niet te dicht aan bij zitplekken of looproutes. Plaats bijvoorbeeld roosters voor de toevoer van relatief koele ventilatielucht (zomersituatie) bij voorkeur enige meters boven dergelijke plekken of routes, maar wel relatief laag in de GGR.

Goede luchtdichtheid tussen woningen en de GGR. Zeker bij een gebalanceerd ventilatiesysteem moet deze luchtdichtheid ruime aandacht krijgen. Een goede luchtdichting voorkomt bovendien (mits er geen keukenraam geopend kan worden naar de GGR) dat kookluchtjes vanuit de woning naar de GGR stromen.

### Regelgeving

Om de woningen aan de ventilatie-eisen in het Bouwbesluit te laten voldoen moet de minimale hoeveelheid ventilatielucht in een woning formeel voor minstens 50% direct van buiten komen. De luchtkwaliteit in de GGR is zeker niet zondermeer vergelijkbaar met die van buitenlucht. Een 'gelijkwaardigheidsverklaring' zal vaak nodig zijn om 'verse' lucht vanuit de GGR als ventilatielucht te mogen gebruiken. De gelijkwaardigheid wordt niet vanzelfsprekend door bouw- en woningtoezicht geaccepteerd. Er zijn verschillende interpretaties mogelijk. Overleg daarom in een zo vroeg mogelijk stadium met een adviseur en de betreffende instanties!

### Brandveiligheid

Bij brand is het van groot belang dat de vluchtwegen via de GGR lang genoeg bruikbaar blijven en dat het vuur en de rook zich niet te snel kunnen verspreiden. Mogelijke maatregelen zijn:

- Een rook- en warmte-afvoerinstallatie (RWA);
- Rookmelders voor algemeen alarm en voor de RWA, rookschermen;
- Het kiezen voor materialen voor galerijen, trappen, afwerking en inrichting met een zo laag mogelijke vuurbelasting;
- Een goede brandwerendheid van de gevel tussen de GGR en de woningen [81].

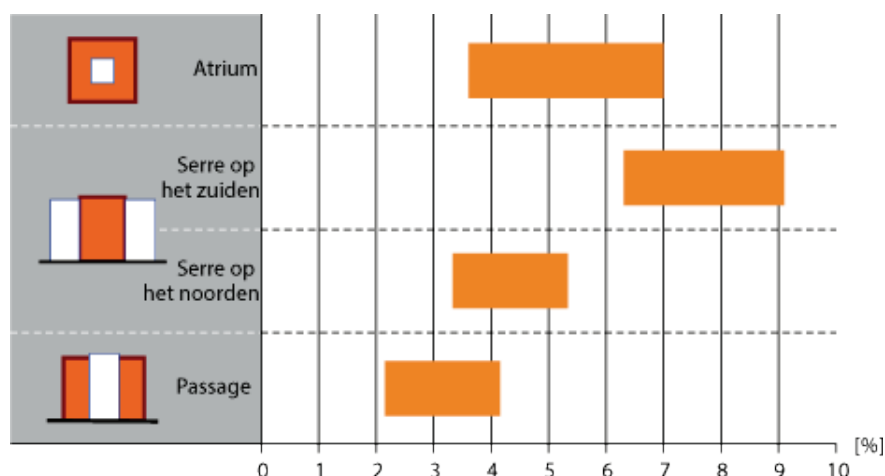
### Reinigbaarheid

De gehele GGR moet voor reiniging en onderhoud goed bereikbaar zijn, zowel aan de binnen- als de buitenzijde. Het gaat hierbij niet alleen om de bereikbaarheid van de glazen omhulling, maar ook van installaties zoals ventilatoren, rookmelders en verlichting.



Afb. 4.17 Het Woongebouw Emerald te Delfgauw met honderden elf woningen, heeft een centraal atrium en is bedoeld voor senioren. De verbreding van de galerijen bij de woningentree nodigt uit tot sociaal contact. Het glazen dak is afkomstig uit de kassenbouw. (Betrokken partijen: Initiatief Woningcorporatie

Vestia Delft, architect: Kees Christiaanse Architects & Planners, uitvoering: Bouwcombinatie Delfgauw. Realisatie 2001)



