
Technische brochure III

De energie besparende passiefhuis-techniek



isorast®
Energiebewust bouwen

Vertaling (2010) uit het Duits van "Das isorast-System" uit april 2003 met een oplage van 50.000 stuks.

Bron:

isorast[®] GmbH
Im isorast-Wohnpark 30
D-65232 Taunusstein-Hambach
Duitsland
Telefoon: +49 (0) 6128 95260
Fax: +49 (0) 6128 73823
E-mail: isorast@t-online.de
Website: <http://www.isorast.de>

Vertaler en copyrighthouder:

isorast[®] BeNeLux
W.G.J. Bos MSc
Alexandre Lecocqsingel 36
NL-3543 JE Utrecht
Nederland
Telefoon: +31 (0) 647 828 900
Fax: +31 (0) 84 8338 99
E-mail: info@isorast.eu
Website: <http://www.isorast.eu>

Copyright © 2010 isorast BeNeLux

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag zonder bronvermelding en schriftelijke toestemming van isorast BeNeLux worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door print-outs, kopieën, of op welke andere manier dan ook.

Disclaimer

Hoewel bij het gereedmaken van deze vertaling en de inhoud van de 4 isorast technische brochures de grootst mogelijke zorgvuldigheid wordt betracht kan er geen garantie worden gegeven met betrekking tot de juistheid of nauwkeurigheid van de in deze uitgave voorkomende gegevens, details, informatie of meningen, noch met betrekking tot de geschiktheid daarvan voor enig doel of situatie of enige toepassing. Er kan geen beroep worden gedaan, om welke redenen dan ook, op de in deze uitgave voorkomende gegevens, informatie of meningen.

Bepaalde verwijzingen in deze technische brochures kunnen voeren naar bronnen die door derden worden bijgehouden en waarover isorast Benelux geen zeggenschap heeft. Isorast Benelux draagt dus ook niet de verantwoordelijkheid voor de nauwkeurigheid of enig ander aspect van deze informatie.

Isorast Benelux is aanvaardt geen enkele aansprakelijk voor eventuele schade, verliezen of andere gevolgen die direct of indirect zouden kunnen voortvloeien door het gebruik van de in deze uitgave voorkomende gegevens, informatie of meningen. Daarnaast bestaat altijd de mogelijkheid dat bepaalde informatie na verloop van tijd verouderd is of niet meer juist is. Aan het gebruiken en of toepassen van deze informatie kunnen dan ook geen rechten worden ontleend.'

Isorast Benelux is een handelsnaam van isoplan BV en is ingeschreven bij de KvK Utrecht-Gooi onder nummer 32118755

Inhoudsopgave

1.	De energiesparende passiefhuis techniek	4
1.1	Klimaatverandering en koolstofdioxide	4
1.2	Geschiedenis passiefhuis	6
1.3	Wat is een passiefhuis?	10
1.4	Bericht van een bezoeker van Darmstädter passiefhuizen in November 1996	10
1.5	Warmteverlies en warmtewinning	11
1.6	De omhulling	12
1.7	Raambeglazing	15
1.8	Raamkozijnen	16
1.9	Centrale installatie	18
1.10	Ventilatie in een passiefhuis	19
1.11	Verwarming in de passieve huis	21
1.12	Thermografie	23
1.13	Leven in een Passiefhuis	24
1.14	Rekening houden bij de planning van een passiefhuis met:	25
1.15	literatuur	27
1.16	Bouwkosten	27
1.17	Gebruikskosten	27
2.	Het isorast dakisolatiesysteem	29
2.1	Maatvoeringstekeningen	30
2.2	technische gegevens	31
2.3	Verwerking zonder isolatie tussen de sporen	31
2.4	Verwerking met isolatie tussen de balken	35
2.5	Dakbeëindigingen	36
2.6	Roostertrap	37
2.7	Stormzekerheid	37
2.8	Thermische bruggen	38
2.9	Luchtdichtheid	39
3.	Isorast vloersysteem.....	39
4.	Het isorast trappen systeem.....	40
4.1	Treevormen	41
4.2	Ontwerpvarianten.....	42
4.3	Gegevens.....	44
4.4	Minimumvereisten voor residentiële trappen volgens DIN 18065.....	44
4.5	Geluidsisolatie.....	44
4.6	Zwevend betonneren.....	45
4.7	Werkvolgorde	46

1. De energiesparende passiefhuis techniek

1.1 Klimaatverandering en koolstofdioxide

Als men verder kijkt dan zijn neus lang is, dan wordt de beslissing voor een bouwproject nog op basis van andere criteria vastgesteld dan alleen op de korte termijn kosten. Figuur 2 toont de ontwikkeling van het broeikasgas koolstofdioxide (CO₂) in de atmosfeer: De stijging van de laatste 30 jaar heeft dezelfde lijn als de stijging van de 200 jaar daarvoor.

"Bij constante toename van het energieverbruik zal waarschijnlijk het CO₂ gehalte in de atmosfeer verdubbelen. Hieruit berekend men een globale opwarming van de atmosferische grenslaag van 1,5 - 3 °C. Een stijging van de globale temperatuur met reeds 0,1 °C kan bijvoorbeeld de klimatologische woestijn grens 50 – 100 km verplaatsen." (23)

"Zonder tegengaande maatregelen zijn ingrijpende veranderingen te verwachten, met name een herverdeling van de neerslag zones en een stijging van de zeespiegel van 65 cm tegen het jaar 2100." Citaat uit (24)

hoofdoorzaak

De koolstofdioxide-emissie wordt veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen.

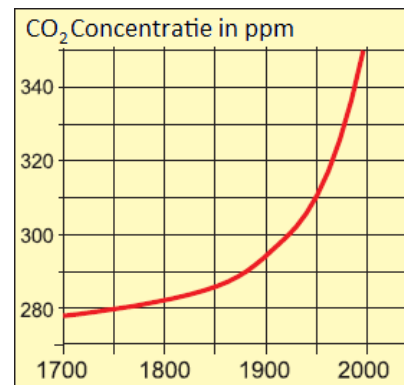
- 90% van de door het huishouden veroorzaakte CO₂-emissie ontstaat door de verwarming en warmwater bereiding.

Als men bouwers en projectontwikkelaars wijzen op de mede verantwoordelijkheid voor het milieu en een beroep doet op energiebesparing, dan is het meestal niet bekend, welke essentiële bijdrage zij kunnen leveren aan het terugdringen van vervuiling:

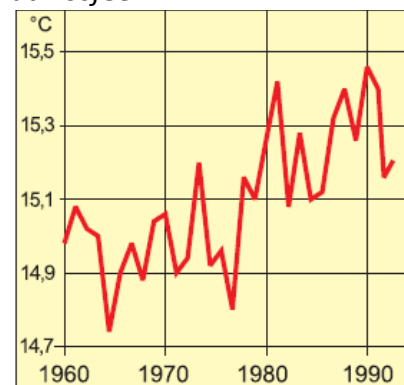
- Een eengezinswoning met 140 m² verwarmde oppervlakte, die net voldoet aan de eisen van de nieuwste energiebesparende voorschriften, veroorzaken alleen al tijdens het verwarmen van het huis een gemiddelde emissie van 2.7 ton koolstofdioxide in het jaar.
- Het is reeds bekend, dat bij het verbranden van een kilo bruinkolen 4 kg CO₂ ontstaat, bij een kilo steenkool 3,3 kg, bij een liter lichte stookolie 2,7 kg en zelfs bij het milieuvriendelijke aardgas toch nog 1,85 kg CO₂ per m³.



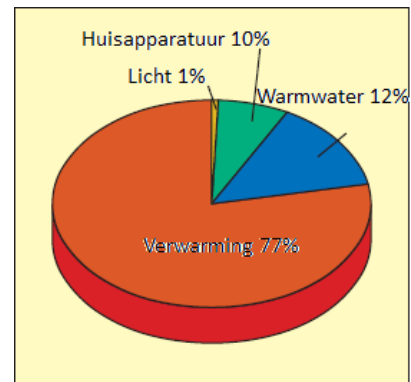
Figuur 1: isorast-passiefhuis-
embleem



Figuur 2: Koolstofdioxide in de
atmosfeer



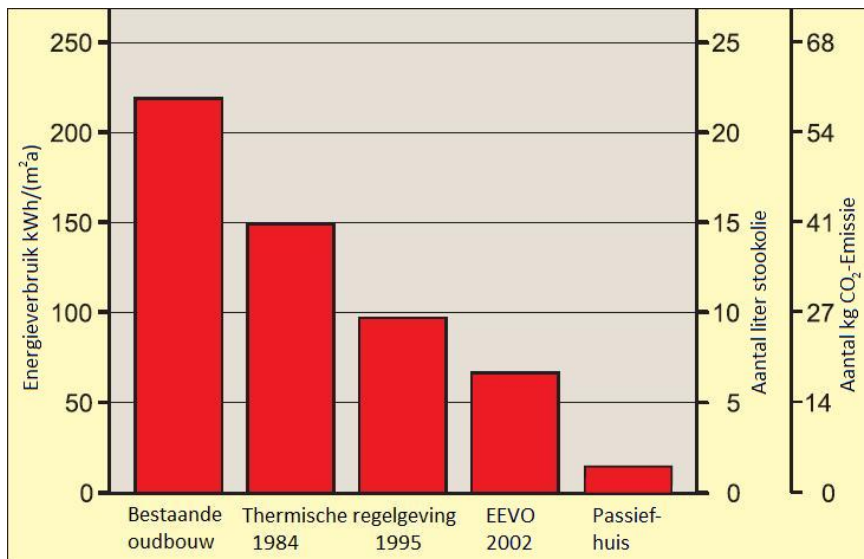
Figuur 3: Gemiddelde temp.



Figuur 4: Energieverbruik
in het huishouden

Hoe ontstaat uit een liter stookolie 2,7 kg CO₂?:

Bij een volledige verbranding van fossiele brandstoffen reageren de brandstoffen koolstof (C) en waterstof (H), ook wel CH-verbindingen met zuurstof (O₂). Waarvan het relatief hoge gewicht voor het eerst waarneembaar is, wanneer een CH-verbinding vloeibaar wordt. Hoe meer koolstofatomen in een CH-verbinding zitten hoe meer zuurstof er nodig is voor een volledige verbranding. Tijdens deze verbranding worden de CH-verbindingen die reageren met zuurstof, omgezet in water (H₂O) en koolstofdioxide (CO₂). In stookolie zitten veel meer koolstofatomen en is bij een volledige verbranding meer zuurstof nodig en ontstaat er veel meer koolstofdioxide dan bij verbranding van gas. Zo ontstaat uit een gewichtseenheid stookolie bijna het drievoudige gewicht van de milieuvriendelijke koolstofdioxide.



Figuur 5

Verbruikssituatie oudbouw (verklaring van figuur 5)

Uit bovenstaande grafiek blijkt, dat een oud gebouw gemiddeld 220 kWh warmte-energie per m² per jaar voor ruimteverwarming gebruikt. Op zijn beurt komt dit overeen met ongeveer 22 liter stookolie of 22 m³ gas verbruik per m² verwarmde oppervlak en dit komt weer overeen met een koolstofdioxide productie van 59 kg per m² per jaar.

