



TOEKOMST **PASSIEFHUIS** ZUKUNFT PASSIVHAUS

Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences



HANDWERKSKAMMER
MÜNSTER

HET SYSTEEM PASSIEFHUIS

FORM FOLLOWS PERFORMANCE –
ENERGETISCHE OPTIMALISATIE VAN
DE STRUCTUUR VAN EEN PASSIEFHUIS



Impressum

Titel

Het systeem passiefhuis

Auteur

Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Reichardt

Dipl.-Ing. Thomas Lilge

B.A. S. Unterberg

Fachhochschule Münster

Department: Konstruktion & Industriebau

Münster School of Architecture

Redactie

voor de Duitse versie:

Sabine Heine

Kompetenzzentrum Bau und Energie der

Handwerkskammer Münster

voor de Nederlandse versie:

Jan de Witt en Joop Ouwehand

Kenniscentrum Leefomgeving

Saxion

Uitgever

Handwerkskammer Münster

Bismarckallee 1

48151 Münster

Brochure, uitgebracht in het kader van het project

„Toekomst Passiefhuis”

Druk

September 2012

HET SYSTEEM PASSIEFHUIS

FORM FOLLOWS PERFORMANCE –

ENERGETISCHE OPTIMALISATIE VAN

DE STRUCTUUR VAN EEN PASSIEFHUIS

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	6	6. Dragende constructie	22
1.1 Efficiënte structuur van een gebouw	6	6.1 Metselwerk	22
1.2 Belang voor gebruikers, investeerders, planners, milieu 7		6.2 Skeletbouw	22
2. Geografie	9	6.3 Hybride	23
2.1 Klimaatzones	9	6.4 Buffermassa	23
2.2 Zon	11	7. Gebouwschil	25
2.3 Wind	13	7.1 Energieconcept schil	25
2.4 Regenwater	14	7.2 Gesloten oppervlakten	26
3. Topografie	15	7.3 Transparante oppervlakken, ramen, deuren	26
3.1 Omgeving	15	7.4 Luchtdichtheid	27
3.2 Bodem- en gebouwstructuur	16	7.5 Koudebruggen	27
3.3 Vegetatie	17	7.6 Bescherming tegen de zon	28
4. Gebouw	18	8. Afbouw	29
4.1 Oriëntatie	18	8.1 Flexibiliteit	29
4.2 A/V verhouding	18	8.2 Buffermassa	29
4.3 Daglicht	18	9. Vrijstaande en gekoppelde huizen qua type	
4.4 Ventilatie	18	vergeleken	30
4.5 Energieopwekking	19	10. Samenvatting, blik in de toekomst	31
5. Zonering	20	11. Bibliografie	32
5.1 Gebruik, flexibiliteit	20		
5.2 Zonering plattegrond	20		
5.3 Doorsnede-zonering	20		

1. INLEIDING

In deze brochure wordt een passiefhuis als een samenhangend systeem gezien. Daarom worden de factoren die een rol spelen in de structuur van een passiefhuis hier in samenhang behandeld. Bij het ontwerp van een passiefhuis staat de performance van het gebouw op de voorgrond, naar het motto „Form Follows Performance“. Diverse invloedparameters moeten al tijdens het ontwerp tegen elkaar worden afgewogen, om een optimaal resultaat te verkrijgen, b.v. de geografie, topografie, structuur, zonering, schil, bouw materiaal, ventilatie, energie, installatie-techniek en ecologie. Wanneer deze parameters goed gecombineerd en afgestemd worden, ontstaat een hoge meerwaarde ten opzichte van een traditioneel ontwerp. In deze brochure worden deze parameters eerst apart met hun effecten op energie-efficiënt bouwen bekeken. Hoe meer parameters die een invloed kunnen hebben bij het ontwerp worden meegenomen, des te beter het resultaat.

De natuurlijke reserves van onze aardbol zijn beperkt, dat weten we allemaal. Noordwest Europa heeft een voortrekkersrol bij efficiënt bouwen en gebruik van duurzame energie. De ontwikkeling van het passief huis is hier een voorbeeld van. Er zijn in deze regio veel mogelijkheden om duurzame energie in te zetten. Deze technieken moeten, aangepast aan de locatie, op de juiste wijze worden ingezet.

Het is te verwachten dat het gebruik van duurzame energie en energiebesparing steeds belangrijker zullen worden. Met energiezuinige gebouwen zijn we al op de goede weg.

1.1 Efficiënte structuur van een gebouw

Aan het begin van het ontwerp moet duidelijk worden vastgelegd waaraan een woning moet voldoen en welke eigenschappen daarbij op de voorgrond moeten staan. Een van de eisen aan een passiefhuis is het leveren van binnenklimaat gerelateerd comfort op momenten waarop dit gevraagd wordt. Dit maakt het opslaan van energie voor verwarmingsdoeleinden, b.v. zonne-energie, noodzakelijk.

Ieder jaargetijde vereist weer andere eigenschappen van de woning. Deze verschillende eisen moeten in een algeheel (passiefhuis)systeem worden geïntegreerd. Het ontwerp moet zodanig zijn, dat in de winter warmte wordt vastgehouden en de woning in de zomer zo min mogelijk warmte opneemt. Deze eisen hangen nauw samen met de passiefhuisstandaard:

- De behoefte aan warmte voor ruimteverwarming is minder dan 15 kWh/m²/jaar
- De behoefte aan primaire energie is minder dan 120 kWh/m²/jaar



bron: Fotolia

Energie-efficiëntie begint al bij het ontwerp

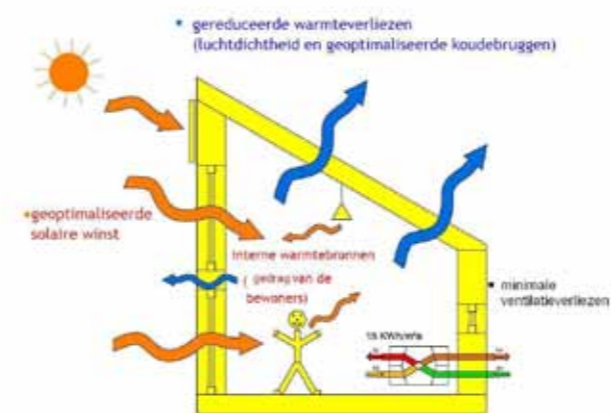
Men kan dit doel beter bereiken wanneer men dit opsplijt in afzonderlijke doelen – men heeft het in dit verband over efficiency-bouwstenen. Bij deze bouwstenen is de ontwikkeling van een energetisch geoptimaliseerd gebouwconcept (m.b.t. de factoren klimaat, gebruik, techniek, vormgeving en recht) wezenlijk.

1.2 Belang voor gebruikers, investeerders, architecten en milieu

Bij een intelligente en efficiënte passiefwoning staan – naast het comfort en de energie efficiency – ook de kosten op de voorgrond.

De investeringen in een „duurzaam concept“ betalen zich via de lagere exploitatiekosten de gebouwen op middellange tot langere termijn terug. Duurzaam plannen heeft op deze wijze een positief effect op de kosten voor de opdrachtgever. Hoogwaardige producten zoals passiefhuis kozijnen, isolatie van alle buitenmuren, vloer en dak en geoptimaliseerde ventilatiesystemen veroorzaken in eerste instantie hogere kosten wanneer men een passiefhuis bouwt. Wanneer men de exploitatiekosten van een passiefhuis bekijkt, zijn deze meerinvesteringen echter al bij de huidige energieprijzen rendabel, en dit rendement wordt bij stijgende prijzen in de toekomst nog beter. Vanuit de optiek van investeerders zijn passiefhuizen dus „meerwaardehuizen“, die bij verkoop hogere prijzen opleveren. Met de invoering van de EPG krijgen ook bestaande woningen een EPC waarde. Een lage EPC waarde – zoals bij een passiefhuis – wordt daarmee een extra verkoopargument voor een woning.

Bij het ontwerp planning van een passiefhuis moet altijd het comfort en welbevinden van de bewoner worden nagestreefd. Dit (subjectieve) gevoel van de bewoner hangt van een groot aantal factoren af. Hier spelen factoren als luchtkwaliteit, lawaai, lichtbronnen, het ruimtegebruik en de verschillende perceptie van de bewoners, al naargelang geslacht en leeftijd, een rol.



bron: Lilje

Kenmerken van een passiefhuis

Het gaat hierbij niet om exact meetbare factoren, wel zijn er benaderingen die voor het bereiken van een comfortabel gevoel van de bewoners kunnen worden gebruikt. Bijvoorbeeld is de keuze van de bouwmaterialen, de isolatie en de ventilatie doorslaggevend voor een als behaaglijke ervaren ruimtetemperatuur.

Voorts moet rekening worden gehouden met de volgende criteria voor passiefhuizen:

- Warmtebehoefte per jaar minder dan 15 kWh/m²
- Behoefte aan totale primaire energie per jaar minder dan 120 kWh/m²
- Geen koudebruggen
- Warmteweerstand t voor muren, dak en bodem: $R_c > 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Drieduidige, met inerte gasen gevulde ramen met geïsoleerde kozijnen $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{a}$
- Luchtdichtheid $q_v \text{ kar}; 10 < 0,151 / \text{sec/m}^2/$
- Zeer efficiënt ventilatiesysteem met warmterugwinning (stroomverbruik $P_{el} < 0,45 \text{ Wh/m}^3$)

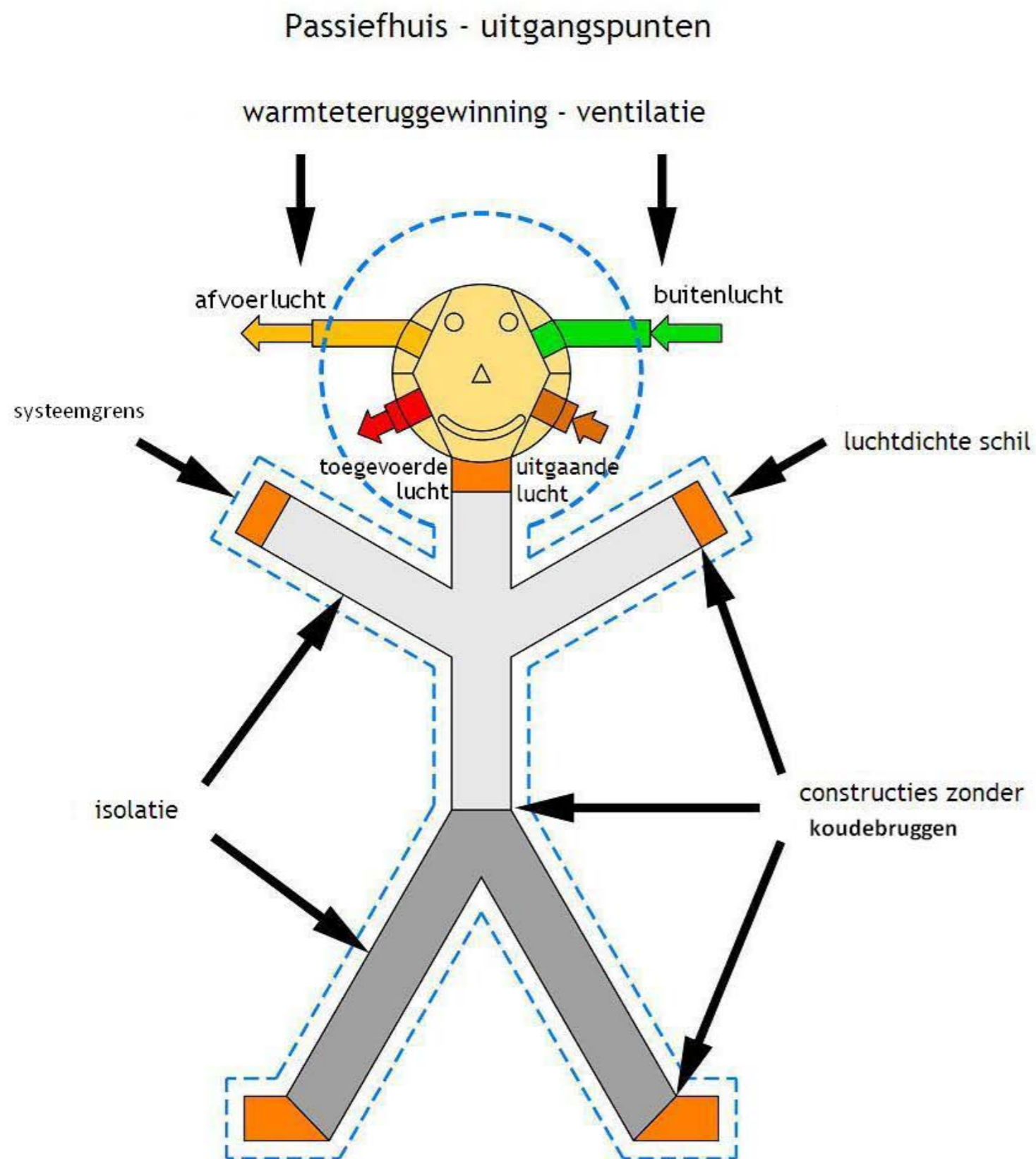
De Nederlandse richtlijn voor energiebesparing in gebouwen (EPG) eist dat de EPC waarde van woningen in 2015 0,4 bedraagt en in 2020 nul (0). Daardoor wordt de minimalisatie van het energieverbruik van gebouwen topprioriteit. De EU-eisen (EPBD) zijn daarbij van doorslaggevend belang en moeten in nationale regelgeving van alle lidstaten worden vertaald.