Afb. 4.18 Ventilatie zomersituatie. Globale indicatie van het gedeelte van de ventilatie-openingen (als functie van de vloeroppervlakte) dat benodigd is om de luchttemperatuur van de GGR minder dan 3 °C van de buitenluchttemperatuur te laten afwijken. De oppervlakte moet in principe zowel onderin als bovenin de GGR worden aangebracht (bron [81])

#### 4.2.5 Gevelcollectoren en Trombemuren

Andere bekende passieve systemen zoals gevelluchtcollectoren voor voorverwarming van ventilatielucht en Trombemuren (zie hieronder), worden in het Energievademecum niet behandeld. In de Nederlandse woningbouw is het effect van deze systemen op het energieverbruik betrekkelijk gering. Dit komt vooral doordat het beschikbare geveloppervlak vaak te klein is om dergelijke systemen te kunnen aanbrengen, maar ook doordat het klimaat niet echt geschikt hiervoor is: In de winter zijn er te weinig zonuren.

Een Trombemuur is een warmte-absorberende wand afgedekt met glas met daar tussenin een luchtsponw. De zon warmt de wand op en deze geeft de warmte enigszins vertraagd door naar de achterliggende ruimte. Zo kan 's avonds langer van de warmte gebruik worden gemaakt. In de luchtsponw kan bovendien ventilatielucht worden voorverwamd net zoals in een serre. Van deze warmte kan direct gebruik gemaakt worden.

### 4.3 Daglicht

Bewoners waarderen een ruime dag- en zonlichttoetreding. Dat blijkt uit bewonersonderzoek [79] in projecten waarbij relatief veel glas is toegepast. Het gaat daarbij niet alleen om de hogere lichtopbrengst, de warmte en energiebesparing. Ook het gevoel van veiligheid gaat erop vooruit.

Globaal één zevende van het totale elektriciteitsverbruik in een huishouden wordt besteed aan kunstverlichting (zie paragraaf 10.1). Meer daglicht kan dus, zeker zo lang nog niet overal 100% zuinige verlichting (led lamp) gebruikt wordt, een wezenlijke energiebesparing opleveren. Een optimaal gebruik van daglicht in het ontwerp is dus zeer aan te bevelen. Denk daarbij aan relatief veel glas in zuidgevels, ramen die tot het plafond door lopen, daklichten en een ruimtelijk ontwerp waarbij activiteiten die licht vragen, volop gebruik kunnen maken van daglicht.

De hoeveelheid en het soort licht (direct, diffuus) dat een woning binnen komt is vooral afhankelijk van de oriëntatie, de positie en de afmetingen van ramen, en het type glas. Let op de TL-factor! (zie paragraaf 5.2). Ook kleuren en materialen die buiten gebruikt worden, kunnen van invloed zijn op de hoeveelheid daglicht. Gebruik lichte kleuren voor gevels en bestrating bij bijvoorbeeld dichtbebouwde locaties of binnenplaatsen: het licht wordt dan beter gereflecteerd.

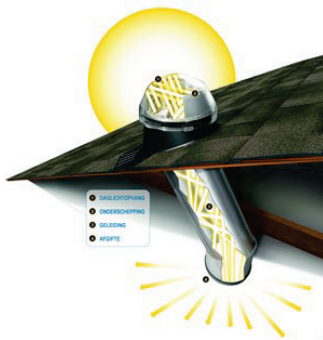
Naast ramen en daklichten zijn ook 'tubes' of 'daklichtspots' (afbeelding 4.19) mogelijk: hiermee kan via het dak daglicht indirect (via een flexibele of stugge buis) de woning binnenkomen.

Ook binnenshuis is een goede (dag)lichtreflectie en spreiding van het licht gewenst. Maak daarom gebruik van:



- Lichte kleuren voor de afwerking;
- Daglichtreflectoren: hiermee wordt daglicht dieper een vertrek of ruimte in gebracht; reflectoren worden tot nu toe incidenteel in utiliteitsbouw toegepast, maar bieden ook in woningen en woongebouwen mogelijkheden zoals bijv. in vides en trappenhuizen.

Houd bij het bepalen van plaats, afmetingen en type daglichttoetreding rekening met zoninstraling (passief benutten van zon voor verwarmen, oververhitting in de zomerperiode, zie paragraaf 4.2.1), uitzicht en ruimtelijke effecten. Zie [www.dutchdaylight.nl/](http://www.dutchdaylight.nl/) voor meer informatie over daglicht in de architectuur.