Verbruikssituatie nieuwbouw

Zelfs een nieuw gebouw dat aan de huidige Duitse eisen van energiebesparende voorschriften voldoet, veroorzaakt echter nog een koolstofdioxide-emissie van 20 kg/m² per jaar, ofwel 8 m³ gas verbruik per m² verwarmde oppervlak. Geen enkele oudbouw eigenaar kan men voor de emissie gevoelige bouwmethode een verwijt maken, want op dat moment was de milieuschadelijke werking van koolstofdioxide nog niet voldoende bekend. Vandaag de dag zou men een eigenaar mogelijkerwijs een verwijt maken, omdat de problemen voldoende zijn besproken en bekend zijn.

Verbruikssituatie passieve huis van de consumptie

Het doel van de passiefhuis technologie is, naast het reduceren van het energieverbruik, het gebouw grotendeels met "passieve" energiebronnen te verwarmen. Dit zijn energiebronnen die, sowieso beschikbaar zijn, geen verdere koolstofdioxide emissie veroorzaken en ook geen lopende stookkosten hebben. De "actieve" verwarming is tot een minimum gereduceerd en wordt ook slechts enkele weken per jaar gebruikt. Bij een eengezinswoning is dat een geïnstalleerde verwarmingsvermogen van ongeveer 2 kW, vergelijkbaar met het

vermogen van een koffiezetapparaat. Omgerekend zou dit een maximaal verbruik van 15 kWh per jaar per m² verwarmd oppervlak betekenen. Uit Figuur 5 kan men de omvang van de besparingen zien:

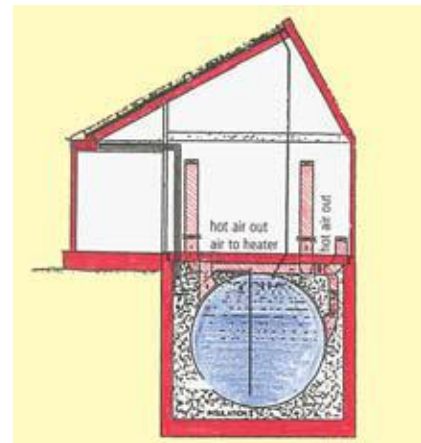
- Een passiefhuis verbruikt ca. 80% minder energie voor verwarming dan een gebouw in de nieuwste energiebesparende regelgeving.
- Al een doorsnee passief eengezinswoning bespaart aan het milieu over een levensduur van meer dan 50 jaar ca. 100 ton koolstofdioxide.

1.2 Geschiedenis passiefhuis

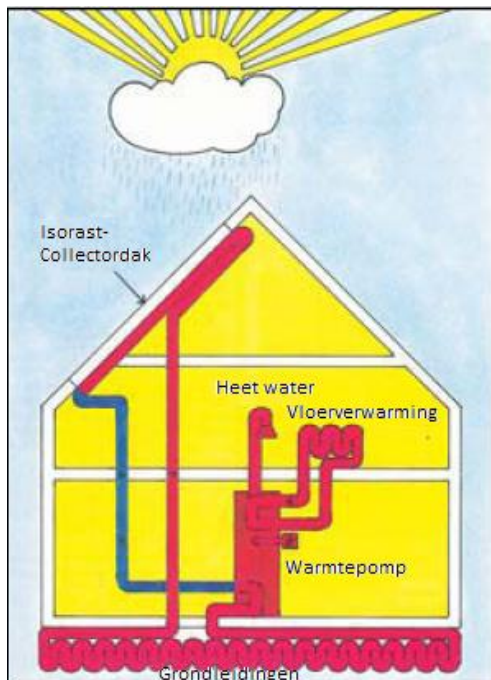
Altijd al waren creatieve architecten gefascineerd door de uitdaging om huizen te bouwen, die zonder buitenstaande verwarmingsbronnen werken.

1965:

De geïllustreerde MIT-huis stond voor een hele generatie uit de jaren 60: Met 38 m² zonnecollectoren en een 66 m³ grote reservoirtank, die 1 m (100cm) dik geïsoleerd werd, wilde men de zomerwarmte tijdens de winter opslaan! Geen van de geconstrueerde objecten functioneerde tevredenstellend of was betaalbaar.



Figuur 6: MIT-huis met watertank



Figuur 7: 1980: isorast-zonnesysteem

1980:

Isorast ontwikkeld een eigen zonnesysteem: Door middel van een dakcollector met glazentegels moet de warmte in de zomer naar de bodem onder de vloer worden gestuurd en dan in de winter supplementair beschikbaar zijn. In de winter ontleemt dan een warmtepomp de energie uit de grond en brengt deze tot een temperatuur van 45 °C. Ongeveer 30 gebouwen werden uitgerust met dit systeem. De grote markt doorbraak bleef uit omdat de technologie te complex was. Conclusie die hieruit getrokken kon worden is dat een toekomstig succesvol zonnesysteem zonder grote technische inspanning te realiseren moet zijn.

1985:

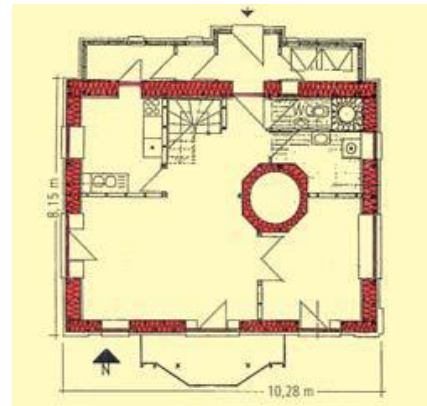
De Duitse bouwfysicus en energiebesparingexpert Wolfgang Feist werd door de toenmalige minister van Milieu Joschka Fischer op het Darmstadt "Instituut voor Wonen en Milieu" benaderd. Onderzoekstaak was, onder meer: "Zijn bijna-nul-energiewoningen in midden Europese breedtegraden haalbaar?"

1988:

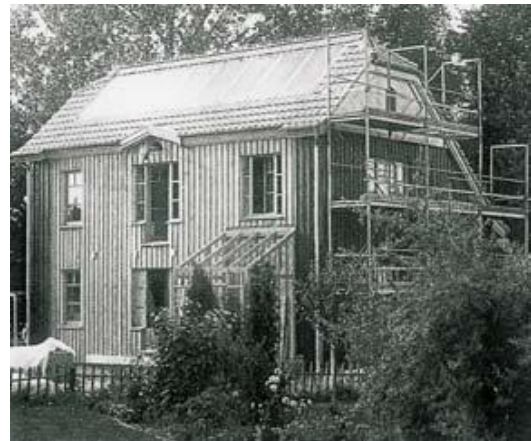
Wolfgang Feist legt de bevindingen van de Zweedse bouwfysica goeroe Prof. Dr. Bo Adamson als basis, die al "bijna-nul-energiewoningen" in India verwerkelijk heeft. Wolfgang Feist ontwikkelde computersimulators, waarmee men berekenen kan, onder welke omstandigheden dergelijke gebouwen ook in onze breedtegraad kunnen functioneren.

1990:

In het verleden werd er meer aandacht besteed aan de energieproductie dan aan de energie besparing. Hierdoor ontwikkelde zich een basis bij een wegwijzend zonnestelsel in een dorp in de buurt van Hannover: De muren waren 30 cm en het dak 40 cm dik geïsoleerd. In het midden van het gebouw plaatste men een 10.000 liter geïsoleerd water reservoir, die de zonnearmte voor verwarming in de winter opslaat. Het zonnehuis was op het juiste weg: Voor het eerst is aangetoond dat het besparen van energie goedkoper is wanneer de energie via de zon wordt geproduceerd. Uiteindelijk mislukte ook hier de uitvoering van verdere gebouwen wegens de technische complexiteit en de hoge kosten.



Figuur 8: Zonnearmtetank



Afb. 1: ...bij een woning in Dörpe.

1993:

De meest revolutionaire zonnegebouwen van de moderne tijd is verbonden met: Het passieve huis in Darmstadt-Kranichstein van Wolfgang Feist.

Waarom zo revolutionair?

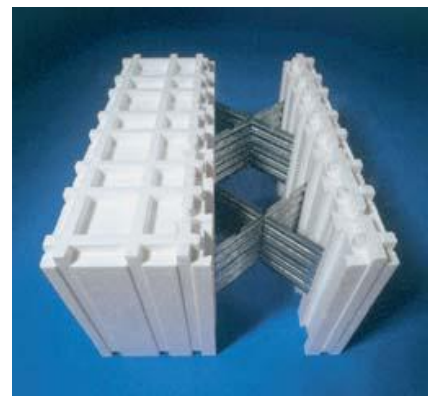
- Voor het eerst was hij geslaagd om een "bijna-nul-energiewoning", met slechts geringe extra kosten te bouwen.
- Voor het eerst was het idee gerealiseerd, om de kosten van het conventionele verwarmingssysteem te besparen.
- Ook heeft zich de kennis vergaard, dat een kleine en eenvoudige restverwarming ecologisch en economisch zinvol is.



Afb. 2: Passiefhuis in Darmstadt

1993:

Isorast biedt voor de eerste keer een isorast-element aan met een U-waarde van $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Een reeks bouwers die met dit product gebouwd hadden maakten later de beschuldiging: "Waarom hebben we eigenlijk zo veel geld geïnvesteerd in een compleet verwarmingssysteem? We gebruiken nauwelijks brandstof. Twee of drie kacheltjes



Afb. 3: Eerste isorast-37,5 cm element

zouden het ook gedaan hebben."

1995:

Wolfgang Feist legt Manfred Bruer zijn passiefhuis idee voor. M. Bruer is onder de indruk van de eenvoud van de techniek. Tegelijkertijd werd duidelijk dat passiefhuizen aanzienlijk goedkoper kunnen worden als de industrie serie producten daarvoor produceert. M. Bruer besloot na dit gesprek, om actief deel te nemen aan het passiefhuis idee en een speciaal kostengunstig wandsysteem daarvoor te ontwikkelen. Dit waren de 37,50cm isorast elementen.

1995:

isorast sponsort voor 100% het boek "Grondslagen van het ontwerp van passiefhuizen" door Dr Feist. Voor de eerste keer werd de gecombineerde kennis in een begrijpelijke vorm samengevat. Dit was de eerste stap voor de omvangrijke verspreiding van het idee.



Afb. 4: De prestigieuze jury bij de presentatie van de ontwerpen: van links naar rechts: Prof. Loeschke, Dr. Feist, Prof. Hauser, Dipl.-Phys. Werner, Prof. Disch, Prof. Laage, Prof. Kahlert, Horst Rasch, Prof Pohl, Prof Hausladen, M. Bruer, Prof Bott, Dr. Siegler

1996:

Het was bekend dat het passiefhuis idee functioneerde bij rijtjeshuizen. Vrijstaande eengezinswoningen waren nog niet gebouwd. Op hetzelfde moment was er het probleem dat de architecten geïnteresseerd waren, maar de stimulatie miste om met het onderwerp mee te gaan. Isorast organiseerde daarom een internationale architectuurwedstrijd, die zich wegens zijn omvang en zijn kwaliteit een van de grootste architectonische wedstrijden ooit werd: Maar liefst 1.400 aanvragen om de kosten te vergoeden op basis van concurrentie werden aangevraagd, 233 architecten en architectuur studenten van de bovenste semesters namen deel, 50 werken werden bekroond.

1997:

isorast presenteert een volledig nieuwe productlijn, die in de 22 jaar ervaring van een marktleider toedoen.