Bij ontwerp en realisatie van een nieuw huis ontstaat kwaliteit door een juiste combinatie van de afzonderlijke elementen en materialen. Bij de exploitatiekosten spelen vooral de verwarming, de koeling, de verlichting, apparaten, reiniging en onderhoud een grote rol. Door de passiefhuisstandaard wordt CO₂ bespaard en de natuurlijke bronnen worden ontzien. Al in de ontwerpfase moeten bouwmaterialen, energie, bodem/landschap en infrastructuur worden meegenomen. De Stichting Passief Huis Holland (PHH) verzorgt de certificering van passief huizen bij het Pasiv Haus Instituut te Darmstadt.



bron: Lilje

Passiefhuisontwerp – externe invloedsfactoren op de energiebalans



bron: Lilje



Quelle: Fotolia

Polarzone

2. GEOGRAFIE

Onze planeet kan geografisch gezien in verschillende klimaatzones worden verdeeld:

- **Poolzone:** geringe instraling van de zon, zeer lage temperaturen het hele jaar door 0-6°C. Geringe neerslag
- **Gematigde zone:** zeer verschillende intensiteit van zonnestraling, in Midden-Europa een groot percentage diffuse straling met veel bewolking, in de overgangsgebieden naar de tropen deels sterkere straling. Gemiddelde neerslag
- **Subtropen:** intensieve directe zonnestraling. Zeer geringe neerslag, echter sporadische regenbuien met in korte tijd veel neerslag
- **Tropen:** bij wolkeloze hemel een hoge, in andere gevallen door bewolking gematigde directe zonnestraling. Hoge relatieve luchtvochtigheid en hoge neerslag

Typische opbouw van de verschillende klimaatzones:

Architectonisch gezien worden klimaatzones iets anders ingedeeld. Omdat de gematigde zone een breed spectrum afdekt,

wordt hier nog eens een onderverdeling toegepast. Traditioneel kunnen deze klimaatzones vanuit jarenlange positieve plaatselijke ervaringen worden ingedeeld bij verschillende bouwwijzen. De klimaatzones hebben grote invloed gehad op de ontwikkeling van de traditionele bouw gehad:

Koude zone (b.v. Scandinavie):

- Probleem van warmteverlies van de gebouwen het hele jaar door
- Constructies van hout
- Kleine dakhelling
- Sneeuw als extra isolerende laag
- Compacte bouwwijze: A/V verhouding zo klein mogelijk

Koude en gematigd koele zone (b.v. Midden-Europa):

- Grote temperatuurverschillen tussen dag, nacht en de jaargetijden
- Dichte gematigd geïsoleerde wanden tegen warmteverlies door transmissie ondersteund door opslag van warmte in de massieve muren.
- Gemiddelde dakhelling i.v.m. neerslag en weerstand tegen wind

Gematigd warme zone (droog-heet, b.v. Noord-Afrika):

- Grote temperatuurschommelingen tussen dag en nacht
- Gebouwen met grote capaciteit qua warmteopslag (steen/leem)
- Dichte bebouwing, die schaduw werpt
- Platte daken die neerslag verzamelen, overtollig water dient voor verkoeling
- kleine ramen laten weinig zonnestralen in het gebouw
- Belangrijkste vertrekken op de begane grond

Hete zone (vochtig-warm, b.v. Zuidoost-Azië):

- Constant vochtig en warm
- Lichte houtconstructie op staanders biedt bescherming tegen vochtigheid grote luchtcirculatie zorgt voor verkoeling
- Steile daken met groot overstek als bescherming tegen regen en zon
- Koelende circulatie door luchtdoorlatend vlechtwerk

In iedere klimaatzone is er een eigen typische bouwwijze ontstaan, die door de ervaring van generaties steeds beter werd aangepast aan de klimatologische omstandigheden. Zo werden meestal alleen plaatselijk voorkomende bouwmaterialen gebruikt. Dit is zowel ecologisch als economisch zinvol. In de loop der tijd werden de bouwtechnieken zodanig verbeterd, dat bouwwijzen tot een standaard werden, die minimale kosten met maximaal nut combineerden. Traditionele gebouwtypen stroken tegenwoordig weliswaar niet meer met functionele en energetische eisen, toch leveren zij waardevolle inzichten over een energiezuinige manier van bouwen.

In Nederland (gematigd koele zone) werd sinds de jaren '60 weinig aandacht besteed aan isolatie en luchtdichtheid vanwege het goedkope en overvloedig beschikbare aardgas. Dit is de afgelopen 20 jaar echter drastisch veranderd door de hoge kosten van aardgas.



Gematigde Zone



Subtropen



Tropen

2.2 Zon

De zon heeft grote invloed op de energiebalans van een passief-huis. De mate waarin het zonlicht passief of actief kan worden gebruikt wordt met name bepaald door het aantal zonne-uren en de intensiteit van de straling.

Gemiddelde zonnestraling in Nederland:

1415 – 1580 uur/jaar

gemiddelde globale straling:

950 – 1180 kWh/m² en jaar.

Deze hoeveelheid energie komt overeen met ca. 120 Nm³ aardgas per m². De provincies in het westen krijgen iets meer zon dan de provincies in het oosten.

De straling van de zon – dat moge duidelijk zijn – schommelt in verloop van de dag en de jaargetijden tussen nul en ca. 1000 W/m² in de middag op een wolkeloze zomerdag. Kenmerkend voor het actieve en passieve gebruik van de zonnestraling is naast de intensiteit en duur ook de hoek en de loop van de zon.

Zonne-energie kan op verschillende manieren worden gebruikt:

actief = technisch opwekken van

- a) elektriciteit of
- b) warmte

passief = benutting

- a) van het licht
- b) van de binnenkomende warmte

Naast zon winning moet ook aandacht besteed worden aan zonwering om oververhitting te voorkomen.

Actief:

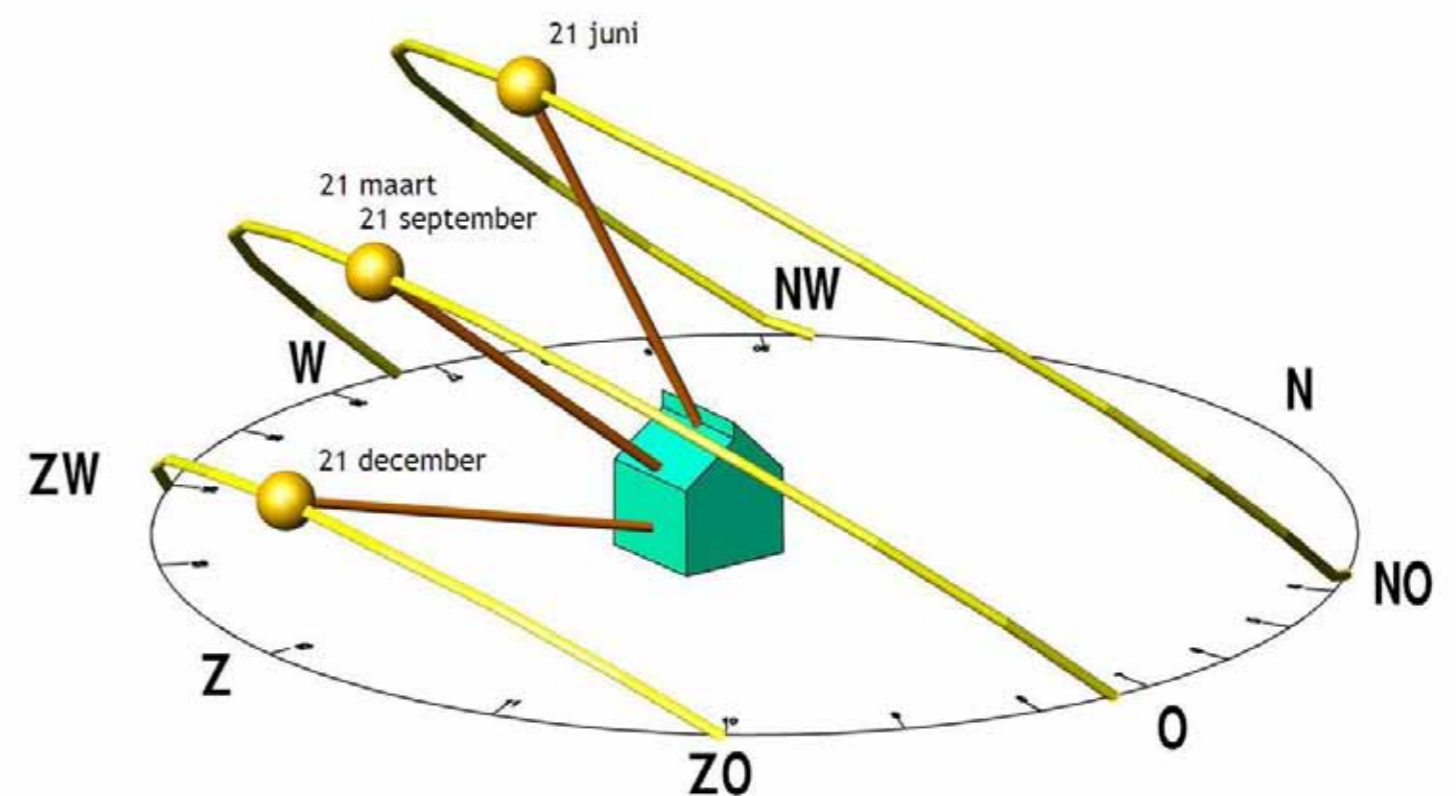
Voor het actief en direct gebruiken van zonne-energie zijn technische installaties noodzakelijk. Omdat stroom of warmte moet worden opgewekt, zijn er twee verschillende types installaties:

De zonnecollectoren:

De straling van de zon wordt d.m.v. collectoren omgezet in warmte. Deze warmte kan worden gebruikt voor warmwater of ondersteuning van de ruimteverwarming.