Afb. 4.19 Een 'daglichttube' of 'daklichtspot' kan handig zijn om een in pandig of diep vertrek van (meer) daglicht te voorzien als een dakraam of dakkoepel niet mogelijk is. De buis is inwendig voorzien van een zeer goed reflecterend materiaal. Er zijn diverse fabrikanten die dergelijke daglichtbuizen leveren. (Bron: Solatube International Inc.)

### Eisen daglichttoetreding

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de grootte van de daglichtopeningen in een woning (zie Bouwbesluit afdeling 3.11 Daglicht). De eisen betreffen de equivalente daglichtoppervlakte (volgens NEN 2057) [82]:

- Minimaal 0,5 m<sup>2</sup> per verblijfsruimte in een woning;
- Minimaal 10% van de vloeroppervlakte van het verblijfsgebied.

Hierbij geldt dat:

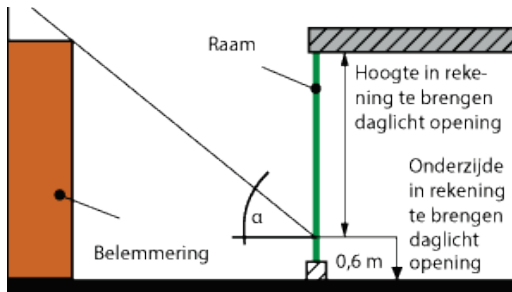
- De lichttoetredingsfactor (TL-factor) van het glas niet minder mag zijn dan 0,6, anders wordt een reductiefactor volgens NEN 2057 toegepast; Deze factor wordt door de Regeling Bouwbesluit buiten werking gezet (staat nog wel in de norm) zodat de TL-factor er officieel niet meer toe doet. Het is echter aan te raden in de ontwerpfase deze factor wel te gebruiken om te voorkomen dat vertrekken (te) somber worden, ondanks dat ze wel aan het Bouwbesluit voldoen;
- Daglichtoppervlak dat zich onder 0,6 meter boven de vloer bevindt buiten beschouwing wordt gelaten;
- Bij berekening van de equivalente daglichtoppervlakte uitgegaan moet worden van een belemmeringshoek van minimaal 20°, gerekend vanaf de onderzijde van de daglichtopening, voor zover deze 0,6 m boven de vloer ligt;
- Belemmeringen buiten de perceelgrens niet in rekening hoeven te worden gebracht;
- Daglichtopeningen die zich bevinden op een afstand, minder dan 2 meter van de perceelgrens, buiten beschouwing moeten worden gelaten;
- Voor openbare wegen, groengebieden en water geldt dat de afstand tot het hart van de weg, openbaar groen of water als afstand wordt aangehouden.

Daglichttoetreding bepalen (NEN 2057)

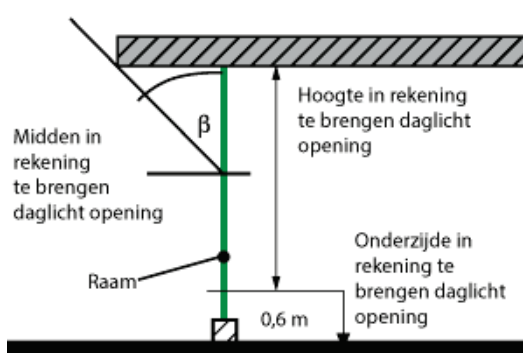
NEN 2057 [82] beschrijft de berekening van het equivalente daglichtoppervlak. Bepalend zijn:

- De oppervlakte van de doorlaat en de ligging van het projectievlak;
- De hellingshoek van de daglichtopening;
- De tegenoverliggende belemmeringen op het perceel zelf; de belemmeringshoek  $\alpha$  is de bepalende grootte (zie afbeelding 4.20);
- Overstekken; de overstekhoek  $\beta$  is de bepalende grootte (zie afbeelding 4.21);

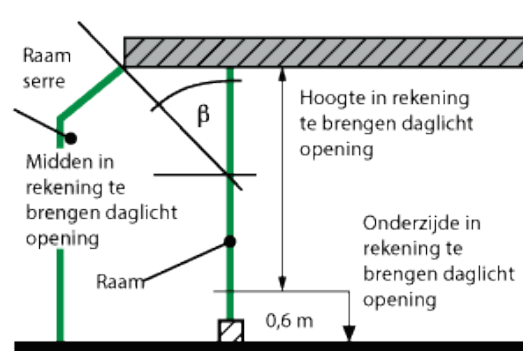
- Scheidingsconstructies vóór de daglichtopening zoals een serre. Ook hier zijn de belemmeringshoeken  $\alpha$  en  $\beta$  bepalend (zie afbeelding 4.22) maar ook het deel van de tegenoverliggende scheidingsconstructie dat lichtdoorlatend is. De LTA-factor van de doorzichtige delen wordt meegenomen in de bepaling van de uitwendige reductiefactor  $C_{u,ext}$ . Zie hiervoor NEN 2057.