1997:

Het isorast elementen systeem ontvangt de gouden medaille op de tentoonstelling van uitvindingen in Genève. Omdat de uitvinding van de verloren bekistingselementen een van de beste uitvindingen zijn die in de bouw zijn geweest.

1998:

37,50 cm en 43,75 cm isorast elementen behalen als aller eerste wandsysteem het passiefhuis certificaat van het Passiefhuis-instituut.



Figuur 9: 1997: Gouden medaille in Geneve

2000:

Isorast begint met de bouw van eigen passiefhuizen. Het project werd door het federale ministerie van Economie ondersteund en begeleid.

2002:

Ondertussen zijn er al 100 passiefhuizen met de isorast bekistingelementen gerealiseerd.

2003:

De U-waarde van het 37,50 cm element werd verbeterd door het nieuwe BASF materiaal "Neopor" toe te passen, de U-waarde daalt van 0,14 naar 0,12 en wordt daarmee het standaardelement voor passiefhuizen.



Figuur 10: 1998: Passiefhuis certificaat voor de isorast elementen



Afb. 5: 2000: Uitvinder Manfred Bruer bij de bouw van een isorast-passiefhuis

1.3 Wat is een passiefhuis?

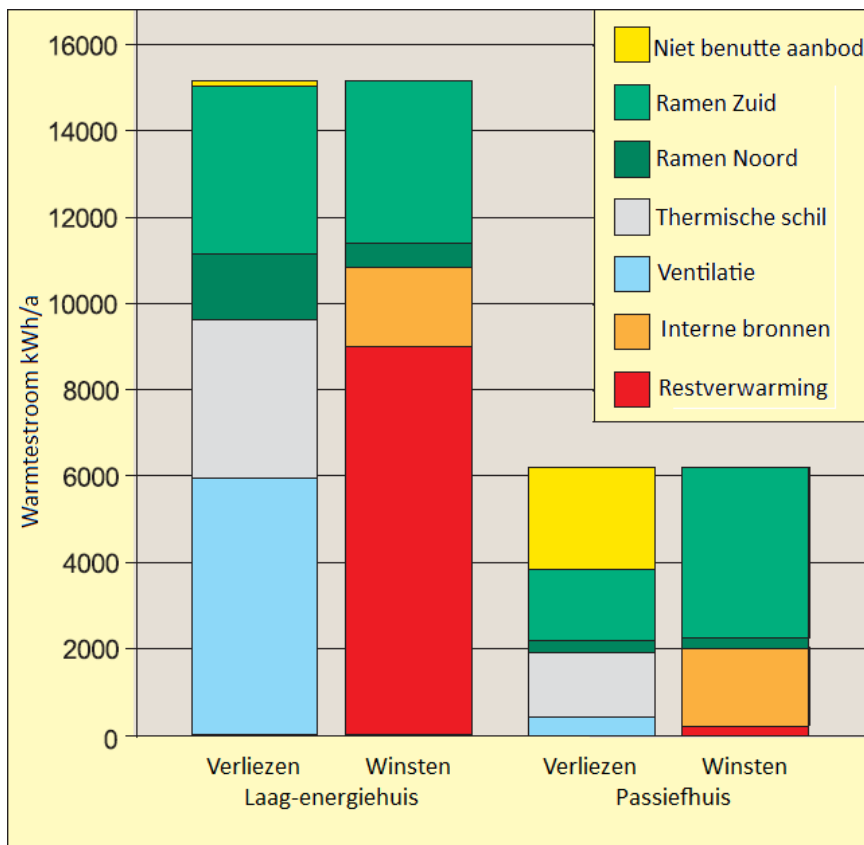
- Een passiefhuis is een gebouw waarin het jaarlijkse verbruik voor verwarming niet meer dan 15 kWh per m² verwarmde woonoppervlakte is.
- Een passiefhuis is een gebouw, dat geen traditioneel verwarmingssysteem nodig heeft.
- Met een passiefhuis wordt de benodigde restwarmte via de luchttoevoer van het toch al geïntegreerde ventilatiesysteem in de ruimtes getransporteerd.



Afb. 6: Gevel in Kranichstein

1.4 Bericht van een bezoeker van Darmstädter passiefhuizen in November 1996

Het was begin november, ijskoud, rond de nul graden. Ik liep samen met een groep bezoekers over de ijzige plassen van de bouwplaat en bevroor, ondanks mijn dikke gevoerde winterjas. In het passieve huis hing vervolgens een gezellige warmte: De thermometer toonde 21 ° C. De gastvrouw verzekerde, dat ze erg kou gevoelig is en dat het altijd goed warm moet zijn in de woning. Een bezoeker ontdekt op dat moment de enige kleine radiator die aanwezig was in de woning, in de veronderstelling dat deze zeker een essentiële warmte bijdrage geleverd had. Maar verre van dat: Hij was niet eens in werking. In het display op de thermostatische afsluiter las men "off". De gastvrouw verzekerde ons dat de verwarming in de tweede helft van het jaar nog niet in werking is geweest. Alle bezoekers schudden hun hoofd en spraken van een wonder ... "



Figuur 11:
Warmtestroombalans
tussen een laag energiehuis
en een passiefhuis

1.5 Warmteverlies en warmtewinning

Figuur 11 geeft het antwoord dat het zogenaamde wonder met een "warmtestroombalans" gemakkelijk kan worden verklaard. Met figuur 11 kan worden nagaan waar die door de bezoekers zo opvallende warmte in november zonder hulp van een verwarming vandaan is gekomen.

Warmteverliezen en -winning bij laag energiehuizen

Zie de twee linker balken in het diagram:

- Verliezen ontstaan door raam ventilatie, bij de transmissie door de muren, door beglazing en raamkozijnen.
- Winning ontstaat zich hoofdzakelijk door de verwarming.
- Essentieel: Ongeveer 40% van de warmte wordt ook bij een laag energiehuis door andere energiebronnen geproduceerd:
- Interne bronnen: Warmte afkomstig van mensen (elk mens geeft bij een lichte inspanning ongeveer 100 Watt aan warmte af), de warmte afkomstig van lampen, de warmte afkomstig van de koelkast, de diepvries, het fornuis en andere huishoudapparaten.
- Bijna een derde van de warmte die nodig is in een laag energiehuis wordt via de ramen geproduceerd. Elk raam werkt als een zonnecollector: Zelfs in diffuus licht, dat door de ramen in de kamer dringt, wordt bij het raken van vaste voorwerpen in warmte omgezet. Deze passieve zonnewinsten zijn bij ramen richting het zuiden in laag energiehuizen ongeveer net zo groot als de verliezen die tijdens de nacht, als er geen zonlicht is, ontstaat.

Warmteverliezen en –winning bij passiefhuizen

Zie de twee rechter balken in figuur 11:

- De interne winsten en zonnewinsten door de beglazing zijn net zo groot als in de hierboven genoemde laag energiehuis, omdat beide huizen identiek zijn in de architectuur.
- Het bepalende verschil ligt aan de verlieskant:
- De ventilatiewarmteverliezen worden meer dan 80 % verminderd, omdat men een hoog intelligente ventilatietechniek gebruikt.
- De transmissiewarmteverliezen van het gebouw zal worden gehalveerd door het gebruik van wezenlijk hogere thermische isolatie en het vermijden van thermische bruggen.
- De verliezen door de beglazing zijn meer dan gehalveerd door de nieuwste glastechnologie.
- De verliezen over het raamkozijn worden door de ontwikkeling van hooggeïsoleerde producten met tweederde verminderd.
- Niet benutte aanbod: Hieronder verstaat men de warmte van de zonnige dagen in de winter die, bij een zo goed geïsoleerd gebouw, ook bij passief huizen, minder genuttigd kan worden en weg geventileerd wordt.
- En nu het alles beslissende verschil: De te produceren warmte (de rode balk in het diagram) ligt bij een passiefhuis bijna tegen de nul, dat omdat de verliezen zo drastisch geminimaliseerd worden.
- Niet energie winning, maar de consequente minimalisering van het verlies is de ziel van het passieve huis. "De meest milieuvriendelijke energie is energie die helemaal

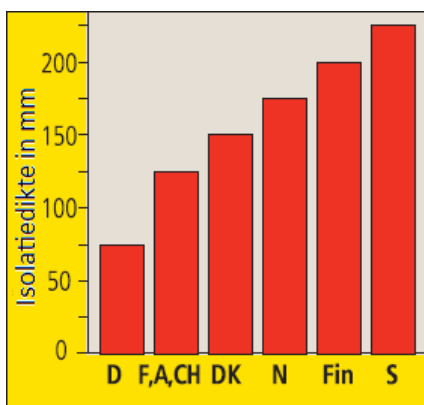
niet nodig is." Daardoor functioneert een passiefhuis ook in de koude en zomer arme gebieden.

Hieronder zal nu een voor een worden beschreven, door welke middelen de verliezen zo drastisch verminderd kunnen worden.

1.6 De omhulling

Delen 1 en 2 van de technische brochures handelen naar een professionele, thermische brugvrije gebouwmhulling. Indien de uitvoeringsadviezen niet gevolgd worden, veroorzaakt dat bij een huis met traditionele verwarming niet meteen tot een merkbaar tekort. Is er een naad niet gesloten of ontstaat er een thermische brug, compenseert de extra toegevoegde warmte het tekort. In een passiefhuis, die bekend staat om slechts een beperkte verwarming, wordt daarentegen de ruimtetemperatuur onbehaaglijk. In een passiefhuis bestaat de drang naar perfectie:

- Het passiefhuis is door de gestelde eisen en door de gedwongen noodzakelijke perfectie, het hoogst mogelijke streven van de bouwtechnologie.



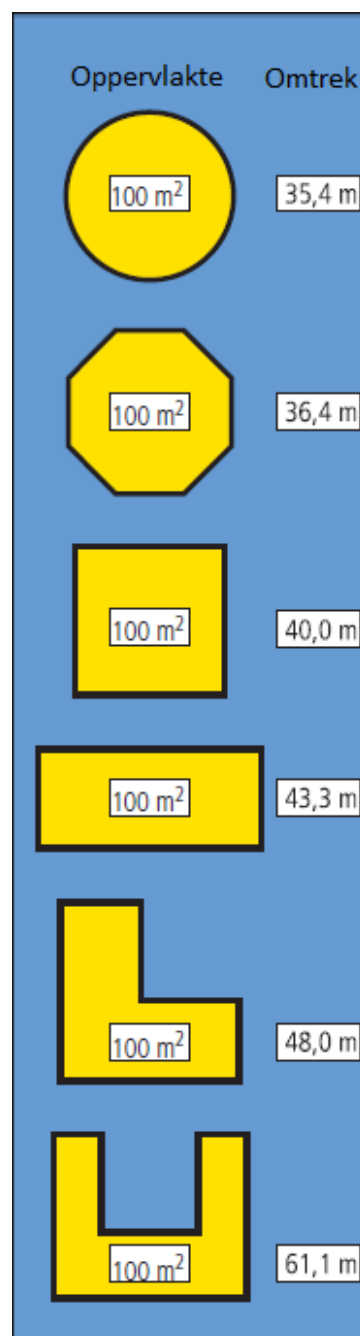
*Figuur 12:
Gemiddelde
isolatiediktes in
verschillende landen*

1. vereisten: Zeer goede isolatie

Buitenmuren van passiefhuizen vereisen U-waarden tussen 0,10 en 0,15. Dit komt overeen met een isolatie dikte van 25-40 cm; voor Duitsland ongewoonlijk, in Noord-Europa is dit vrijwel standaard. Deze eisen zijn met isorast eenvoudig te behalen: De 37,5 cm isorast elementen met een U-waarde van 0,12 zijn ideaal voor rijtjeswoningen, verdiepingsbouw en compacte eengezinswoningen, de 43,75 cm isorast elementen met een U-waarde van 0,10 voor alle andere gevallen.