Zonne elektriciteit installaties (PV):

Bij PV wordt de zonnestraling door modules in elektriciteit omgezet, die in het eigen huis wordt gebruikt of aan het net wordt geleverd. Een probleem bij het directe gebruik van zonne-energie is dat de energie niet altijd op het juiste tijdstip beschikbaar is. Er zijn dus opslagsystemen noodzakelijk. Daarvoor zijn extra investeringen nodig. Toch zijn deze systemen onder bepaalde



Het huis in de dagelijkse/jaarlijkse zonnegang

bron: Lilje

omstandigheden rendabel en leveren een bijdrage aan de bescherming van het milieu.

Voor zonnecollectoren en PV installaties geldt :

Omdat de collectoren en PV installaties overwegend op daken worden gemonteerd, zijn afmeting en oriëntatie op het zuidoosten tot zuidwesten bepalend voor een goede opbrengst. De opbrengst van PV panelen bedraagt bij optimale opstelling ongeveer 100 – 130 kWh/jaar/m². De opbrengst van zonnecollectoren bedraagt netto ca 1,4 – 1,6 GJ per m² per jaar.

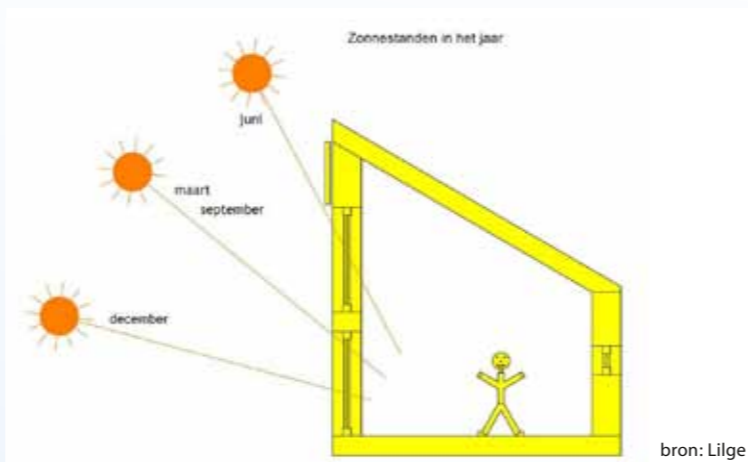
Passief:

Passief gebruik van zonne-energie werkt anders, namelijk bijna zonder techniek. De korte golf lengte – het licht – kan b.v. voor verlichtingsdoeleinden worden ingezet. Wanneer de zonnestralen op een vaste massa terechtkomen, ontstaat straling met lange golven – de temperatuur van de massa neemt toe en de massa gaat zelf langgolelige warmtestraling uitzenden in de ruimte. Deze warmte kan het gebouw verwarmen, wanneer de zonnestraling door de ramen het huis binnendringt. Men spreekt dan van interne warmte winst door de zon. Hoe diep de straling in de ruimten kan dringen, hangt sterk af van de plaatsing van de ramen en de stand van de zon. Deze varieert al naargelang de tijd van het jaar (in de zomer max. 65° en in de winter max. 18° boven de horizon) en het uur van de dag. Al deze aspecten kunnen bij de planning van een gebouw worden meegenomen. Dit geldt in het bijzonder voor de verschillen tussen de jaargetijden: In de winter is de zon welkom. Het is de bedoeling dat de zon ver de kamers in schijnt. Dan moet de warmte in het huis worden gehouden. Dat wordt bereikt door moderne ramen met meervoudige beglazing, gevuld met inerte gassen, en warmte reflecterende coatings. In de zomer is daarentegen directe zonnestraling juist ongewenst. Vooral goed geïsoleerde passiefhuizen moeten met een goede bescherming tegen zonlicht worden uitgerust. Daarbij zijn er verschillende mogelijkheden: dakoverstek, zonweringen, rolluiken.



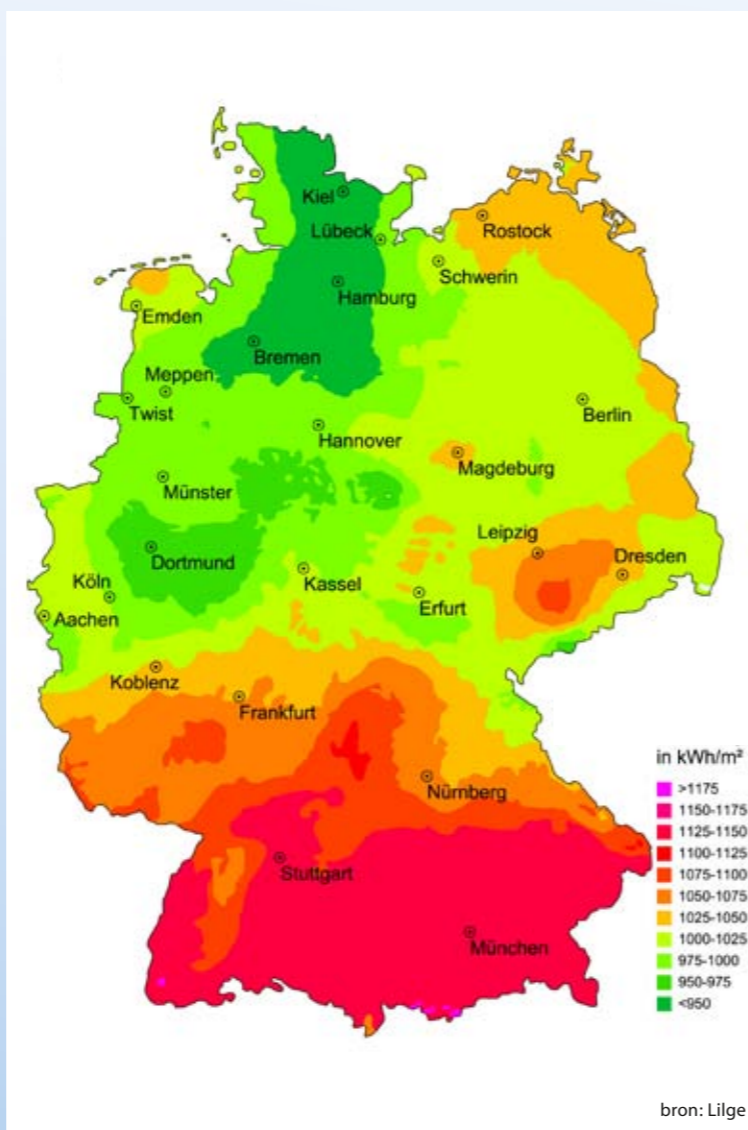
bron: Lilge

Gebruik van zonlicht middels PV en zonnecollectoren



Zonnestand over het jaar

bron: Lilge



bron: Lilge

Gemiddelde globale straling Duitsland

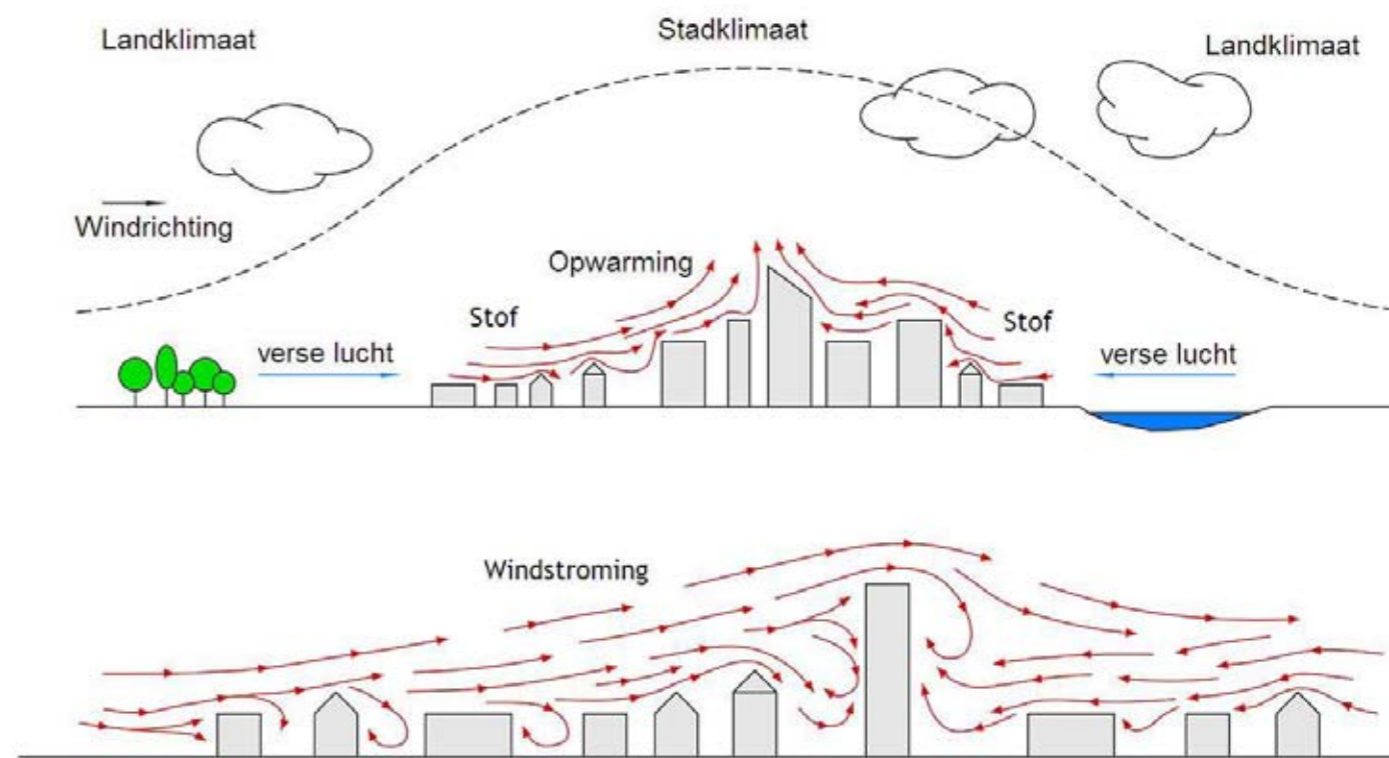
Een intensieve bescherming tegen de zon is niet alleen op het zuiden noodzakelijk, maar ook vertrekken op het westen en zuiden moeten zonwering hebben, omdat ook de morgen- en avondzon in de zomer voor veel warmte kan zorgen.

2.3 Wind

De hoofdwindrichting en de windkracht zijn afhankelijk van de regio, de topografie en de morfologie van de omgeving van het gebouw. In Nederland bedragen de gemiddelde windsnelheden in het westen op de bodem ca. 1,8 km/uur en in het oosten ca. 0,8 km/uur, waarbij de wind uit west- tot zuidwestelijke richting komt. De wind wordt afgeremd door de vegetatie en de bebouwing: op 100 m hoogte bedraagt de gemiddelde windsnelheid in het noordwesten al bijna 2 km/uur. Extreme windsnelheden van 200 km/uur komen daar voor.

Wind en luchtkwaliteit

Om te zorgen voor een natuurlijke lucht beweging – vooral in sterk bebouwde stedelijke gebieden – wordt gezorgd voor luchtcorridors in de hoofdwindrichting – vaak door gebruik te maken van open ruimten, verkeersterreinen, dalen of rivieren. Heel problematisch is de luchtkwaliteit in grote steden – bijvoorbeeld in de regio Rotterdam. Dit is relevant en hiermee moet rekening worden gehouden. Ook is de mate van luchtverversing en infiltratie afhankelijk van de windsnelheid en -richting.



bron: Lilge

Windstroming in de gebouwde zone

Veel luchtverversing en infiltratie betekent ook ongewenst warmteverlies in de winter. Hoe hoger de luchtsnelheid, des te groter het drukverschil is tussen de loef- en lijzijde van de woning, en dus hoe sterker dit effect is.