Afb. 4.20 De bepaling van de belemmeringshoek  $\alpha$  van belemmeringen binnen de perceelgrens. Alleen belemmeringen binnen een horizontale kijkhoek van  $100^\circ$  tellen mee.



Afb. 4.21 De bepaling van de overstekhoek  $\beta$  van overstekken.



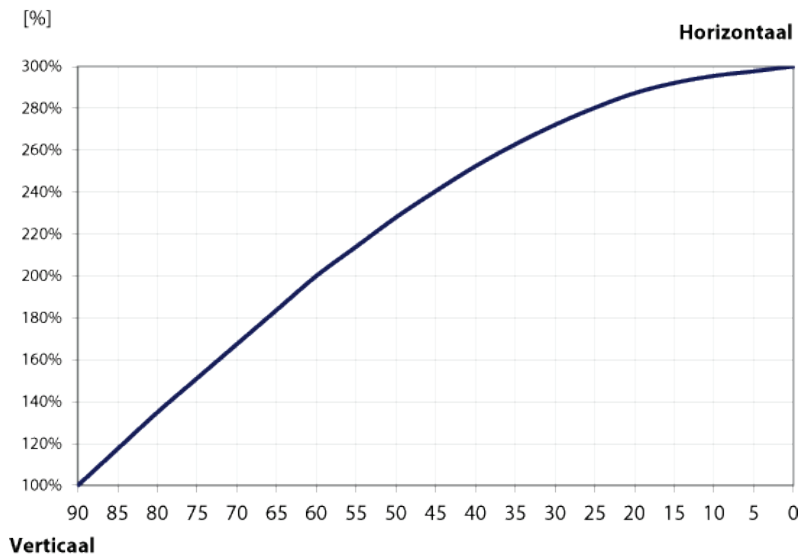
Afb. 4.22 De bepaling van de overstekhoek  $\beta$  van overstekken als gevolg van een overstek boven een serre.

#### Hellingshoek

Een raam dat niet verticaal maar onder een helling staat, heeft minder last van de verplichte minimale belemmeringshoek van  $20^\circ$ . Daarom kan met een kleiner daglichtoppervlak worden volstaan. De verschillen zijn echter klein (afbeelding 4.25). De (aanzienlijk) hogere lichtopbrengst van hellende of horizontale daglichtopeningen (afbeelding 4.23) wordt in de daglichtnorm NEN 2057:2011 [82] gewaardeerd. Door twee marktpartijen is een eenvoudig te hanteren [rekenmodel](#) ontwikkeld om deze lichtopbrengst te berekenen en te toetsen aan het Bouwbesluit. Let bij de toepassing van hellende of horizontale ramen op:

- De grotere zoninstraling: goed voor passieve benutting van zonnewarmte, maar een risico voor oververhitting;
- De grotere nachtelijke uitstraling;

- Afwijkende U-waarden ten opzichte van hetzelfde glas maar dan verticaal geplaatst (zie paragraaf 5.2).



Afb. 4.23 De werkelijke lichtopbrengst ten opzichte van een verticaal raam (helling 90°) bij verschillende hellingshoeken volgens de CIE-hemel [Tabellarium Bouwfysica TU-Delft]. Door een horizontaal (dak)raam komt dus 3x zoveel daglicht binnen.