2. Vereisten: De compactheid

Een passiefhuis moet compact ontwerpen zijn: Hoe minder oppervlakte van de gebouwmhulling voor dezelfde woonruimte nodig is, hoe lager het warmteverlies. Uitkragende erkers en aanbouw binnen de "thermische omhulling" zijn ongunstig. Zij moeten buiten de thermische omhulling aangebracht worden.



Figuur 13: Grondvormen

3. Vereisten: Thermische brug vrij

In de passiefhuis technologie is er een eenvoudige regel om rekening te houden met thermische bruggen:

- Voor de berekening van de warmteverliezen van de gebouw omhulling worden de externe afmetingen gebruikt.

Daarmee is de omhulling iets wat over gemeten, want eigenlijk moet de binnenkant van de omhulling gemeten worden. Dit betekent echter ook dat een aansluiting bij een passiefhuis alleen zo weinig energie verbruiken kan, als het warmte verlies in evenwicht is met de bescheiden over meting, namelijk minder dan 0,01 WK per m¹ aansluiting. Alle aansluitingsdetails die straks worden afgebeeld, voldoen aan al deze eisen en zijn gekenmerkt met het embleem uit figuur 14. Wordt deze waarde in geringe mate overschreden, dan wordt erbij genoteerd: "rekening houden met WBV".

4. Vereisten: Luchtdichtheid

Alternatieve vertegenwoordiging voor de vele verslagen van de deskundigen werd geciteerd uit het boek "Grondslagen van het ontwerp van passieve huizen" (25)citaat: "Gebouw omhullingen moeten luchtdicht zijn. Dit belangrijke principe is vastgelegd in de desbetreffende bouwnormering DIN 4108 - desondanks zijn er om geen enkel andere eigenschap van de omhulling heviger

discussies geweest als om de luchtdichtheid. De kern van het opeenstapelen wordt door een verkeerd idee beïnvloed, die is dat door de voegen van de omhulling

voldoende ventilatie van gebouwen kan worden gegarandeerd. De uitwisseling van lucht door buitenvoegen verhoudt zich namelijk met de winddruk en de temperatuurhoogte in een zeer breed bereik. Zelfs bij zeer ondichte gebouwen, waarin een matige wind al aanzienlijk trekt, zal bij windstil weer en zachte weersomstandigheden een de luchtuitwisseling hebben dit onvoldoende is voor een plezierige leefcomfort. Daarom heeft de uitwisseling van lucht een aantal bedenkelijke nadelen: Als de voeg van buiten naar binnen doorloopt, dan kan de winddruk regen in de constructie blazen. Verloopt de voeg van binnen naar buiten, dan zijn de gevolgen zijn veel meer catastrofes: Warme, vochtige lucht koelt op de weg door de voegen naar buiten en kan de vochtigheid niet meer vasthouden, omdat in de koude lucht maar weinig waterdamp oplosbaar is. In de constructie condenseert deze vochtige lucht en het overtollige water lekt door de voegen: De constructie raakt bevochtigd, met alle gevolgen van dien. Een zeer hoog percentage van gebouwschade wordt veroorzaakt door ondichte omhulling. "Einde citaat uit het boek van Dr Feist.

Een pleisterlaag is luchtdicht. De doorgaande folie onder het dak is luchtdicht en ook de doorgaande folie onder de dekvloer is luchtdicht. Een betonnen vloer geldt ook als luchtdicht. Het wordt moeilijker wanneer al deze componenten luchtdicht met elkaar gecombineerd



Figuur 14: Voor PH-geschikte details



Afb. 7: 1998: isorast behaalt als eerste wandsysteem het passiefhuis certificaat

dienen te worden. Eerder is in brochure 2 in detail beschreven hoe het gerealiseerd kan worden:

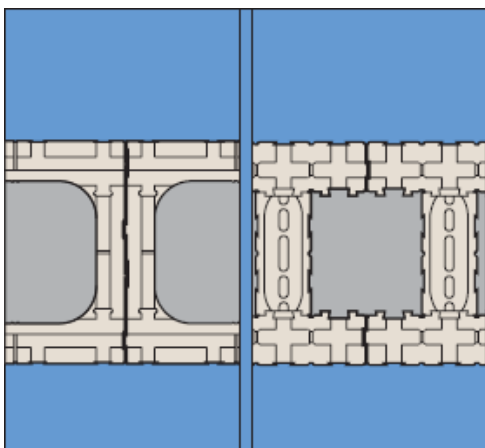
- De bepleistering binnen moet tot strak op de bodemplaat of constructieve vloer gevoerd worden.
- Ook achter trappen moet bepleisterd worden, ook als men het niet ziet.
- De folie afdichting van het dak moet worden verbonden met het pleisterwerk: met butyl tape op isorast plakken (Afb. 8), pleisterband opplakken (Afb. 9) en vervolgens bepleisteren (Afb. 10).
- Op dezelfde wijze de verbinding vloer-wand uitvoeren.

n50-waarde

Voor passiefhuizen is er ook een waarde aan de luchtdichtheid voorgeschreven (25): "De n50 waarde moet kleiner zijn dan $0,5 \text{ h}^{-1}$." Dat betekent: Bij een luchtdruk verschil van 50 Pascal mag er in een uur niet meer dan 0,5 maal de hoeveelheid lucht van het gebouw worden verwisseld. Ter vergelijking: Bij normale gebouwen geldt alledaags een waarde van $2,0 \text{ h}^{-1}$.

De ononderbroken betonnen kern en daarmee een verhoging van de dichtheid is onder andere een van de veranderingen ten opzichte van het oude isorast systeem:

- Met het oude systeem vormden de verbindingen tussen de bekistingelementen een ononderbroken voeg.
- Met het nieuwe systeem wordt de betonnen kern niet meer onderbroken door voegen.



Figuur 15: Vroeger met naad, nu zonder naad



Afb. 8: Folie aanplakken



Afb. 9: Pleisterband opplakken



Afb. 10: Over pleisteren

De blaasdeur test

De luchtdichtheid van een gebouw kan worden gemeten, met de blaasdeur test. Het apparaat bestaat uit een kunststof ventilator, die in een frame in de openingen van een geopende buitendeur wordt ingeklemd. Er wordt in twee richtingen gecontroleerd door middel van onderdruk enerzijds en overdruk anderzijds te creëren. Een dergelijke test wordt geadviseerd, voordat het binnen pleisterwerk wordt aangebracht, maar na dat alle dak en vloer folies zijn aangebracht. Wordt het gebouw op onderdruk getest onder koude omstandigheden, dan kan men met de blote hand de plaatsen waar koude lucht binnenstroomt voelen en kan dan deze plaatsen nog corrigeren met extra folie en pleisterwerk.

Ondertussen liggen de resultaten van meer dan 50 gemeten isorast-passiehuizen klaar. Alle hebben de passiehuis eisen behaald. Vanzelfsprekend moeten de resultaten van isorast passiehuizen in Taunusstein genoemd worden:

- n50-waarde in de ruwbouw met aangebrachte folies: 0,31
- n50-waarde na bepleistering: 0,24



Afb. 11: Blaasdeur test

Uittreksel van een advies van het bekende bouwfysica bureau ebök: "Hier zet isorast duidelijk nieuwe maatstaven van kwaliteit en verwerkingszekerheid neer." (Fabrikant, zie fabrikanten pagina)

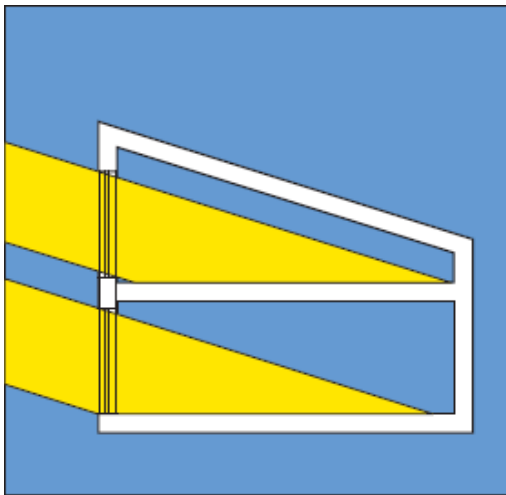
1.7 Raambeglazing

Ramen werken als zonnecollectoren: Het door het glas vallende licht verwarmen bij het aanraken vaste objecten. Het probleem: 's Nachts, in de afwezigheid van licht, wil de beglazing energie weg laten slippen. De ontwikkeling van nieuwe raamkozijnen is de eigenlijke revolutie, die passiehuizen mogelijk maken en de architectuur verandert:

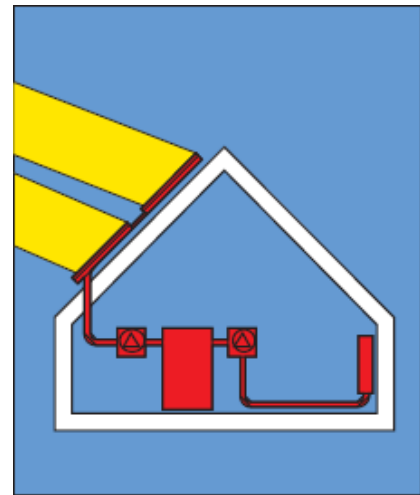
- De warmte winning, die in de winter overdag verkregen wordt met de nieuwe drieboudige beglazing aan de zuidzijde, is groter dan de nachtelijke warmteverlies.

Hoe ziet deze beglazing eruit? Het zijn drie schijven van glas met edelgas vulling en afwerking. Daarnaast, beschikken deze glazen over een thermische brug arme randverband. Ze hebben doorgaans een U-waarde van $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

- Dit glas is tweemaal zo goed geïsoleerd als een 40 cm dikke kalkzandsteen muur.
- Het is niet langer nuttig om warmte via collectoren, pomp- en regelapparatuur voor verwarmingsdoeleinden naar een ketel te leiden.
- Het is met deze beglazing ecologisch en economisch zinvoller, het gehele gebouw als zonnecollector te ontwerpen, vrij van kosten en onderhoudsintensieve technieken.
- Nu zijn lichtdoorlatende gebouwen mogelijk, zonder dat de verwarmingskosten omhoog schieten.
- Het meubilair kan direct voor de ramen gezet worden, zonder "dat het verschiet".



Figuur 16: Passieve zonne-energie

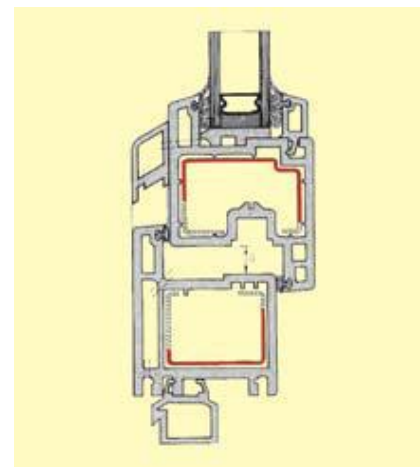


Figuur 17: Actieve zonne-energie

Waar en hoe groot zou er beglazen moeten worden?