Wind en natuurlijke ventilatie en infiltratie

Met al deze voorwaarden wordt rekening gehouden en in het ontwerp optimaal meegenomen. Bij de ontwikkeling van dergelijke natuurlijke ventilatieconcepten zijn vooral de heersende windrichting en de daaruit resulterende overdruk en onderdruk van belang. Dan kan men het gebouw zodanig oriënteren, dat de wind gericht wordt benut voor de gewenste natuurlijke ventilatie in de zomer. Ventilatie dwars door het huis heen in de richting van de wind, is in de zomer het effectiefst. Ook bij passiefhuizen is het energiebesparend wanneer de luchtinlaat zich aan de windzijde bevindt (overdruk), terwijl de uitstroombopening aan de lijzijde (onderdruk) ligt.

Wind kan vooral bij een vochtig oppervlak zeer veel warmte aan het gebouw onttrekken. Om een gebouw te beschermen tegen afkoeling door de wind, kunnen de gevels worden begroeid of bomen in de heersende windrichting worden geplant. De reductie van de windsnelheid heeft daarbij een positief effect op de warmtebehoefte van een gebouw (3% minder warmtebehoefte bij verlaging van de windsnelheid met 3,6 km/h).

De begroeiing dient in de winter zijn blad te laten vallen zodat de zon de gevel in de winter juist wel bereikt en verwarmt.

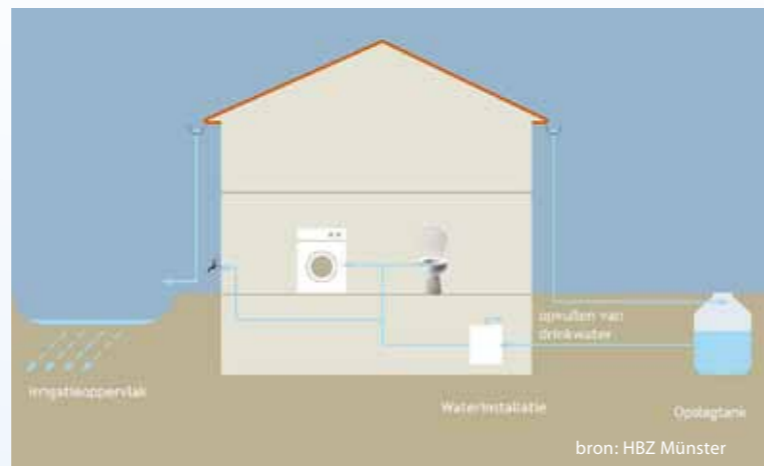
2.4 Regenwater

Voor zover het niet om warmteterugwinning gaat, is de omgang met water in een gebouw niet specifiek van belang voor het energieverbruik van een passiefhuis. Wel zijn er natuurlijk algemene duurzaamheidsaspecten die men in het oog zou moeten houden.

Het steeds meer afsluiten van grond door gebouwen en wegen zorgt ervoor dat er steeds minder regenwater in de grond kan komen en dat de hoeveelheid water in hoofdrielen en sloten juist groter wordt. Om deze pieken in de afvoer van het hemelwater af te vlakken kan infiltratie worden toegepast, b.v. via vijvers of ondergrondse infiltratie. Ook regenwateropslag voor gebruik in huis of tuin vlakken de pieken in de regenval af.

Of besparing van water in een land met veel neerslag als Nederland zinvol is, wordt verschillend beoordeeld. Wanneer je kijkt naar duurzaamheidsaspecten is het echter zinvol om zuinig om te gaan met drinkwater. Daarbij is het gebruik van zogenaamd grijs water een van de mogelijkheden om drinkwater te besparen. Daarbij wordt het afvalwater van de wasmachine, douche, wasbak en badkuip na een biologische reiniging gebruikt voor het doorspoelen van de WC.

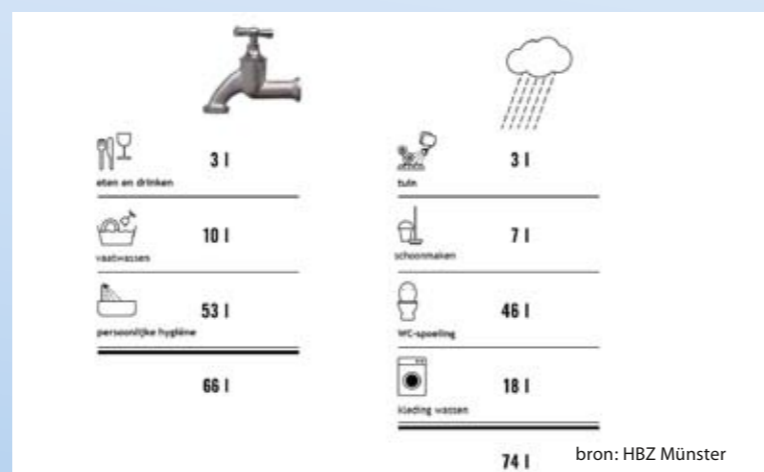
Er kan in een huishouden wel een besparing van 38% water worden bereikt door gebruik te maken van recycling en hergebruik. Kostenbesparing, warmteterugwinning en een lagere belasting van de RWZI's zijn de drie grote voordelen van grijs water.



Benutting van regenwater



Regenwateropslag



Effectief gebruik van regenwater bespaart meer dan 50% drinkwater



3. TOPOGRAFIE

3.1 Omgeving

Wie een gebouw wil ontwerpen moet rekening houden met de omgeving. Het gaat hier om factoren als

- Klimaat
- Landschap
- Topografie
- Omgeving met gebouwen
- Verkeer en infrastructuur
- Energieaanbod en energie infrastructuur ter plekke

Deze factoren beïnvloeden het ontwerp van een woning- al naargelang de situatie – soms sterk. Hoe het energieaanbod en energie infrastructuur ter plaatse is, is voor het ontwerp en uitvoering van passiefhuizen van bijzonder belang.

Wat dat betreft is er bijvoorbeeld een duidelijk verschil tussen stad en platteland: in dichte stedelijke agglomeraties kan de energie-efficiency door infrastructuur (gas/stadsverwarming) worden verbeterd. Het platteland is qua energievoorziening soms moeilijker, hoewel een zeer groot deel van de plattelands-woningen in Nederland is aangesloten op aardgas en elektriciteit

De drie hoofdvragen qua energie van een gebouw zijn:

- Hoe dichtbevolkt is de omgeving van het gebouw?
- Gaat het om een nieuw huis of een bestaand huis?
- Gaat het om een gr bestaand gebouw?
- Wat is de gemiddelde gebouwhoogte?

Energie en bevolkingsdichtheid

Wanneer men het energieverbruik per hoofd van de bevolking van verschillende steden vergelijkt, is er een interessant fenomeen te zien: er is een duidelijk verband tussen bevolkingsdichtheid en energie-efficiency. Dicht bevolkte steden verbruiken wel 8 keer minder energie dan dun bevolkte gebieden. Dit effect is echter alleen tot 75 personen/ha te zien. Bij meer dan 150 personen/ha is nog maar een geringe besparing mogelijk, omdat dan andere energieverbruikers in belang toenemen (b.v. de noodzaak van een lift).

Nieuwbouw en energie

In principe is daarom dicht op elkaar bouwen in de nieuwbouw energetisch gezien juist. De resultaten vallen echter tegen wanneer men (te) veel stapelt. De energiebehoefte van een gebouw neemt toe met de hoogte. Hoge gebouwen stellen hogere eisen aan de stabiliteit.

Dit zorgt voor een kleiner te benutten woonoppervlak en heeft ook meer in bouwmaterialen gebonden energie tot gevolg. Ook de toegankelijkheid (b.v. lift) of ventilatie zorgt voor extra verbruik van ruimte en energie.

Conclusie: energiebesparende nieuwbouw dient niet al te hoog maar wel vrij dicht op elkaar te worden gebouwd.

Bestaande gebouwen en energie

80% van de investeringen in de bouwsector vinden plaats in bestaande gebouwen. Daar is ook het grootste potentieel voor energiebesparing. Aangezien de kwaliteit van de bestaande gebouwen, afhankelijk van de ouderdom, energetisch vrij sterk afwijkt van hedendaagse gebouwen – vooral passiefhuizen – kan het energieverbruik sterk worden verminderd door renovatie. Bij woongebouwen kan de energie, die nodig is voor de verwarming, bij een renovatie wel met een factor 10 worden verlaagd, b.v. van 200 kWh/m²/jaar (gemiddelde waarde bij bestaande gebouwen) tot op of onder de passiefhuis norm van 25 kWh/m²/jaar – de passiefhuisnorm voor renovatiebouw is namelijk 25 kWh/m²/jaar. Hiervan bestaan ondertussen al een aantal voorbeelden. Natuurlijk kan niet elk oud gebouw, afhankelijk van de structuur, de kwaliteit en de kosten, zo sterk verbeterd worden. Wel zijn er zijn tal van voorbeelden die duidelijk maken dat het in principe mogelijk is.

3.2 Bodem- en gebouwstructuur

De zonnestrallen worden door de bodem opgenomen. De bodem warmt hierdoor op – en koelt overigens tijdens de nacht weer af door uitstraling. De bodem is door de massa en de vochtigheid een efficiënte buffer. Omdat dieper in de grond het hele jaar door dezelfde temperaturen heersen en de onderlinge temperaturen worden geëgaliseerd, kunnen ook op schaduwvrije plaatsen warmtepompen worden ingezet voor de verwarming. Omdat warmtepompen met lage afgifte temperaturen en met LTV warmte afgiftesystemen zoals vloerverwarming werken, zijn warmtepompen heel geschikt voor sterk geïsoleerde passiefhuizen.

3.3 Vegetatie

Wanneer er al vegetatie is, moet deze net als de omringende gebouwen worden meegenomen voor wat betreft de beschaduwing en wind. Wanneer er nog geen vegetatie is, kunnen bomen en struiken worden geplant voor bescherming tegen de wind en in de zomer zorgen voor verkoeling.

Gevelgroen

Gevelgroen biedt vooral in steden, waar een gebrek aan groen heerst, grote mogelijkheden. Daarbij is gevelgroen niet alleen een esthetische component, maar kan ook een beschermende functie hebben. Daarom kan gevelgroen juist, ook wanneer dit niet gangbaar is, zeker ook bij heel moderne en energetisch zuinige gebouwen worden toegepast.



Compacte bouwwijze



Wonen op het platteland, pendelverkeer in de stad



Verdichte bouwwijze

Energetische voordelen van gevelgroen:

- extra geluidsbescherming en warmte-isolatie
- bescherming van de gevel tegen regen en wind en temperatuurschommelingen
- Planten produceren zuurstof, nemen CO₂ op, binden stof: beter microklimaat

Een passiefhuis heeft schaduw nodig in de zomer. Deze kan zowel op een natuurlijke wijze worden verkregen – door loofbomen en gevelgroen als op een kunstmatige manier – als door zonwering. Juist in een passiefhuis moet oververhitting in de zomer worden voorkomen.

De reductie van de windsnelheid is ook interessant, omdat dit koeling door wind in de winter kan voorkomen: de warmtebehoefte van een gebouw is b.v. al ca. 3% lager wanneer de windsnelheid met 3,6 km/h (= 1 m/s) gereduceerd wordt.