#### 4.4 (Opstellings)ruimte installaties

Bij het ruimtelijk (schets)ontwerp zijn de volgende punten van belang:

- De optimale plek voor de installaties: denk hierbij aan:
  - Zo kort mogelijke leidingen, zeker voor warm tapwater (zie paragraaf 9.2.1) en luchtkanalen (zie paragraaf 6.2.2 of 7.2.4) (zie ook hieronder), maar ook bij collectieve ruimteverwarming;
  - Het voorkomen van geluidhinder door installaties en bijbehorende leidingen en luchtkanalen, zie hieronder; plaats installaties dus in een 'geluiddichte' ruimte en/of niet vlak bij geluidsgevoelige vertrekken zoals slaapkamers. Let extra goed op bij warmtepompen (zie paragraaf 7.3.3): in de praktijk is bij laagbouwoningen plaatsing op de begane grond vaak de beste optie;
  - Voldoende massa van bouwkundige constructies (vloeren, binnenwanden) om installaties er op te kunnen plaatsen of er aan te bevestigen, vooral ter voorkoming van geluidhinder; pas altijd geluiddempende bevestigingsmiddelen toe;
  - Voldoende ruimte voor de opstelling van de apparatuur, onderhoud en vervanging; zie voor de eisen de informatie van de fabrikant;
  - De situering van (verticale) leidingkokers van voldoende formaat; denk aan luchtkanalen met ruime diameters om de weerstand te verkleinen, warmte- en geluidisolatie van leidingen en bij gestapelde bouw ook aan brandoverslag en geluidabsorptie;
  - De bereikbaarheid van de leidingkoker(s) voor onderhoud en vervanging van onderdelen.
- De situering van het warmwatertoestel zo dicht mogelijk bij de tappunten; dit om de leidingverliezen voor warmtapwater te beperken (zie paragraaf 4.4 en 9.2.1). Dit punt geldt vooral voor de tappunten waar vaak kort en verspreid over de dag getapt wordt, zoals in de keuken. Houd ook rekening met de maximale lengte van het kanaal voor de aan- en afvoer van respectievelijk verbrandingslucht en rookgassen; zie daarvoor de informatie van de fabrikant;
- Zo kort mogelijke luchtkanalen van het ventilatiesysteem. Een ventilatiesysteem met een compact luchtkanalenstelsel functioneert energiezuiniger, stiller en met minder onderhoud. Maak om dezelfde redenen ook zo min mogelijk bochten en voorkom 'misbruik' van flexibele slangen of flexibele geluiddempers om het ventilatiesysteem toch 'passend' te krijgen;

- Bij een zonneboilersysteem: het type (zie paragraaf 7.3.8 en 9.3.5). Enerzijds moeten de warmwaterleidingen, met name naar de keuken, zo kort mogelijk zijn. Dit om warmteverliezen en tegelijkertijd de wachttijd op warmwater te beperken. Anderzijds zijn er voor de verschillende onderdelen specifieke eisen voor de onderlinge ligging, afhankelijk van het soort systeem. Het gaat om de collectoren, leegloopvat (indien aanwezig), opslagvat en naverwarmer;
- Bij een zonneboilersysteem met leegloopvat kan het leidingcircuit tussen de collectoren en het leegloopvat soms een borrelend geluid maken. Zorg er dus voor dat dit leidingcircuit bij voorkeur niet door bijvoorbeeld een slaapkamer loopt. Voorzie anders het circuit van geluidwering (omtimmering);
- Bij een warmtepompboiler (zie paragraaf 9.3.6): de situering t.o.v. ventilatiesysteem, geluidshinder speelt hier veel minder. Omdat dit apparaat warmte uit de ventilatielucht haalt, ligt een plek vlakbij het verzamelpunt hiervan en/of (dak-) afvoer voor de hand;
- Bij een verticale douche-WTW-unit (zie paragraaf 9.1.3): de situering zo dicht mogelijk bij de douche om warmteverliezen in de tussengelegen riolering te beperken;
- Bij een PV-systeem: de situering van de omvormer(s) (of inverters) dichtbij de PV-panelen (zie paragraaf 10.2.1); kleine systemen vragen hiervoor weinig ruimte: de omvormer(s) kan/kunnen bijvoorbeeld op zolder gemonteerd worden. Let op: Omvormers kunnen geluidhinder veroorzaken (bijv. zoemend geluid en trilling), kies dus een goede plek en/of neem geluidwerende maatregelen en monteer de omvormers op een stevige ondergrond (zie paragraaf 10.2.1). Bij het ruimtelijk ontwerp vragen omvormers (naast eisen t.a.v. geluidhinder) ook aandacht wanneer er een aparte kast of ruimte moet zijn:
  - Als de omvormer(s) voor derden bereikbaar moet(en) zijn;
  - Bij een of meer centrale omvormers; dit speelt meestal bij grotere (collectieve) systemen.