Ramen naar het noorden brengen vanwege de geringe lichtopbrengst geen winst. Deze moeten klein worden gehouden. Bij ramen richting het zuiden heeft het Passiefhuis-instituut berekend, dat een beglazingaandeel van meer dan 40% van de zuidelijke gevel geen significante energie voordeel meer opbrengt (25):

- Op zonnige dagen in de winter is het overschot zo groot, dat de warmte wordt weg geventileerd en dat het 's nachts bij een te groot glazen oppervlak energie kost.

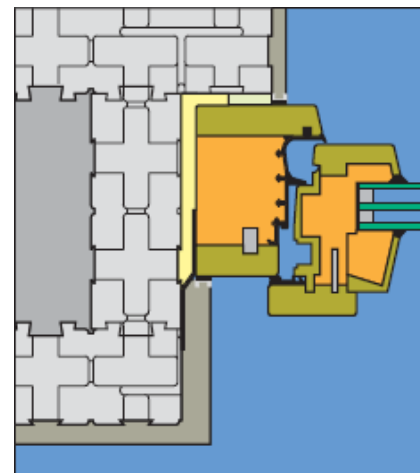


Figuur 18: Doorsnede oud PVC kozijn

1.8 Raamkozijnen

De op de marktliggende kunststof kozijnen met staalversterkingen hebben een U_F -waarde van $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Het warmteverlies is vier keer zo groot als bij een passiefhuis kozijn, die een U_F -waarde lager dan $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ moet hebben. Dergelijke kozijnen zijn niet geschikt voor passiefhuizen.

Ondertussen bieden een aantal fabrikanten passiefhuis geschikte kozijnen aan, waarvan diens U-waarden op het niveau van passiefhuis eisen van beglazing liggen. Deze kozijnen zijn er in alle denkbare materialen (hout, plastic, aluminium, enz.) en bestaan uit een sandwich constructie met een PU-Schuim of EPS-materiaal in de kern. (Fabrikant, zie fabrikanten pagina)



Figuur 19: Passiefhuis zijaansluiting kozijn



Figuur 20: Modelfoto van een isorast passiefhuis in Taunusstein-Wehen

Ideale beglazingsaandeel

Ideale beglazingsaandeel heeft het isorast passiefhuis in Taunusstein-Wehen.

De tweedeling van het pand toont ook de verschillende functies:

- Het compacte rode noordelijke deel is de energiebewaarder.
- Het gele zuidoostdeel is de zonne-energie opnemer.



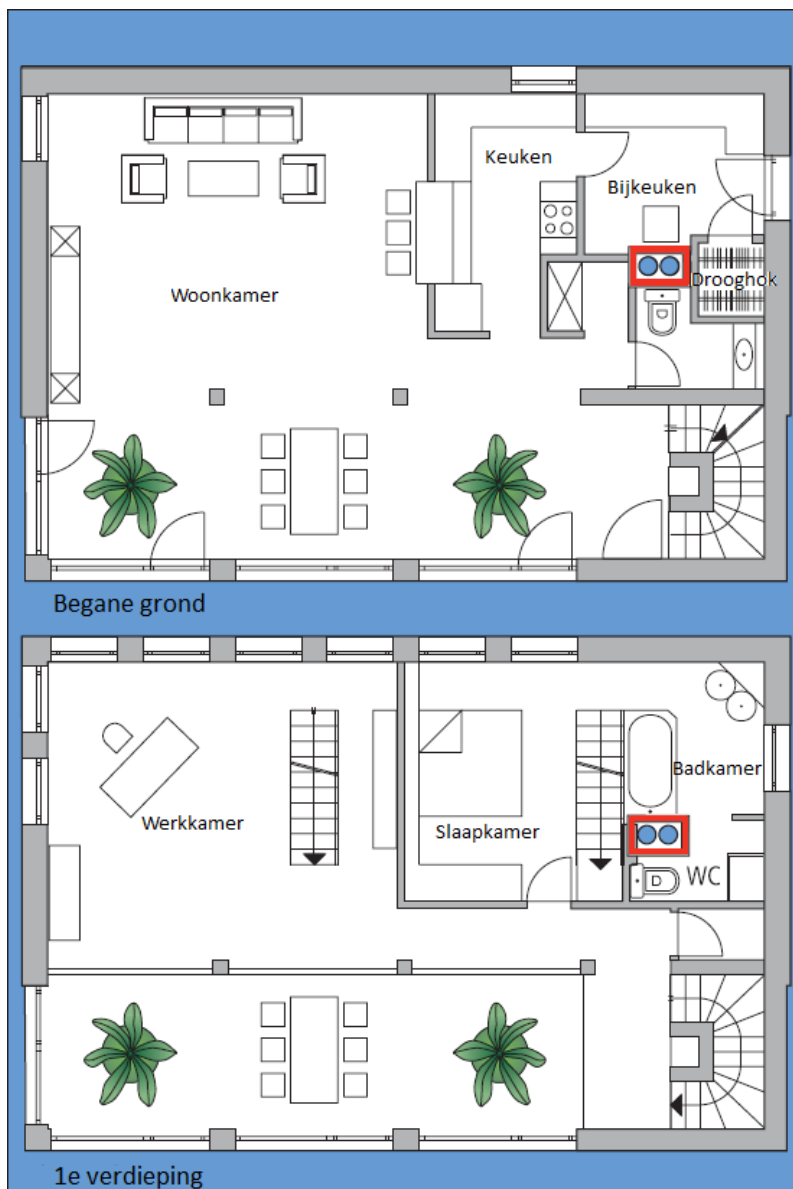
Figuur 21: Zuidelijke gevel: 40% glas



Figuur 23: Westelijke gevel: 15% glas



Figuur 22: Noordelijke gevel: 6% glas



Figuur 24: Centrale installatie bij een isorast-passiefhuis

1.9 Centrale installatie

Voor de vermindering van het energieverbruik is verder van belang, dat al in de ontwerpfase rekening wordt gehouden met de plaatsing van de centrale installatie. Voorbeeld van uitvoering bij een isorast-passiefhuis, zie figuur 24:

- De natte ruimten zijn bij elkaar geplaatst.
- Er is een centrale installatieschacht opgenomen. Deze schacht moet bij passieve eengezinswoningen al een minimale binnenmaat hebben van 100 x 50 cm groot. Twee ventilatie stijgleidingen met geluidsdempers, nemen al een ruimte van 80 x 40 cm in beslag.
- Het minimaliseren van de lengte van de ventilatiekanalen leidt tot kleinere ventilator motoren, die weer minder geluid produceren en minder energie verbruiken.
- Water opneemplaatsen in buurt besparen de voortdurend lopende circulatie pomp: Bij een isorast-passiefhuis is alleen in het bad een circulatiepomp aanwezig, die alleen op verzoek loopt.

1.10 Ventilatie in een passiefhuis

Voor een goede gezondheid heeft een mens 10 m^3 verse lucht per uur nodig. Tijdens het verblijf in een gebouw rekent men zelfs met 30 m^3 verse lucht per uur, omdat de uitstoot van de meubels, kleefstoffen, vloerbedekking, wand afwerkingen enz. verontreiniging toevoegt. Aanhoudende verwaarlozing van verse lucht kan leiden tot gezondheidsproblemen.

Ventilatie via scheuren en voegen in de gebouwmhulling

Is geen zinvolle oplossing: Bij windstil is de voorziening niet toereikend, en bij wind en storm leidt het tot onbehaaglijke fenomenen. Daarnaast leiden naden in de wandconstructie tot condensatie en bevochtigen, waarin bacteriën welig tieren en vermenigvuldigen, met alle gezondheidsproblemen van dien. Scheuren en naden in de omhulling van een gebouw zorgen voor bouwschades en zijn daarnaast grote energieverliezers.

Ventilatie via raam

Ventilatie via het raam is in Duitsland de gebruikelijke ventilatie methode. Het is zinvol, wanneer bij een verslechtering van de luchtkwaliteit, de ramen worden geopend en weer na een korte tijd worden gesloten. Deze manier van ventilatie is bijzonder nuttig, want er vindt binnen enkele minuten een volledige verversing van de lucht plaats. In deze korte ventilatie periode koelen wanden, verdiepingsvloer, begane grond vloer en meubels niet af en nemen dan in de winter opnieuw deel aan het verwarmingsproces. Kritischer is deze ventilatie methode wanneer deze ventilatie niet constant voorkomt. Bijvoorbeeld in slaapruimten in de winter: Een slaapkamer van $5 \times 5 \text{ m}$ met een volume van ca. 70 m^3 , die wordt gebruikt door twee personen, heeft maar frisse lucht voor iets meer dan een uur.

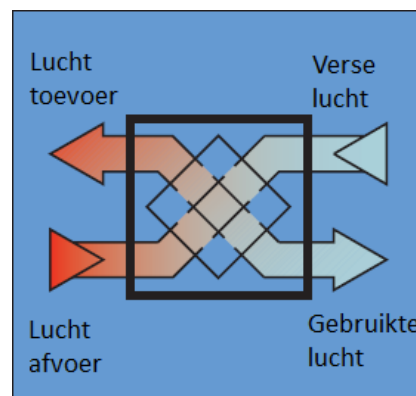
Ventilatie via het raam is vanuit het perspectief van vandaag ook een verspilling van energie: In de winter bij een buitentemperatuur van -15°C moet de frisse lucht 35°C met de dure verwarmingsenergie opgewarmd worden. Het warmtestroombalans diagram uit 'hoofdstuk 1.4' laat zien dat 90% van deze stookenergie bij gebruik van intelligenter technologie bespaard had kunnen worden.

Mechanische ventilatiesysteem in een passiefhuis

Mechanische ventilatie systemen zijn al decennia bekend: Via luchtblazers en een schachtensysteem wordt verse lucht de woonruimte ingeblazen. De daardoor vervolgens ontstaande overdruk wordt in de natte ruimten, zoals keuken, toilet, bad- en wasruimte naar buiten geleid. Met een dergelijk systeem is er, ondanks een regelmatige aanvoer van frisse lucht in alle kamers, geen sprake van energiebesparing: Ook hier moet de koude verse lucht met het volledige temperatuur verschil worden verwarmd.

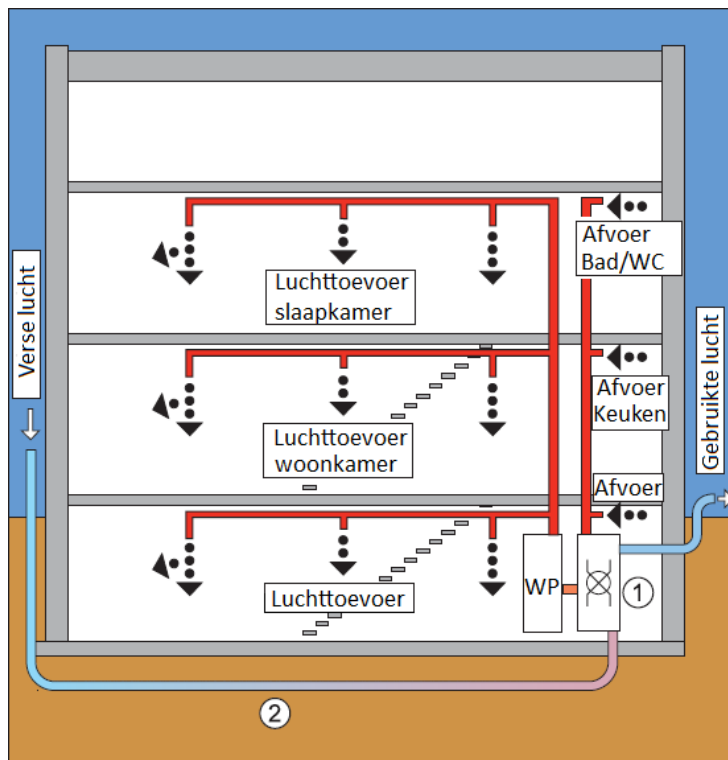
De warmtewisselaar

Een eerste, intelligente bijdrage aan de energiebesparing is het gebruik van een zogenaamde tegenstroomwarmtewisselaar: In dit apparaat wordt de warme afvoer lucht bijvoorbeeld tussen metalen platen naar buiten geleid en de verse lucht via de naburige metalen platen binnen geleid. De afgevoerde warme lucht heeft de metalen platen opgewarmd en de verse binnenkomende lucht neemt deze warmte weer mee.