Wonen op het land – de wens van velen



Groene façaden in de stad



Groene gevel

4. GEBOUW

4.1 Oriëntatie

Met de juiste oriëntatie van het gebouw ten opzichte van de zon kan men de energie-efficiency fundamenteel verbeteren. De zon als kosteloze, ononderbroken energieleverancier, kan al naargelang de locatie, heel veel energie leveren. De zonne „winst“ is afhankelijk van de hoek van het invallende zonlicht, het aantal uren zonneshijn, de intensiteit en van het uur van de dag en het jaargetijde. Het zou ideaal zijn wanneer de belendende gebouwen geen schaduw veroorzaken.

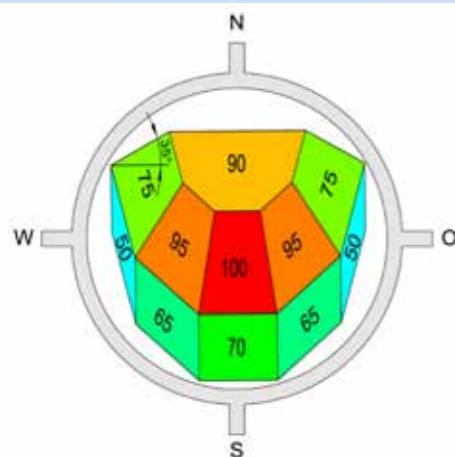
In ons land zou de volgende oriëntatie zinvol zijn: voor de winter kan de hoeveelheid gewonnen zonnewarmte worden verhoogd door de belangrijkste vertrekken op het zuiden te richten. De nevenvertrekken die minder of helemaal niet verwarmd moeten worden, kunnen aan de noordzijde worden geplaatst. In de zomer is de situatie andersom. Om te hoge temperaturen tegen te gaan, moet de zon worden afgeschermd.

Zonnecollectoren en PV panelen die op een dak op het zuiden worden aangebracht, kunnen de zonnestrallen optimaal benutten.

Met behulp van CAD programma's en modellen kan men een analyse van het gebouw maken, waarbij ook de omgeving en de individuele omstandigheden worden meegenomen.

4.2 A/V verhouding

Bij de A/V verhouding gaat het om de verhouding tussen het oppervlak van de schil en het volume. Daarbij geldt: hoe groter de verhouding tussen schil (A) en volume (V) van een gebouw is, hoe hoger het energieverbruik is. Daarom moet er worden gestreefd naar een zo klein mogelijke waarde. De kubus is bijvoorbeeld een compacte, in de bouw toepasbare bouwvorm.



bron: Lilje

Benutting van zonstraling (in %) afhankelijk v.d. oriëntatie

4.3 Daglicht

Door goed gebruik te maken van het daglicht kan elektriciteit voor de verlichting worden bespaard. Hoeveel daglicht er nodig is, is afhankelijk van de vorm van het vertrek, van de oriëntatie, van de plaats en van de grootte van de ramen. Daarmee speelt de gevel met de optimale plaatsing van ramen een grote rol bij het ontwerp van een passiefhuis. Hierbij kan daglichtsimulatie goede diensten leveren. Voor een betere verdeling van het daglicht kunnen kleinere diepten van het vertrek (kleiner dan 5 m), of kamerhoge vensteropeningen – indien mogelijk – voor voldoende daglicht zorgen. Ook sturende maatregelen, een goede verdeling van licht met voldoende zonwering en bescherming tegen verblinding, zorgen voor een hoge lichtkwaliteit in het huis. Lichtkwaliteit is zeer belangrijk voor de menselijke beleving van woningen en gebouwen.

4.4 Ventilatie

Een gebouw wordt luchtdicht ontworpen om ongecontroleerd warmteverlies en tocht tegen te gaan. Toch is luchtverversing van 25 tot 30 m³ per persoon en uur noodzakelijk, om een goed zuurstof- en kooldioxidegehalte van de lucht te kunnen waarborgen. Dat kan niet conventioneel door luchten worden bereikt wanneer het gebouw voor de rest luchtdicht is. Daarom moet een passiefhuis worden uitgerust met een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Bij de mechanische luchtverversing van een gebouw met geïntegreerde warmteterugwinning wordt warmteverlies voorkomen. Bij deze ventilatie wordt de lucht uit de kamers gezogen, maar voordat deze het huis verlaat wordt de binnenkomende lucht verwarmd. Dit proces wordt warmteterugwinning (WTW) genoemd. Bij goed functionerende installaties blijft 90% van de warmte behouden. De aangezogen buitenlucht kan bovendien eerst via een aardwarmtewisselaar op tenminste 0°C verwarmd,

type gebouw	bovenaanzicht	aanzicht	A / V	type gebouw	bovenaanzicht	aanzicht	A / V
vrijstaand huis 1 woonunit 1 etage			1,0	3-onder-1-kap / rijwoning 1 woonunit 2 etages			0,53
vrijstaand huis 1 woonunit 2 etages			0,76	2-onder-1-kap / rijwoning 2 woonunits 2 etages			0,50
vrijstaand huis 1 woonunit 2 etages			0,70	rijwoning 1 woonunit 2 etages			0,43
vrijstaand huis 1 woonunit 1 etage			0,60	rijwoning 1 woonunit 2 etages			0,40
vrijstaand huis 1 woonunit 2 etages			0,60	flat 1 woonunit 1 etage			0,20

bron: Lilje

A/V verhouding verschillende gebouwtypes

wordt dan door de warmtewisselaar geleid en verder verwarmd. Op deze manier kan vorstschade worden voorkomen. Bovendien kan de aardwisselaar de lucht eerst koelen in de zomer..

In welke mate een technisch systeem een ventilatiesysteem met warmteterugwinning effectief en efficiënt is, hangt van de volgende factoren af:

- Onderhoud en reparaties
- Elektrotechniek (ventilatoren, c.q. compressoren en regeltechniek)
- Investerings in de installatie
- Luchtdichtheid van de woning/het gebouw
- Gedrag van de bewoners (openen van ramen en deuren)

4.5 Energieopwekking

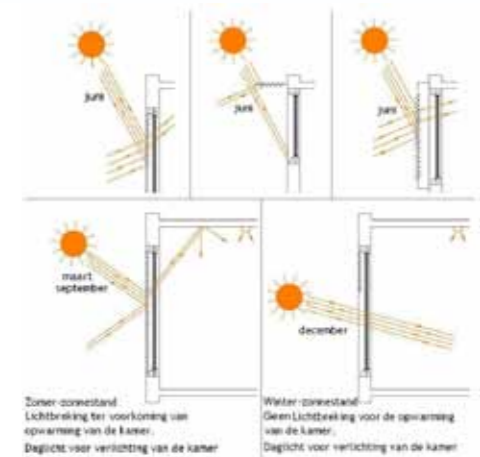
Gebouwen met een juiste oriëntatie van het dak zijn geschikt voor het winnen van zonne-energie. Daarnaast kan de vorm van het gebouw zo worden gekozen dat optimaal gebruik kan worden gemaakt van het zonlicht en kunnen verliezen worden geminimaliseerd. Dat noemt men passieve zonne-architectuur. De benodigde resterende energie kan door een actief zonnenergiesysteem worden geleverd.

Ter ondersteuning van de CV kunnen zonneboilers worden ingezet. Deze techniek wordt vooral in de nieuwbouw toegepast. Het principe berust op zonnecollectoren die een medium, meestal water, verwarmen. De gewonnen warmte kan zowel voor het verwarmen van het warm tapwater (douche, bad, keuken)r alsook voor ondersteuning van de ruimteverwarming worden ingezet. De keuze van de onderdelen en de onderlinge afstemming zijn doorslaggevend voor een optimale werkwijze.

Een installatie voor zonnecollectoren met warm water bestaat uit de volgende onderdelen:

- collector
- kringloop met pomp, expansievat en veiligheidsklep
- regelaar
- buffer met warmtewisselaar, toevoer van koud water en een afvoer van warm water
- CV ketel of warmtepomp voor bijverwarmen, met bijbehorende regelaar

De collector kan het best op een hellend vlak op het zuiden worden gemonteerd. De helling dient tussen 30° en 60° te liggen en kan ook op het zuidoosten tot zuidwesten worden gemonteerd.



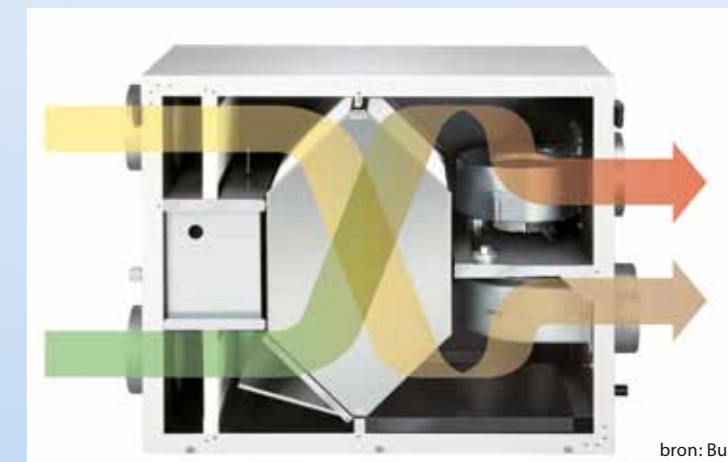
bron: Lilje

Strategieën voor de benutting van zoninstraling



bron: Buderus

Systeemhuis



bron: Buderus

Principeschema WTW

5. ZONERING

5.1 Gebruik, flexibiliteit

Het begrip gebruikszonering wordt duidelijk aan de hand van twee types gebouwen uit het verleden:

Traditionele boerderijgebouwen: de functie van de stal

Hierin bevinden zich de volgende zones:

De stal was onderverdeeld in een deel en twee aan de buitenzijde liggende vleugels.

De vleugels waren uitgevoerd als open stalling, die een bufferzone naar de buitenlucht vormden. In de winter waren deze vleugels een warmtebron, in de zomer stond het vee in de weide en de stal werd geventileerd.

De slaapvertrekken bevonden zich aan het einde van de vleugel, op deze wijze werden het vee en het vuur als warmtebron benut. Een leemplafond in het woonvertrek beschermde de bewoners tegen de koude en reguleerde de luchtvochtigheid.

Experimenteel woningtype: „het groeiende huis“

Het idee van een schilvormig groeiend huis werd in 1931 door architect Martin Wagner ontwikkeld. De plattegrond ziet eruit als een ui. De buitenste laag wordt gevormd door multifunctionele (bij)vertrekken, deze vormen een bufferzone rondom de hoofdvertrekken.

De buitenste schil wordt gevormd door een glazen gevel, die de energieruimte vormt. Deze werkt als zon- c.q. warmtebuffer en dient ook als bescherming tegen wind en lawaai. De thermische bufferzone wordt op het noorden gerealiseerd door een ruimte die een sluis vormt.

5.2 Zonering van de plattegrond

Hieronder verstaat men de indeling van de plattegrond. De indeling van een gebouw wordt aangepast aan de eisen en het gebruik. Deze kan bijvoorbeeld speciaal worden ingericht op het gebruik van zonne-energie. Daarbij zijn de volgende punten van groot belang: de oriëntatie, het gebruik van daglicht en de ruimtelijke indeling. Het energiegebruik van een gebouw is afhankelijk van de thermische zonering, want alleen door een goede indeling is optimale benutting van de zonne-energie mogelijk.