Omvormers moeten hun warmte goed kunnen afgeven, breng ze daarom altijd in goed geventileerde (en bovendien niet te vochtige) ruimten aan.

#### 4.5 Verkeersontsluiting en stimuleren langzaam verkeer

Ongeveer de helft van het totale jaarlijkse energieverbruik van een gemiddeld huishouden wordt besteed aan vervoer (afbeelding 4.24). Uit onderzoek [85] blijkt, dat dit aandeel te verminderen is door de structuur van het stedenbouwkundige plan af te stemmen op langzaam verkeer. De inrichting en detaillering van de directe woonomgeving moet op deze structuur aansluiten.

Een bekend voorbeeld van zo'n structuur is dat van de gemeente Houten. Er wordt hier duidelijk meer gefietst dan in een qua grootte vergelijkbare plaats. De stedenbouwkundige opzet is gebaseerd op een uitgebreid radiaalvormig fietspadennet met snelle en veilige verbindingen naar het centrum met onder andere het NS-station.

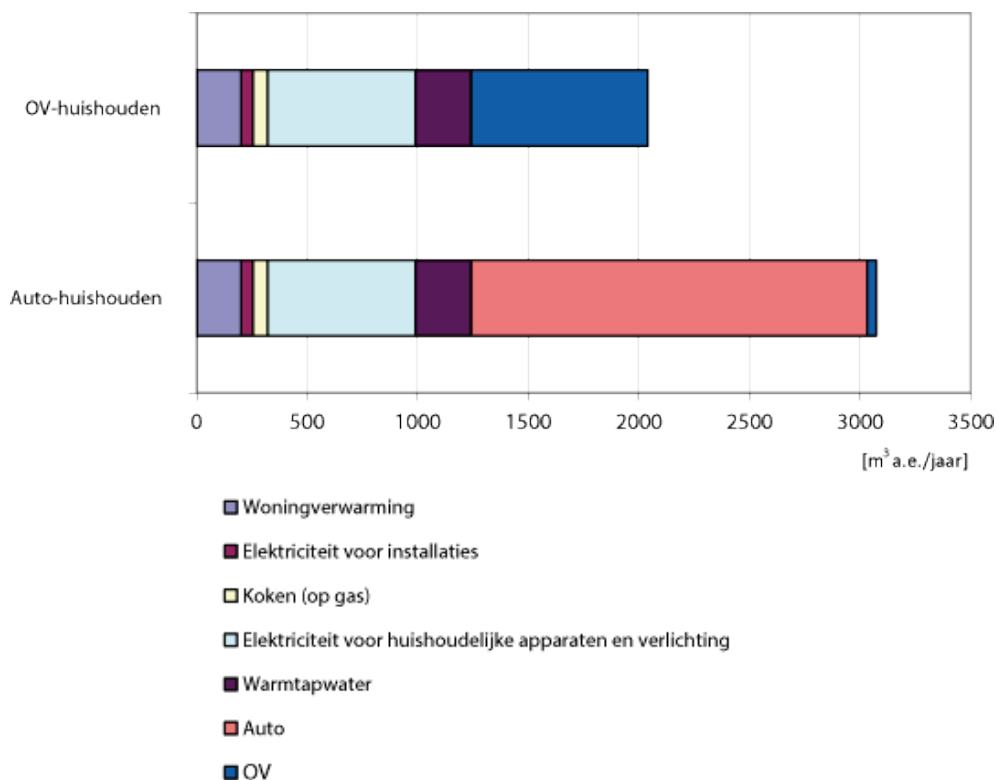
##### Vervoerskeuze en verplaatsingsafstand

Van alle verplaatsingen onder de 7,5 km in ons land gaat een derde per auto en een derde per fiets. Van alle verplaatsingen met een afstand tussen 7,5 en 15 kilometer wordt 70% per auto en 15% per fiets afgelegd [84]. Afstanden tot zo'n 10 kilometer zijn voor fietsers goed te overbruggen, door de opkomst van elektrische fietsen wordt deze afstand inmiddels steeds groter. Vooral op deze kortere afstanden kan dus een verschuiving van autorijden naar fietsen en lopen plaatsvinden. Deze verschuiving levert naast een wezenlijke bijdrage aan energiebesparing ook een aantrekkelijker woonomgeving op.