Figuur 25: Schema warmtewisselaar

De efficiency van deze warmtewisselaar wordt in een "warmteterugwinning graad" aangegeven. Gebruikelijk is 60% en bij een passiefhuis moet de warmteterugwinning graad ten minste 80% bedragen, zie nr. 1 in figuur 26.



Afb. 12: Warmtewisselaar

Figuur 26: Ventilatiesysteem in een isorast-passiefhuis (langsdoorsnede)

Ventilatiekast

Voorheen gold de opvatting dat er met ventilatiesystemen met warmteterugwinning geen energie werd bespaard. Door het gebruik van hoogrendement warmtewisselaars, door het minimaliseren en een passende dimensionering van de ventilatiekanalen en door het gebruik van grond voorverwarming ziet het er bij een passiefhuis anders uit. Maar ook de ventilatie kast zelf ziet er bij een passiefhuis anders uit: In het verleden werkte men met ventilator motoren van 100 en 150 W, nu komen er in passiefhuizen alleen nog maar moderne gelijkstroom ventilatie motoren, die zijn geïnstalleerd in computers, met een stroomverbruik van 40 W voor de luchttoevoer- en luchtafvoerkanalen. Terwijl in het verleden de verhouding van ingezette stroom tot ventilatiewarmte besparingen in verhouding 1:1 was, is deze efficiëntieverhouding bij passiefhuizen 1:10.

Grondwarmtewisselaars (zie figuur 26 nr. 2)

Een eenvoudige en zeer effectieve bewerking: Onder de kelder bodemplaat heeft de bodem in het midden van de winter nog een temperatuur van +15 °C. Wordt deze warmte ontnomen dan wordt deze weer aangevuld door de onderliggende bodem. Het biedt zich direct aan, om deze "geothermische energie" te nuttigen, omdat het, in tegenstelling tot zonnecollectoren op het dak, ook warmte-energie levert als de zon niet schijnt.

Hoe kan geothermische energie eenvoudig en doeltreffend worden gebruikt?

- Bij een eengezinswoning wordt ongeveer 30 m Ø200 mm beschermingsbuizen onder een afschot van 2% onder de vloer gelegd.
- De verse lucht voor het ventilatiesysteem wordt vervolgens door deze buizen geleid en wordt daardoor, ook bij zeer lage buiten temperaturen tot ca. +6 °C verwarmt.



Afb. 13: Grondbuis

Het totale rendement van de twee warmtewisselaars is nu met 10% verhoogt: Van 80% naar 90%. Dit betekent: dat 90% van de afgevoerde lucht temperatuur van bv. 20 °C de verse lucht opwarmt tot +18 °C, zonder ook maar een euro verwarmingskosten te betalen. In de hiernaast staande afbeelding bij een isorast passiefhuis in Taunusstein is aangetoond dat de buizen ook naast de kelderwanden kunnen worden gelegd. Het totale rendement is dan iets lager. Dit is het geval wanneer de legging van de kanalen onder de keldervloer te complex zou worden als de bodem uit klei/steen bestaat.

- Waarom beschermingsbuizen? Ze zijn ideaal: De geribbelde omhulling geeft een groter overdrachtsoppervlak met de bodem, het innerlijke gladde oppervlak leidt tot minder weerstand van de lucht, en ten derde zijn ze relatief goedkoop.
- Verdere redenen voor een bodem warmtewisselaar systeem? Indien niet voorverwarmde lucht in de winter rechtstreeks naar de warmtewisselaar zou gaan, dan kan er daar condensatie en ijs vormen, die vervolgens energie-intensief ontdooit zou moeten worden.

Waarom onder een afschot leggen? In de buis kan er condensatie vormen, die via een waterdichte sifon op het diepste punt wordt afgevoerd en daarna weggepompt wordt.

Ventilatie - airconditioning

Het beschreven ventilatiesysteem mag niet met een airconditioning worden verward: De in een passiefhuis toegepaste ventilatiesystemen werken met 100% verse lucht. Bij een airconditioning wordt een groot deel van de afgevoerde lucht gereinigd en terug in de circulatie gevoerd en wordt er vervolgens slechts een kleine hoeveelheid verse lucht toegevoegd. Airconditioners worden in de ook gebruikt voor koeling. Het ventilatiesysteem in een passiefhuis is bijna altijd in de zomer uitgeschakeld. In de zomer wordt er in een passiefhuis als van oudst door de ramen geventileerd. Uitzondering: Bewoners/gebruikers met een allergie laten in de zomer het ventilatiesysteem ook in werking, omdat de binnenkomende lucht dan wordt gefilterd met een G4 en daarna een F8 filter en hierdoor is men in deze gebouwen klachtenvrij.

Ventilatiegeluid

Bij een goed ontworpen systeem mag het ventilatiegeluid niet of nauwelijks hoorbaar zijn. Dit geldt met name in de slaapkamer. Dit wordt bereikt door de toevoeging van "geluiddempers", die worden toegepast in de luchttoevoer evenals in de luchtafvoer. Het ventilatiesysteem benodigd ervaren ontwerpers.

1.11 Verwarming in de passieve huis

Ook een passiefhuis heeft nog een verwarming. Evenals een thermostaat, waarmee men de ruimtetemperaturen individueel kan regelen. Het onderscheid zit in de installaties:

- Een laag energie huis heeft een verwarmingssysteem met brandstof opslag, ketel, schoorsteen, radiatoren, leidingen, pompen en regelaars.



Afb. 14: Geluiddemper

- Een passiefhuis heeft deze dergelijke installaties meestal niet. Bij passiefhuizen wordt sowieso de aanvoerlucht van het ventilatie systeem gebruikt voor de warmteoverdracht uit de retourlucht.

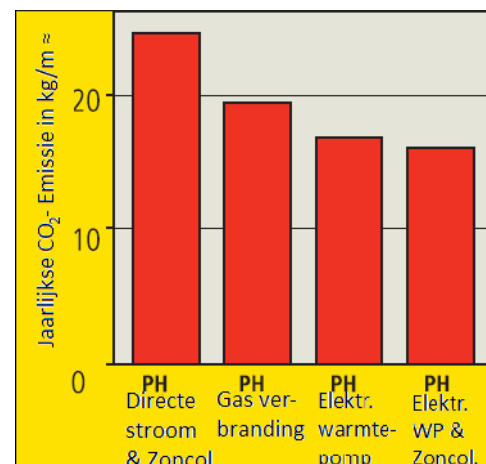
Als warmte-opwekker is een kleine warmtepomp ideaal. Behalve elektriciteit (onze voorkeur heeft groene stroom) uit het stopcontact onttrekt deze pomp zijn energie uit de restwarmte van de afvoerlucht of uit een in de grond verlegde luchtcirculatie. Het maakt uit een eenheid elektriciteit vier eenheden warmte. Rekent men bij passiefhuizen met een maximale warmte last van 10 W/m^2 , dan resulteert dat bij een woonoppervlak van 120 m^2 in een maximale stookenergie verbruik van 1.200 W . Bij een COP (Factor die de energieprestatie van warmtepompen aangeeft door de warmteoutput te delen door de aandrijfenergie (kracht of warmte). van 1:4 resulteert dit in een verwarmingsvermogen van een warmtepomp van 300 W . Ter verduidelijking:

- Een passiefhuis met 120 m^2 woonoppervlakte wordt verwarmd met een warmtepomp dat slechts een vijfde van de elektriciteit van een koffiezetapparaat gebruikt.

Ideaal is de ondertussen door de industrie aangeboden "compacte apparatuur": Hier is de warmtewisselaar, de regelaar, de kleine warmtepomp, het zonneboiler buffervat en de boiler voor het warm water in een apparaat verwerkt. (Fabrikant, zie fabrikanten pagina)



Afb. 15: Compact apparaat



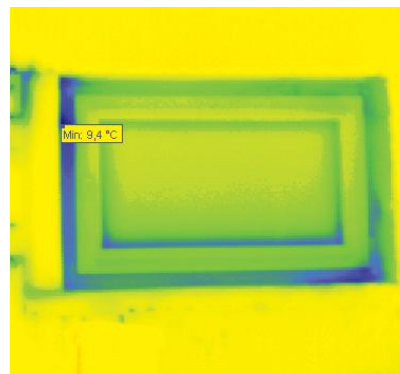
Figuur 27: Warmtepomp ook ecologisch ideaal

1.12 Thermografie

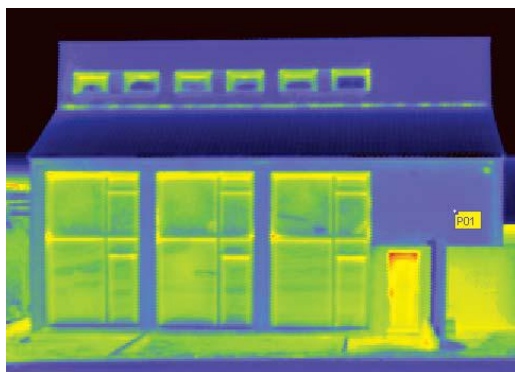
Thermografische beelden tonen waar en hoeveel warmte er verloren gaat in het gebouw. Zij zijn de visuele bevestiging van een goede thermische omhulling.

Afbeelding 16:

Het gebouw is met de blaasdeur test op onderdruk gezet. Bij een binnenopname voordat het pleisterwerk wordt uitgevoerd tonen zich lekkages bij kozijnaansluitingen, die nu nog kunnen worden herstelt.



Afb. 16: Ondichte kozijnaansluiting



Afb. 17: Zuidelijke gevel



Afb. 18: Westelijke gevel



Afb. 19: Noordelijke gevel

Afbeelding 17:

Het zuid aanzicht van het isorast-passiefhuis in Taunusstein toont de goede raam kwaliteit.

Afbeelding 18:

De kleine lekkage in het raamkozijn kan worden gecorrigeerd door het nastellen van het hang- en sluitwerk. Men moet rekening houden met de warmte van de bodem bij vriestemperaturen van buiten.

Afbeelding 19:

Terwijl de noord gevel een klein aantal zwakkere punten vertoont, ziet het er bij de naburige gebouwen met monolithische metselwerk heel anders uit.