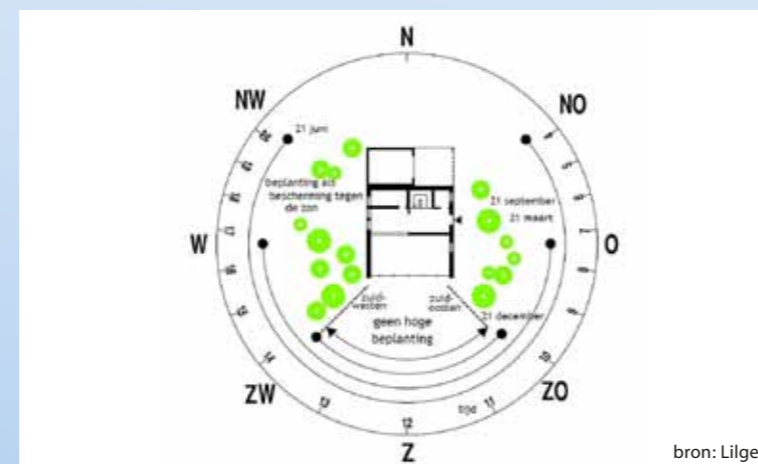
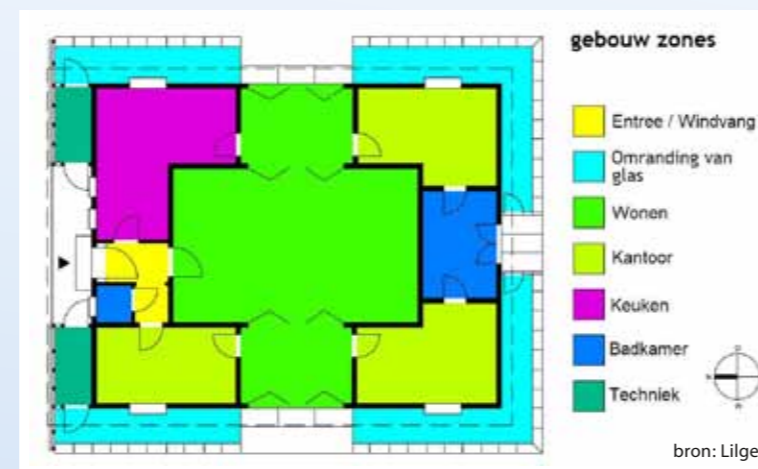
5.3 Doorsnede zonering

Hierbij wordt het gebouw in verticale stroken bekeken; wel gelden dezelfde uitgangspunten als bij de zonering van de plattegrond. Het doel is energie op te slaan, en om verliezen zoveel mogelijk te voorkomen. Uitgangspunt is de doorsnede van het gebouw. De zonering streeft naar een hoogkwalitatieve randzone om de inpandige verdiepingen.

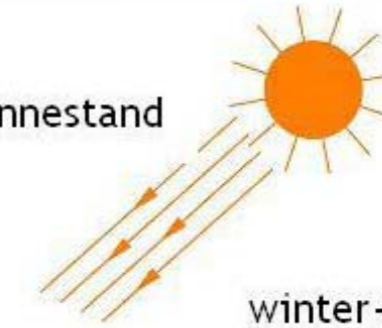
Voorbeeld: zolderkamers

Niet ingerichte zoldervertrekken dienden vroeger als ruimte om te drogen en vormden een zinvolle klimatologische buffer. Wanneer deze ruimte tot een zolderkamer wordt omgebouwd, ontstaat een energetisch en klimatologisch moeilijk te beheersen ruimte. In de winter zijn deze vaak te koud, in de zomer daarentegen te warm.

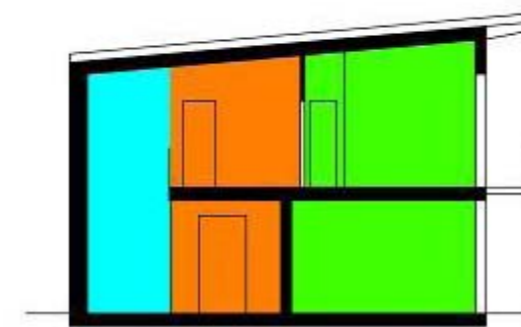
Bij de planning gaat het er ook om de klimatologische zones in het gebouw te optimaliseren, zodat verschillend gebruik mogelijk is.



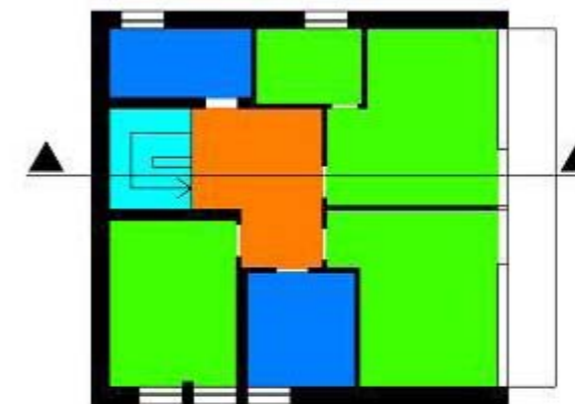
zomer-zonnestand



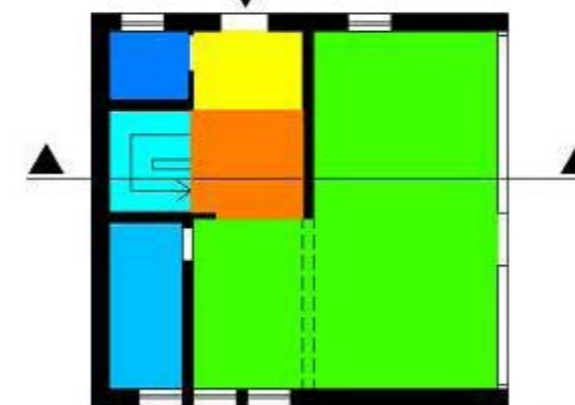
winter-zonnestand



doorsnede gebouw



plattegrond eerste verdieping



plattegrond begane grond

gebouwzones

entree / windvang

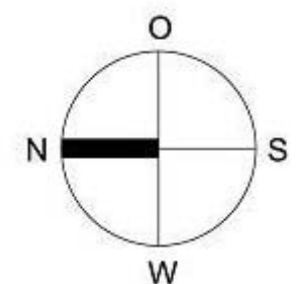
hal

trappenhuis

wonen

badkamer

techniek



bron: Lilge



Passiefhuis in houtskeletbouw

bron: HBZ Münster

6. DRAGENDE CONSTRUCTIE

6.1 Metselwerk

De keuze van de materialen voor een massieve constructie wordt bepaald door constructieve eisen en milieu-invloeden. Tegenwoordig dient zodanig te worden ontworpen, dat er een constructie ontstaat die bij voorkeur uit te recycleren materiaal of uit hernieuwbare materialen bestaat. Bij de zoektocht naar materialen en constructies is het zinvol om ook te kijken naar traditionele bouwwijzen, omdat vroeger vaak met materiaal gewerkt werd dat ter plaatse beschikbaar was. De energetische besparingen op transport en logistiek door regionaal beschikbare materialen moeten niet onderschat worden

Gevelisolatiesysteem

Een typisch bouwsysteem voor passiefhuizen is het gevelisolatiesysteem. Dit is principieel een constructie met twee lagen, een aan de binnenzijde liggende massieve muur en een isolatielaag aan de buitenkant met daarop een stuclaag. Door de isolatielaag van ca. 30 cm die bij passiefhuizen toegepast wordt, wordt een goede isolatie bereikt (tot wel $R_c=10 \text{ M}^2\text{k/W}$). Er zijn overigens isolatiematerialen die een R_c waarde van 10 reeds bereiken bij 20 cm dikte. De dragende muren worden door een ononderbroken isolatielaag omhuld. Daardoor worden warmte-

bruggen voorkomen en bovendien wordt de dragende constructie beschermd tegen thermische spanningen. Tevens fungeert deze massa als een goede thermische buffer. Het huis moet luchtdicht zijn. Dit wordt bereikt door een stuclaag (binnenzijde).

Er kan ook worden gewerkt met een massief houten constructie, b.v. met balken, massief hout en gelamineerde planken. De constructie van de dragende muren bestaat uit massieve houten profielen. Omdat hout als materiaal op zich zelf niet toereikend is voor de hedendaagse isolatie-eisen, moet de constructie worden voorzien van een extra isolatielaag of van een muurconstructie met twee lagen. Zowel de R_c waarde van de schil als de luchtdichtheid moeten tijdens en na de bouw worden gecontroleerd.

6.2 Skeletbouw

Hiervoor wordt hout meestal als bouw materiaal gekozen. Terwijl de muren relatief dun zijn, wordt toch een heel goede isolatie bereikt. Industriële prefab elementen zorgen voor kostenbesparing. Duurzame grondstoffen hebben het voordeel dat er maar heel weinig primaire energie voor hoeft te worden ingezet. Een

belangrijk nadeel van skeletbouw is de mindere geluidsbescherming. Dit speelt vooral bij rijwoningen, geschakelde bouw en gestapelde bouw. Het kan worden tegengegaan door massieve lagen aan de binnenzijde en scheidingswanden die uit meer lagen bestaan. Verder moet op een zorgvuldig ontwerp en realisatie worden gelet.

Houtskeletbouw

Met hout wordt als constructiemateriaal wordt verschil gemaakt tussen houtpaneelbouw en houtskeletbouw. De houtstaander-/houtpaneelbouw wordt het meest toegepast. Door het prefab systeem en variabele mogelijkheden, is het een voordelige methode.

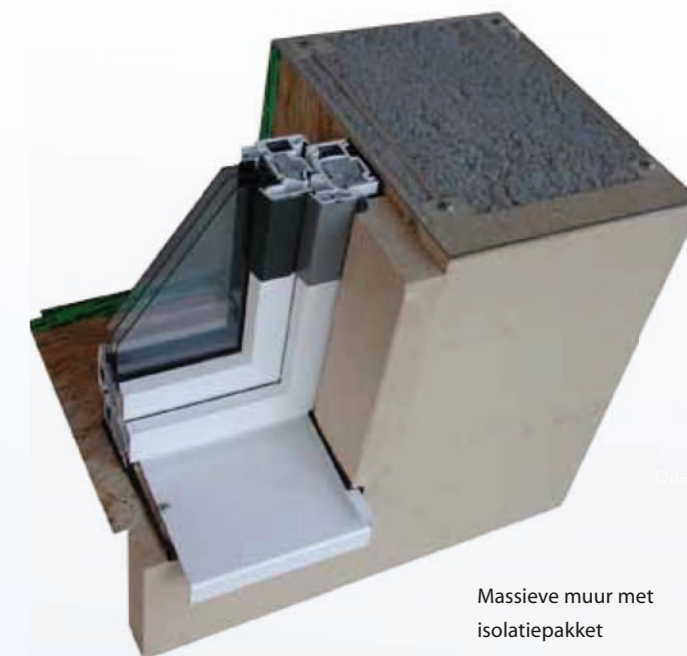
Het skelet wordt door dragende houten balken gevormd, die van platen worden voorzien. Door de isolatie in de tussenruimten aan te brengen, kan de wanddikte beperkt blijven. Het vereiste lage energieniveau van een passiefhuis wordt bereikt door t.o.v. elkaar verschoven isolatielagen. Houtskeletbouw komt voort uit de aloude vakwerkbouw. De dragende constructie wordt door houten elementen gevormd. Door gebruik te maken van gelijmd hout en stalen verbindingen kunnen tegenwoordig ook heel fijne en hele grote rasters worden gerealiseerd. De gevel heeft geen dragende functie, waardoor er veel mogelijkheden qua vormgeving zijn. De stevigheid wordt door plafondplaten en diagonale versterkingen in de muur gewaarborgd. Om de isolatie te waarborgen en aansluitvoegen te voorkomen, vormt de gevel een winddichte laag om de dragende constructie heen. De elementen worden prefab geleverd en hoeven alleen nog maar te worden gemonteerd. Op deze manier kan de benodigde bouw tijd op de bouw kavel kort worden gehouden.