Uitgangspunten afbeelding 4.24 (alle afstanden in reizigerskilometer per jaar):

- Auto huishouden:
  - 25.000 reizigerskm met de auto; dit komt overeen met 18.000 km met een gemiddelde autobezetting van 1,4 personen;
  - 1.000 reizigerskm met bus en trein;
  - 2.000 reizigerskm per fiets
- OV-huishouden (legt minder kilometers af dan auto huishouden omdat meer gecombineerd wordt, maar wel zelfde aantal uren 'op de weg':
  - 16.000 reizigerskm per trein;
  - 4.000 reizigerskm per tram/bus;

- 3.500 reizgerskm per fiets.



Afb. 4.24 Energieverbruik per jaar in m<sup>3</sup> aardgas equivalenten van een huishouden van 3 personen in een referentie rijtjeswoning anno 2018 met en zonder gebruik van een auto; in beide gevallen exclusief vliegvakanties. (Bron: BOOM)

Stimuleren langzaam verkeer

Mogelijkheden om het langzaam verkeer te stimuleren zijn:

*Op stedenbouwkundig schaalniveau:*

- Functiemenging;
- Het verkorten van afstanden;
- Goede sociale en verkeerstechnische veiligheid (zie ook [86] en [87]);
- Het bevorderen van selectief autogebruik. Denk aan:
  - Realiseren van een autoluw of autovrij plan (afbeelding 4.25);
  - Aanleg van een carpoolplaats of voorzieningen voor autodelen, met goede voorzieningen voor de stalling van fietsen (bijv. fietskluizen);
- De situering van voorzieningen zoals winkels, scholen, (eet)café en sportvoorzieningen langs langzaamverkeersroutes;
- Een snelle en comfortabele overstap op openbaar vervoer.

*Op het schaalniveau van de directe woonomgeving:*

- Aansluiting van de directe woonomgeving op het gemeentelijke fietsnetwerk;
- Voldoende brede fietspaden;
- Een ruime berging op een logische en (sociaal) veilige plaats bij woning of woongebouw voor de stalling van (lig)fietsen en fietskar van bewoners en bezoekers;
- Voldoende brede en flauwe trappen of hellingbanen naar bergingen in souterrains;
- Fietsgoot voor fiets en fietskarren op de juiste afstand van leuning en muur;
- Oplaadpunt elektrische fietsen;
- Automatische verlichting m.b.v. bewegingssensoren.

Meer informatie over fietsverkeer: [www.fietsberaad.nl](http://www.fietsberaad.nl).



Een ander aandachtspunt voor de woonomgeving is het gebruik van elektrische auto's. Daarvoor zijn oplaadpunten nodig. Een detail dat de komende tijd verdere uitwerking behoeft. Informatie over hybride en elektrisch rijden zie [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl) [95] en [www.nkl.nl](http://www.nkl.nl).

Twee hulpmiddelen voor een energiezuiniger stedenbouwkundig ontwerp zijn:

- 'VervoersPrestatie op Locatie' (VPL) [94]: een rekenmodel waarmee de invloed van een stedenbouwkundig ontwerp op het energieverbruik kan worden bepaald;
- 'Langzaam Rijden Gaat Sneller' (LARGAS-concept) [92] en [93]: concrete ontwerp oplossingen ter stimulering van een gelijkmatiger en langzamer verkeersbeeld. Naast energiebesparing (CO<sub>2</sub>-reductie) blijkt LARGAS positieve gevolgen te hebben op de verkeersveiligheid, doorstroming en geluidsoverlast.



Afb. 4.25 GWL-terrein in het Stadsdeel Westerpark in Amsterdam met bijna 600 huur- en koopwoningen en diverse bedrijfsruimten, een café-restaurant en buurthuis. Het middengebied is autovrij en voor Amsterdamse begrippen een oase van rust. Aan de randen kan geparkeerd worden, maar het aantal parkeerplaatsen (voor vergunningshouders) is beperkt, namelijk 110. Nog steeds een uitstekend voorbeeld van duurzame stedenbouw zoals bleek op een symposium op 8 februari 2008 ter ere van het 10-jarig bestaan van het project. (Betrokken partijen: stedenbouwkundig ontwerp: Kees Christiaanse Architects & Planners; realisatie 1996 - 1998)