Figuur 28: Lichtdoorlopen woonruimte in een isorast-passiefhuis

1.13 Leven in een Passiefhuis

Leven in een passiefhuis heeft een ander en hoger leefcomfort:

- Overall dezelfde temperatuur; nergens trek verschijnselen.
- Zitmeubels kunnen recht voor de ramen worden geplaatst.
- Door de constante frisse lucht en luchtdoorstroming voelt men zich in een andere gezonde omgeving en humeur.
- Gewenning in de slaapkamer: De slaapkamer heeft ook in de winter een zomerlijke kwaliteit en temperatuur.
- Door het filteren van de luchttoevoer en afzuiging van de gebruikte lucht en de luchtdichte schil is het huis grotendeels vrij van stof.

De indruk is niet te beschrijven. Men moet een passiefhuis ervaren hebben:

- Het passiefhuis in Taunusstein-wehen kan op bepaalde tijden bezichtigd worden.
- Het passiefhuis in Utrecht kan op bepaalde tijden bezichtigd worden.
- Op aanvraag kunnen passieve scholen en kantoren bezichtigd worden.
- Op aanvraag kunnen andere passieve gebouwen in de Benelux en Duitsland bezichtigd worden.



Afb. 20: Passiefhuis met zonwering

1.14 Rekening houden bij de planning van een passiefhuis met:

de bouwonderdelen:

- Balkons nooit direct verbinden met de tussenliggende vloer. Uitwendige isolatie niet door laten lopen via het balkon. Alleen de daarvoor bedoelde skeletconstructie gebruiken, zodat thermische bruggen vermeden worden.
- Pleisterwerk voor een luchtdichte aansluiting tot de boven- en onderkant van de constructieve vloer uitvoeren.
- Houten balken van vloeren niet de wand laten doorlopen, het hout werkt en er ontstaan daardoor scheuren in het pleisterwerk. Daarom balkschoentjes of andere ondersteuning toepassen, vervolgens bepleisteren en aansluitend de houten balken in de schoenen leggen.
- Stalen dragers kunnen binnen het gebouw in de wand gelegd worden.
- Trap naar een onverwarmde kelder wordt als een trap naar buiten beschouwd. De thermische omhulling, die in geval van een onverwarmde kelder bij de vloer eindigt, mag niet thermisch en luchtdicht worden onderbroken.
- Trap naar een onverwarmde zolder is niet voor passiefhuizen geschikt. Het moet luchtdicht en met een minimale 20 cm dikke isolatieplaat met een lage lambda waarde bekleed zijn. Het is beter om de zoldervloer binnen de thermische omhulling te beschouwen en het dak te isoleren, eventueel met verlaging van de nok.
- Schoorstenen dienen te worden vermeden in een passiefhuis: ze voldoen niet aan de eis voor luchtdichtheid en doorbreken de thermische omhulling.
- Een tochtportaal is nuttig om de binnentredende koude lucht in de winter in het volume van het tochtportaal te begrenzen. Indien mogelijk, is het nog beter dit tochtportaal buiten de thermische omhulling te realiseren.

Ramen, deuren en beschaduwen:

- Zonneschermen of rolluiken zijn bij grote Zuidelijke en Westelijke beglazingen essentieel voor de bescherming tegen de instraling van de zon in de zomer (25).
- Schaduw door bomen en dergelijke aan de zuidelijke beglazing indien mogelijk vermijden.
- Schuine beglazing vergt in de zomer in elk geval bescherming tegen de zon.
- Dakramen zijn ook in passiefhuis geschikte kwaliteit leverbaar, echter worden deze dakramen niet aangeraden. Dakramen moeten in de zomer voorzien zijn van zonwering.
- Grootoppervlak overhead beglazing voor serres of soortgelijke dienen vermeden te worden: Ze leiden tot een overaanbod van zonnewarmte in de winter, die vervolgens weg gelucht wordt en dus niet bijdraagt aan ruimte verwarming. Het grote oppervlak gebruikt in de winter 's nachts te veel energie. De overhead beglazing moet voor de zomer warmte worden voorzien van een instelbare zonwering. Het is schoonmaakintensief en horizontale beglazing heeft een slechtere thermische isolatie dan verticale ofwel staande beglazing.
- Buitendeuren moeten passiefhuis geschikt gecertificeerd zijn. In het bijzonder moet er aandacht aan de luchtdichtheid worden besteed, d.w.z. de hoeken en de dorpel van de deuren moeten goed passen/afsluiten.

Sanitaire ruimtes:

- Ontluchttingsleidingen (25) van de afvoerleidingen zouden de thermische omhulling doorbreken. Plaats daarom de ontluchting onder het dak.
- Dampafzuigkappen alleen met luchtcirculatie toepassen.
- Afvoerleiding: (25) zijn een niet te vermijden thermische bruggen. Centrale installatie afvoeren samen te laten komen en alleen nog met een leiding door de bodemplaat doorvoeren. Kunststof materiaal toepassen.
- Badruimten goed isoleren, zodat de warmte van het water alleen in die ruimte ten goede komt.



Afb. 21: Ontluchttingsleiding in de installatieschacht

Zonnecollectoren:

- Thermische zonnecollectoren hebben bij een passiefhuis met warmtepomp ecologisch en economisch weinig zin. Bij een 3-persoons huishouden en 10 m² collectoroppervlak rekent men met een besparing van ongeveer 40 euro per jaar. Dit dekt niet eens de onderhoudskosten voor de technische installatie. De situatie ziet er anders uit, als er geen warmtepomp voor handen is en het energieverbruik voor verwarming en warmwater via de directe stroom ontnomen wordt. Hier worden thermische zonnecollectoren ten zeerste aanbevolen.
- PV-panelen leiden bij een passiefhuis met warmtepomp tot "technische- en onderhoudsoverbelasting". Ondanks de hoge subsidies en vergoedingen kunnen deze bijdragen de kosten van reparatie, onderhoud en afschrijvingen nauwelijks financieren. Ook de ecologische gegevens zijn nog steeds tamelijk teleurstellend.

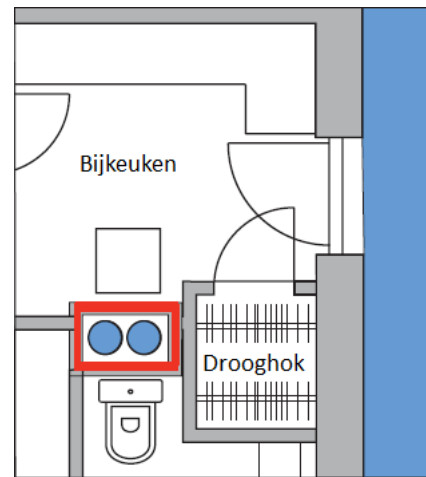
Brandkachels en openhaarden:

- De openhaard kan in een passiefhuis niet worden geïnstalleerd. Aangezien de vereiste rookafvoer niet dicht mag worden gezet, wordt de minimum dichtheid, die het ventilatiesysteem vereist, niet behaald.
- Brandkachels met dikke glazen deuren en een gesloten luchtcirculatie zijn ook niet volledig afgesloten. Door de penetraties van de thermische omhulling met een 150 mm brede stalen buis vormt het hele lichaam tot een thermische brug in de schil, die tot wel 30% van de totale verwarmingsenergieverbruik van een passiefhuis kan uitmaken.
- Als alternatief bieden zich "meubilair haarden" aan met bio-ethanol, die eveneens voor gezellige sfeer zorgen. Hier is geen af- en toevoer van lucht benodigd. (Fabrikant, zie fabrikanten pagina).
- De eigenaar, die echt voor het flikkeren en geknetter van echt hout wil gaan, is eerder een laagenergie huis aan te bevelen.

Elektronica:

- Was- en vaatwasmachines aansluiten op de warmwater leiding. Niet alle toestellen zijn hiervoor geschikt.
- Een droger kan worden weggelaten. Een kleine ruimte naast de wasmachine, aangesloten op de warme luchtafvoer, is de kostenloze droger (zie figuur 29).

- Bij alle elektrische apparaten op het laagste stroomverbruik en geluidsniveau letten. Dit geldt met name voor de stroomvretende koelkasten en vriezers, die verbruiken tot 25% van de totale elektriciteit in het huishouden. Alleen koelkasten zonder vriesvak gebruiken. Diepvriezer in plaats van diepvrieskasten gebruiken. Stand-by uitschakelen.
- Elektrische dozen voor schakelaars, stopcontacten en verdelers vanwege de luchtdichtheid altijd in een verzadigd gips bed plaatsen of de speciale dozen die hiervoor in de handel zijn toepassen.
- Verlichting voorzien van energiezuinige lampen indien de inschakeling langer dan 20 minuten bedraagt. De gebruikelijke gloeilampen zijn verbruikgunstiger bij lichten die minder dan 20 minuten aanstaan.



Figuur 29: Kostenloze wasdroger



Afb. 22: Boek van Dr. Feist

1.15 literatuur

"Grondslagen ontwerpen passiefhuis" heet het 144-pagina's tellende boek van Dr Feist, een "must" voor iedereen die een passiefhuis wil bouwen of ontwerpen. In de bijlage vindt men een wiskundige methode waarmee u kunt bepalen of een gebouw passiefhuis geschikt is. Verkrijgbaar bij isorast GmbH en isorast Benelux.

1.16 Bouwkosten

De ervaringen in 2003 van ca. 100 gebouwde projecten laten ondertussen zien:

- Een passiefhuis is niet duur wanneer het wordt vergeleken met een laagenergie huis, dat over een ventilatiesysteem met warmteterugwinning beschikt.
- Een passiefhuis is meestal tussen de 5 en 10% duurder, wanneer het met een laagenergie huis zonder ventilatiesysteem wordt vergeleken.

De onderstaande redenering laat zien dat de eigenaren van een passiefhuis na enkele jaren een positief saldo laat zien van kosten versus baten.

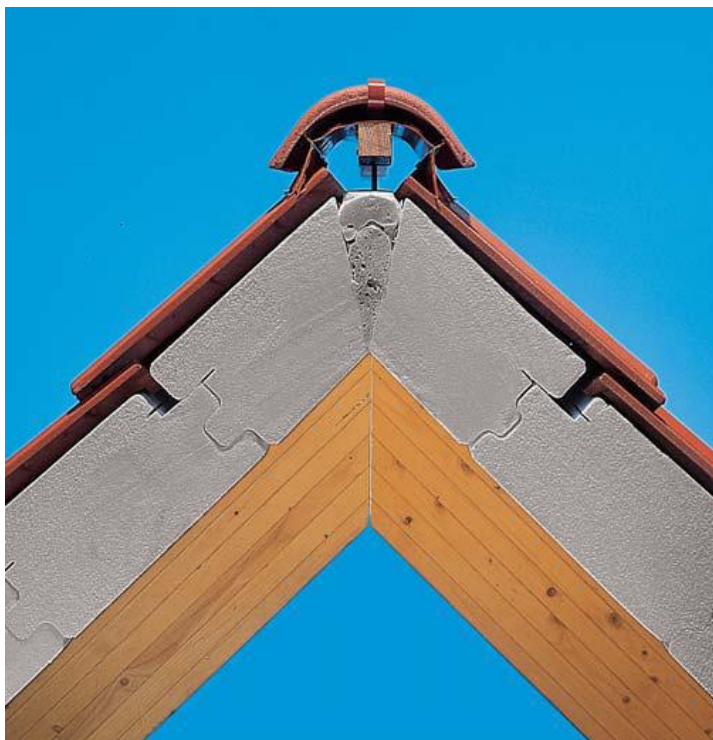
1.17 Gebruikskosten

In welke periode betalen de meerkosten zich terug in vergelijking met een laagenergie huis zonder ventilatiesysteem? Hier toe zijn er ondertussen betrouwbare gegevens bekend op grond van de vele gebouwde projecten. Een fragment uit een rekenvoorbeeld van een eengezinshuis met 170 m² verwarmd woon-/gebruiksoppervlak. Het gedetailleerde berekening blad voor dit voorbeeld is terug te vinden in de isorast architecten mappen.