6.3 Hybride bouw

Dit type hoort bij skeletbouw. De dragende delen bestaan uit beton en de lichtere onderdelen uit hout. Door gebruik te maken van beton voor de dragende constructie kan de brandweerstand worden verbeterd. Het hout dient voor de scheidingswanden en een goed geïsoleerde schil.

6.4 Buffermassa

Door massa te gebruiken als warmtebuffer kunnen thermische zones worden gevormd. Door deze zones kan het gebouw in de zomer door het opnemen van warmte de temperatuur afvlakken. 'S nachts wordt deze warmte weer afgegeven. In de winter bufferen de massieve onderdelen de warmte en geven deze als dat nodig is weer af. Ook de interne warmte kan worden gebufferd. Dit alles draagt bij aan een aangenaam binnenklimaat. Voor het bufferen van warmte zijn vooral de eerste 10 cm massieve muur belangrijk. Daarom zijn verlaagde plafonds geen goede buffer, in tegendeel, zij belemmeren het achterliggende plafond warmte op te slaan.



Massieve muur met isolatiepakket



bron: Brüggemann

Houtskeletbouw



bron: Liège

Massieve bouw – muur met isolatie-kozijnbouw



Hybride bouwwijze met hout/beton vloeren als thermische buffer

bron: Lilge



In de gevel geïntegreerde zonnecollectoren

bron: Wagner-Solar



Warmtebuffer

bron: Lilge

7. GEBOUWSCHIL

7.1 Het energieconcept van de schil

Het omhulsel van het gebouw dient voor bescherming tegen regen, wind, vochtigheid, zonnestralen en wisselende temperaturen. Naast het aanzien van een gebouw is ook het energieverbruik afhankelijk van de schil. Belangrijk zijn hier de isolerende eigenschappen van de dichte schil, evenals de – passieve – benutting van binnenkomend zonlicht door de ramen. Er moet ook rekening worden gehouden met de energie die nodig is voor het fabriceren van de schil en met de levensduur. Om ervoor te zorgen dat er een energiezuinige schil is, dient een uitvoerige analyse van de locatie te worden gedaan.

Het ontwerp van efficiënte gebouwen moet rekening houden met de dragende constructie en de schil van het gebouw. Bij een passiefhuis van het massieve type heeft de schil ook een dragende functie; maar ook los van de dragende functie zijn voorzetgevels denkbaar. Vooral transparante delen worden bijna altijd gescheiden van het dragende gedeelte gerealiseerd. Niet alleen de bescherming tegen warmte in de winter, maar ook de bescherming tegen oververhitting in de zomer speelt een wezenlijke rol.

Voor de functionaliteit van het gebouw in de winter moet de schil zeer goed worden geïsoleerd. Toch kunnen ook in de win-

ter grote ramen op het zuiden warmte opvangen. Voor de functionaliteit van het gebouw in de zomer is het daarom van belang de zonnestralen van de schil te weren. Dit geldt vooral voor de ramen. Dit kan door zonwering aan de buitenzijde worden bereikt.

Met een energiezuinige schil bereikt men het finale doel: het gewenste binnenklimaat met een minimale energie-inzet. Een verdere verlaging van de energiebehoefte kan door de integratie van actieve zonne-energiesystemen in de schil worden bereikt, zelfs tot en met energieneutraliteit. Het energieconcept voor een schil moet al in het eerste ontwerp worden meegenomen.

7.2 Gesloten oppervlakken

De gesloten oppervlakken aan een woning of gebouw leveren de grootste bijdrage aan de isolatie. Om een maximaal effect te garanderen is een sterke zeer goede isolatie noodzakelijk. Afhankelijk van het materiaal kan deze wel cm 40 dik zijn. Volgens de passiefhuisstandaard moet tenminste een Rc waarde van 6,5 m²K/W worden bereikt, onafhankelijk van het type bouw, de constructie en de soort isolatie. Er kunnen alle gangbare natuurlijke of gerecyclede isolatiematerialen worden gebruikt.

De isolatie van een gebouw hangt af van het gekozen materiaal. Daarbij wordt de warmtetransmissie van een materiaal door de geleidingscoëfficiënt (W/m^2K) weergegeven. Door transmissie, straling en convectie kan warmte worden getransporteerd. Hoe lager de geleidingscoëfficiënt van een materiaal is, hoe minder warmte verloren gaat. De effectiefste isolatie wordt met stilstaande lucht bereikt, voorwaarde is wel dat er geen circulatie plaatsvindt. Lichte organische en anorganische materialen met veel kleine poriën zijn daarom bijzonder geschikt als isolatiemateriaal

In steden, met hoge grondprijzen, is het raadzaam het grondverlies van dikke isolatie mee te wegen in de totale (exploitatie) kosten. Toepassing van duurere materialen met een hoge Rc waarde kunnen dan per saldo goedkoop zijn.

7.3 Transparante oppervlakken, ramen, deuren

Door glas kan daglicht worden benut, energie in het gebouw worden gebracht en een verbinding met het buitenterrein worden gelegd.

Ramen verliezen in vergelijking met muren veel meer warmte. Moderne ramen (U-waarde tussen 0,4 en 0,7 W/m^2K) bestaan uit twee, drie of nog meer lagen, die aan de rand geheel afgesloten zijn en met een inert gas gevuld zijn. Echter, met transparante

oppervlakken wordt ook nuttige warmte gewonnen, met name in de winter en in het voor- en naseizoen. Goed geïsoleerde vensters hebben daarom op het zuiden, westen en oosten een positieve bijdrage aan de energiebalans van de passief woning.

Wanneer glas over tenminste één warmte-isolerende coating beschikt, noemt men dit HR glas. Een dergelijke coating wordt op het glas aangebracht en zorgt voor betere isolerende en geluidswerende eigenschappen. Voor passiefhuizen is drievoudig glas met edelgas vulling vereist (HR+++)

7.4 Luchtdichtheid

Om warmteverliezen door tocht en infiltratie te voorkomen moet een efficiënte schil luchtdicht worden uitgevoerd. Bij luchtdichte huizen moeten wel preventieve maatregelen worden getroffen om vochtschade te voorkomen. Bij stenen muren wordt luchtdichtheid bereikt door stuc aan de binnenzijde. Bij skeletbouw wordt dit bewerkstelligd door folie en kleefbanden. Of een gebouw luchtdicht is, kan worden getest met een blower-door-test. Om te zorgen voor voldoende verse lucht moet bij een passiefhuis gebruik worden gemaakt van een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning.

7.5 Koudebruggen

Koudebruggen zijn plaatsen waar meer warmte ontwijkt dan op een plek met een Rc waarde volgens ontwerp. Vooral bij aansluitingen van onderdelen, kanten, hoeken en doorlaten is er meer warmteverlies. Bij een passiefhuis moeten zulke warmteverliezen zoveel mogelijk worden voorkomen. Koudebruggen zijn niet alleen wat betreft een hoger energieverbruik problematisch, maar kunnen ook gemakkelijk tot vochtschade en schimmelvorming leiden.

Men maakt een verschil tussen geometrische en constructieve koudebruggen. Met het eerste worden b.v. buitenhoeken bedoeld; het buitenoppervlak is hier groter dan het binnen oppervlak. Constructieve koudebruggen ontstaan meestal door een ondeskundige uitvoering en een onderbreking van de isolatie, uitsteeksels en doordringende onderdelen. Vooral bij renovatiebouw zijn koudebruggen zeer moeilijk te vermijden.

Hoe beter de isolatie, hoe groter de invloed van koudebruggen. Dat kan in het meest ongunstige geval leiden tot het wegvallen van het effect van de isolatie. Geometrische koudebruggen kunnen niet geheel worden voorkomen. Met een zorgvuldige constructie en met veel aandacht voor details kunnen deze geometrische koudebruggen zoveel mogelijk worden voorkomen. Bij een passiefhuis veroorzaken zij vanwege de – toch nog – relatief hoge Rc waarde van de koudebruggen ook vrijwel geen schade. Het rekenkundige uitgangspunt van koudebruggen levert de koudebrug-coëfficiënt Ψ . Deze beschrijft de hoeveelheid extra warmte in Watt, die de koudbruglocatie per meter lengte en per Kelvin temperatuurverschil transporteert. Wanneer de koudebrug-coëfficiënt $>0,01 W/m^2K$ bedraagt, moet deze in de warmtebalans worden meegenomen.

7.6 Bescherming tegen de zon

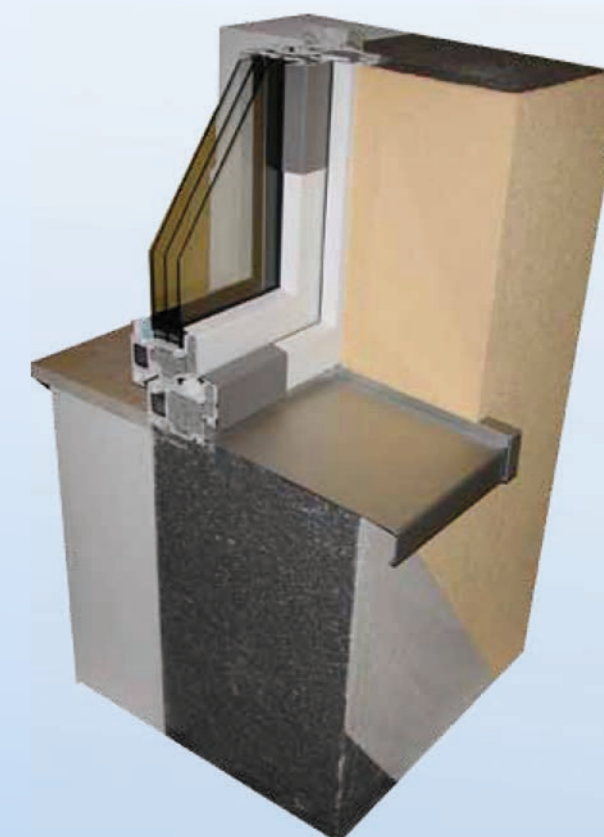
De buiten aangebrachte zonwering voorkomt oververhitting van het gebouw in de zomermaanden. Grotere ramen – in het bijzonder ramen op het zuiden, oosten of het westen gericht zijn, dienen te worden afgeschermd. Alleen door een buiten aangebrachte zonwering kan oververhitting worden voorkomen, omdat de zonnestrallen het gebouw dan niet binnen komen. Overigens kan oververhitting ook – mede- worden voorkomen door het toepassen van nachtventilatie. Dit is vooral effectief als er een redelijk grote thermische massa beschikbaar is.

Flexibele zonwering, zoals vouw-, schuif- en rolgordijnen of lamellen bieden bescherming tegen de warmte in de zomer en laten in de winter de welkome zonnestrallen binnen. Ook vaste en een stuk naar buiten uitstekende zonwering is effectief, omdat de laag staande zon in de winter wordt binnengelaten, terwijl een hoogstaande wordt afgevangen. Slimme beplanting van de kavel kan ook bijdragen aan bescherming tegen warmte in de zomer.



bron: Lilge

Blower-Door-Test opsteking

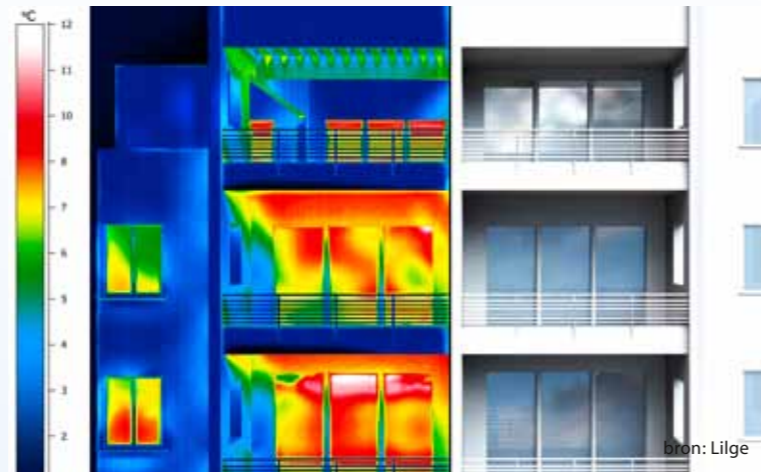


Kozijninbouw voor optimale daglichtinval



bron: Lilge

Balkons als zonwering voor op zuid gerichte ramen



Thermografie en foto van een gevel

bron: Lilge

8. AFBOUW

8.1 Flexibiliteit

Omdat het gebruik en de eisen aan een gebouw kunnen veranderen, is het van groot belang te zorgen voor een grote flexibiliteit. Om deze flexibiliteit voor een ander – toekomstig – gebruik te bereiken, dient het gebruikaspect al tijdens het ontwerp en bij de keuze van de constructie te worden meegenomen. Structuren van een gemetseld gebouw met kleine en moeilijk te veranderen vertrekken zijn minder goed dan loftachtige vertrekken met een grote overspanning, die gemakkelijker anders ingedeeld kunnen worden.

Variatiemogelijkheden zijn b.v.: het verbinden en scheiden van woonunits of voorbereidingen voor drempelvrij wonen voor senioren. Het is raadzaam al aan het begin van het ontwerp toekomstige gebruik scenario's door te spreken om doelen en flexibiliteit vast te leggen.



Flexibele ruimteindeling

bron: Lilge

8.2 Buffermassa

Buffermassa is noodzakelijk voor een uitgebalanceerd en aangenaam klimaat. Oververhitting en kortstondige afkoeling van het gebouw moet worden voorkomen. De industrie levert daarom moderne materialen met „Phase Change Materials“: b.v. PCM-muurbekleding. Dit bestaat uit 1 tot 6 cm dikke platen, die over een hoge warmtecapaciteit beschikken. PCM-platen behoren tot de passieve buffers en kunnen in een faseovergang van vast naar vloeibaar warmte opslaan. Deze dragen ertoe bij dat in een bepaald temperatuurspectrum een oververhitting of kortstondige afkoeling van het gebouw wordt voorkomen. Deze kunnen worden geïntegreerd in bouwmaterialen zoals gipskarton, stuc of plafonds. Er kan hetzelfde thermische effect als van een 20 cm dik betonnen plafond worden bereikt.



Vaste zonwering

bron: Lilge



Zonwering van een glazen gevel door lamellen

bron: Lilge



Binnenzonwering

bron: Lilge

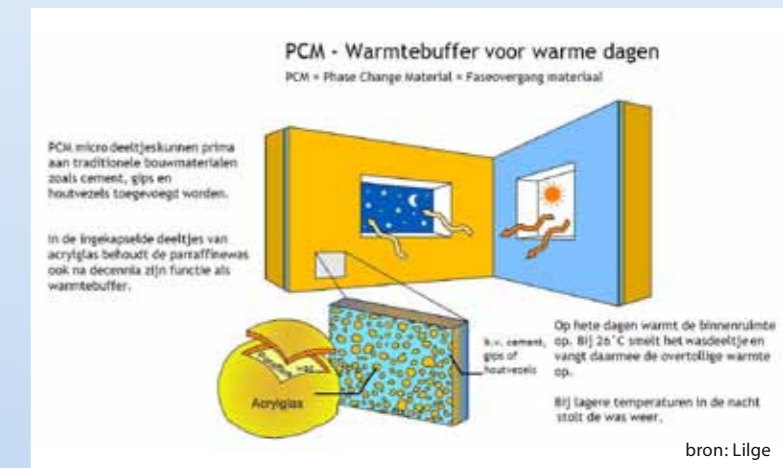


Zonwering door lamellen aan de gevel

bron: Lilge



bron: Lilge



PCM

bron: Lilge

9. VRIJSTAANDE EN GEKOPPELDE HUIZEN QUA TYPE VERGELEKEN

Het is een goede zaak om bewezen typen gebouwen en woningen kritisch te onderzoeken en verder te ontwikkelen. Vrijstaande, gekoppelde en gestapelde huizen worden vergeleken. Daarbij wordt speciaal gekeken naar energetische en gebruiks-criteria.

Bij de vergelijking van vrijstaande met gekoppelde en gestapelde typen zijn duidelijk meetbare verschillen te zien. Het uitgangspunt is steeds een vergelijkbaar volume en dezelfde oriëntatie van de woning. Vrijstaande huizen hebben relatief gezien een slechtere A/V verhouding en een groter raamoppervlak. De thermische verliezen en de specifieke verwarmingsbehoefte zijn veel hoger dan bij rijtjeswoningen. Voordelen van vrijstaande types zijn meer daglicht en de te gebruiken vrije ruimte rondom het huis. Echter is hiermee een groter kavel gemoeid, waardoor de grondkosten hoger zijn



bron: Kalksandstein Sonnensiedlung, Esslingen

Geschakelde passiehuizen

10. SAMENVATTING, BLIK IN DE TOEKOMST

De vele rampen in de laatste jaren laten ons duidelijk zien hoe belangrijk de bescherming van ons ecosysteem is. Een zesde van de wereldbevolking is verantwoordelijk voor al het gebruik van energie en delfstoffen en is daarmee hoofdveroorzaker van het broeikaseffect. Door innovatieve systemen – zoals de hier beschreven ontwikkeling van passiehuizen – kan het klimaat positief worden beïnvloed, bronnen worden gespaard en het milieu worden ontzien. De bouwwijze van passiehuizen met de daarin vastgelegde energetische optimalisatie is een stukje van de weg die we moeten afleggen om onze verantwoordelijkheid te nemen.



bron: Fotolia

Zonder commentaar

11. BIBLIOGRAFIE

- www.r-m-a-architekten.de
- www.fairpla.net, Internationale Genossenschaft für Klima Energie und Entwicklung
- www.solaranlagenlange.de, Solar Anlagen
- www.dena.de, Deutsche Energie-Agentur
- www.kfw.de, www.kfw-foerderbank.de, KFW-Förderprogramme
- www.bafa.de, BAFA-Förderprogramme
- www.ea-nrw.de, Energie Agentur NRW
- www.solaranlagen-portal.de, Preisvergleiche von Photovoltaik und Solarthermie Anlagen
- www.passiv.de, Passivhaus Institut
- www.solarserver.de, Internetportal für Sonnenenergie
- www.solaranlage.de, Fachportal für Solarenergie
- www.enbausea.de, Energetisch Bauen und Sanieren Info: Passivhaus, EnEv, Solar
- www.sonnewindwaerme.de, Solar Zeitschrift, große Solar-Firmen Sammlung
- www.geothermie.de, Alles über Geothermie
- www.gd.nrw.de, Geologischer Dienst NRW
- www.wohnungs-lueftung.de, Bundesindustrieverband Deutschland, Energie- und Umwelttechnik
- www.eurosolar.de, Europäische Vereinigung für Erneuerbare Energien
- www.u-wert.net, Online U-Wert Rechner
- www.ebitsch-energietechnik.de, PV Anlagen Online Rechner, PV Module
- www.energieeffizienz-dortmund.de, Energie Plus Haus – Klimaschutz 2020
- <http://www.youtube.com/watch?v=cCkf-KR8e-A>
- <http://www.icdubo.nl/search/node/passief>
- www.pasiefbouwer.nl
- www.mijnpassiefhuis.nl
- www.multicomfort.nl
- <http://www.youtube.com/watch?v=INR6Gdqq4p4>
- www.passiefhuis.nl
- www.trecodome.nl
- www.duurzaamgebouwd.nl
- www.passiefhuis-roosendaal.nl
- www.passieve-woning.nl
- www.mnaarenergieneutraal.nl
- www.passiefbouwen.nl
- www.4green.nl

Bouwen zonne-energiebeurzen:

- www.bau-muenchen.com, Weltleitmesse für Architektur – Materialien – Systeme, München
- www.bautech.com, Internationale Fachmesse für Bauen und Gebäudetechnik, Berlin
- www.ecobaulive.de, Fachmesse, Köln
- www.deubau.de, Internationale Baufachmesse, Essen
- www.shkessen.de, Fachmesse Sanitär – Heizung – Klima – Erneuerbare Energien, Essen
- www.light-building.com, Fachmesse Licht & Gebäudetechnik, Frankfurt

producenten:

- www.wuerth-solar.de, PV Hersteller
- www.schueco.com, PV Hersteller
- www.brillux.de, Wärme Dämm Verbund System (WDVS)
- www.sto.de, Wärme Dämm Verbund System (WDVS)
- www.brinkclimatesystems.de, Brink, Lüftung, Wärmerückgewinnung (WRG)
- www.aerex.de, Aerex, Lüftung, Wärmerückgewinnung (WRG)
- www.efficiento.de, Effiziento, Lüftung, Wärmespeicher, Wärmepumpe
- www.paul-lueftung.net, Paul, Lüftung, Wärmerückgewinnung (WRG)
- www.tecalor.de, Tecalor, Lüftung, Wärmerückgewinnung (WRG), Solar
- www.stiebel-eltron.de, Stiebel Eltron, Lüftung, Heizung
- www.zehnder-systems.de, Zehnder, Lüftung, Wärmerückgewinnung (WRG)



bron: Holzbau Brüggemann

WAT BETEKENT EEN PASSIEFHUIS?

Het principe van een passiefhuis is: „warmteverliezen vermijden en warmtewinsten optimaliseren“.

Daarvoor is het volgende noodzakelijk:

- extreem goed geïsoleerde schil
- voor passiefhuis geschikte ramen (HR+++)
- vermijden van koudebruggen
- zeer luchtdichte buitenschil
- passief gebruik zonne-energie
- ventilatiesysteem met warmte-terugwinning

DEZE BROCHURE BEHOORT TOT EEN REEKS VAN 5 BROCHURES.

De andere brochures gaan over volgende thema's



De brochures staan op de internetpagina van het project.
Gedrukte exemplaren zijn bij de projectpartners verkrijgbaar.

PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“:

WWW.PASSIVHAUS-EUREGIO.EU

CONTACT:

HANDWERKSKAMMER MÜNSTER (LEAD PARTNER)
KOMPETENZENTRUM BAU UND ENERGIE

www.demozentrum-bau.de

Gesamtprojektleitung: Sabine Heine

sabine.heine@hwk-muenster.de

FACHHOCHSCHULE MÜNSTER

msa/münster school of architecture

www.fh-muenster.de/fb5, Professor Reichardt

SAXION, ENSCHEDE

www.saxion.nl/leefomgeving

Mede mogelijk gemaakt door:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Industrie, Mittelstand und Handwerk
des Landes Nordrhein-Westfalen



provincie Overijssel



**DEZE BROCHURE IS EEN PRODUCT VAN HET
COÖPERATIEVE PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“**



**HANDWERKSKAMMER MÜNSTER
KOMPETENZZENTRUM BAU UND ENERGIE**



**SAXION, ENSCHEDE
KENNISCENTRUM LEEFOMGEVING**



**FACHHOCHSCHULE MÜNSTER
msa/münster school of architecture**