Figuur 30: Vergelijking van de totale kosten in de periode tot en met 40 jaar van een gebouw met 170 m² verwarmd woon-/gebruiksoppervlak volgens de nieuwste energiebesparende voorschriften, en een passiefhuis - met inbegrip van de CO₂-balans.

	Laag energiehuis zonder luchtventilatiesysteem		Passiefhuis met luchtventilatiesysteem	
Bouwkosten	Gebruiksklaar	€ 204.000	Gebruiksklaar	€ 221.000
Financieringskosten per jaar	Lening		Bank rente 10 jaar	
	€ 195.000 - 6%	€ 12.240	€ 50.000 - 4,2%	€ 2.100
			Lening	
			€ 171.000 - 6%	€ 10.360
				€ 12.360
Lopende ondernemingskosten per jaar	Onderhoudskosten van de		Onderhoudskosten van	
	centrale olie verwarming	€ 150	compact apparaat	€ 100
	Schoorsteenveger	€ 60	filtervervanging	€ 50
	Waterschadeverzekering voor de olietank	€ 60	Stroom voor ventilatie	€ 69
	APK kosten	€ 60	Stroom voor verwarming	€ 125
	Hulpstroom voor de verwarming	€ 100	Stroom voor warmwater	€ 157
	Stookolie 2.125 liter	€ 661		
		€ 1.091		€ 500
Subsidies			Eco-toeslag door de belasting, max 450 € over acht jaar. Evt. nog subsidies van de elektriciteitsleverancier	
				€ 450
CO ₂ Emissie	5,53 t/jaar		1,98 t/jaar	
Naar 10 jaar:				
	(incl. prijsstijgingen)	€ 12.400		
Kostensom:			(Bank rente wordt minder)	€ 1.295
Besparing:			Incl. rente	€ 10.250
CO ₂ besparing			35,5 t	
Naar 20 jaar:				
Kostensom:	(incl. prijsstijgingen)	€ 23.800	(incl. prijsstijgingen)	€ 8.900
Besparing:			Incl. rente	€ 21.400
CO ₂ besparing			71 t	
Naar 30 jaar:				
Kostensom:	(incl. prijsstijgingen + nieuwe verwarmingsketel)	€ 51.100	(incl. prijsstijgingen)	€ 18.900
Besparing:			Incl. rente	€ 59.000
CO ₂ besparing			106,5 t	
Naar 40 jaar:				
Kostensom:	(incl. prijsstijgingen)	€ 81.300	(incl. prijsstijgingen + nieuwe warmtepomp)	€ 32.300
Besparing:			Incl. rente	€ 131.800
CO ₂ besparing			142 t	

Figuur 30



Afb. 23: Zijaanzicht van een isorast-daknok

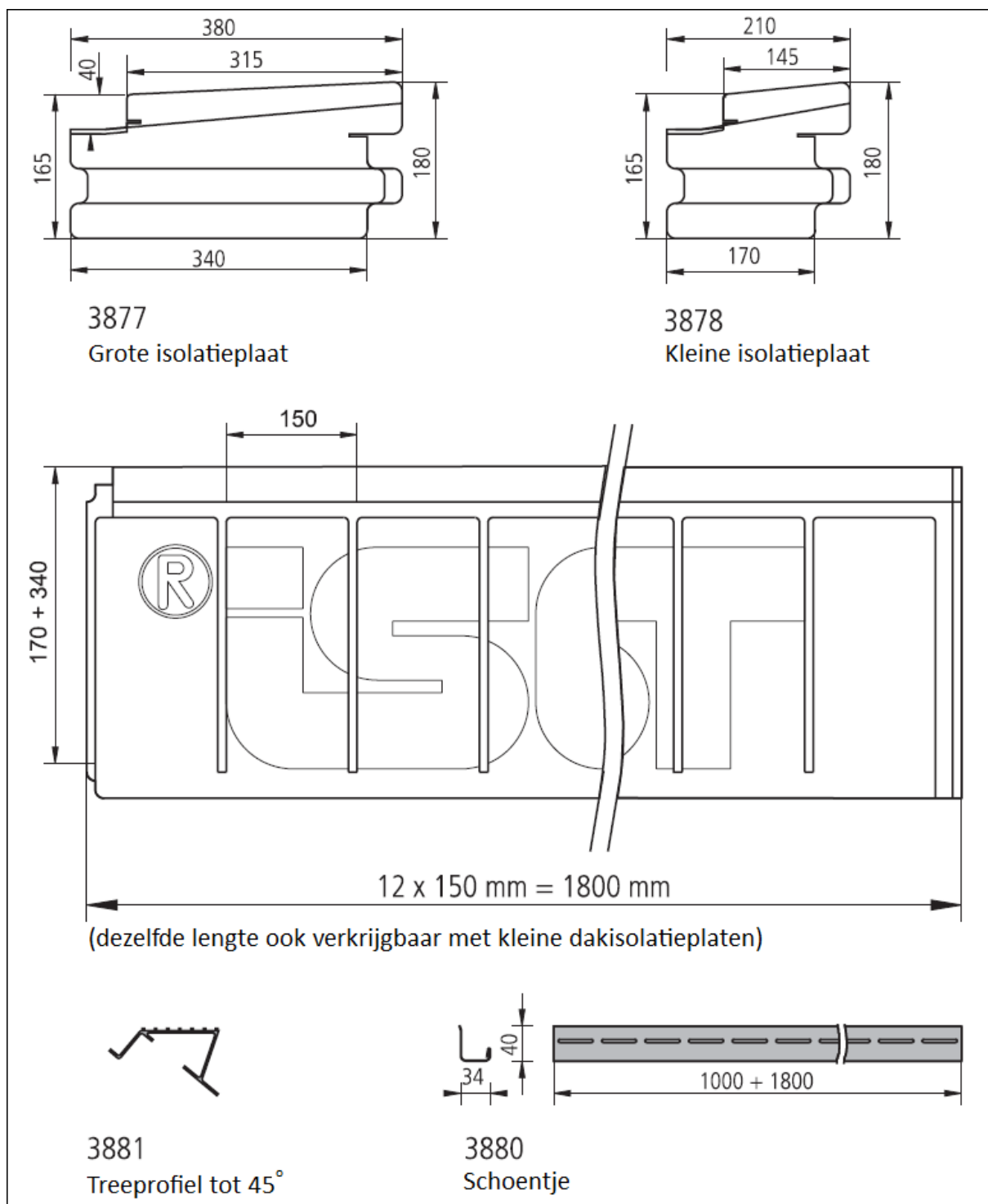
2. Het isorast dakisolatiesysteem

- Eenvoudige verwerking:
Dakisolatatieplaten vast spijkeren en dakpannen leggen – klaar
Geen panlatten benodigd.
- Hoge isolatie waarde:
U-waarde 0,20 W/(m²K).
U-waarde 0,10 W/(m²K) bij extra 20 cm isolatie tussen de sporen.
- Thermische bruggen:
Door de gesloten isolerende schil treden er geen thermische bruggen op. De samenvallende dakisolatieplaten zijn ononderbroken.
- Gecontroleerde afwatering: Een uitgekiend afwateringssysteem voert indringend water tot aan de dakrand af.
- Duurzaamheid: De buitenste isolatie beschermt de balken tegen warmte, kou en vocht.



Afb. 24: Dakpannen leggen

2.1 Maatvoeringstekeningen



Figuur 31

2.2 technische gegevens

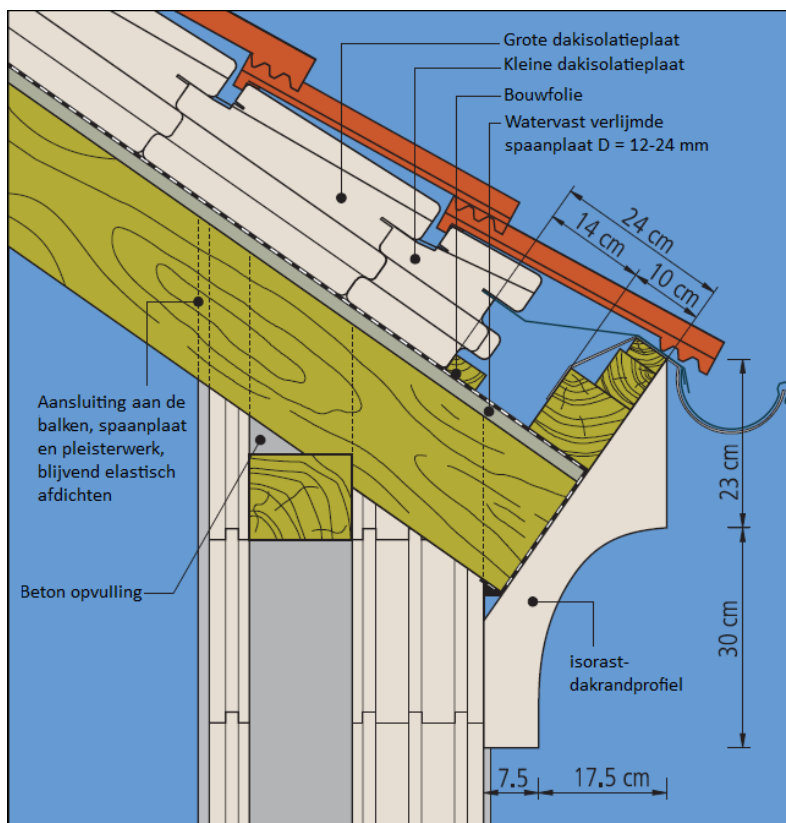
U-waarde	Alleen de dakisolatieplaat:0,20 W/(m ² K)
	Alleen 16 cm isolatie tussen de balken.....0,12 W/(m ² K)
	Alleen 18 cm isolatie tussen de balken.....0,11 W/(m ² K)
	Alleen 20 cm isolatie tussen de balken.....0,10 W/(m ² K)
	Alleen 24 cm isolatie tussen de balken.....0,09 W/(m ² K)
Balken afstand	Bij 22° dakhelling max. 90 cm (bij verlegging Bij 30° dakhelling max. 100 cm zonder spaanplaat Bij 38° dakhelling max. 110 cm is een 60 cm Bij 45° dakhelling max. 120 cm verband vereist)
Wind opzuiging	Door het vastnagelen van de watervast verlijmde spaanplaten met messing en groef of door windverbanden
Helling	Minimale dakhelling 22°
Gewicht	Rond de 2,7 kg per plaat - 4,3 kg per m ²
Verlies	1 plaat = 0,61 m ² dekoppervlak; 1 m ² dekoppervlak = 1,64 platen
Materiaal	Polystyreen hardschuim, moeilijk ontvlambaar, Lambda waarde ≤ 0,035 W/(m ² K)
Geluids-isolatie	Bij een vast genagelde isorast dakisolatieplaat en dekking met betonnen dakpannen en de volgende aanvullende maatregelen:
	19 mm spaanplaat en PE-folie 31 dB
	12,5 mm gipskartonplatenbekleding aan de binnenkant, daartussen EPS isolatie met daaroverheen een PE-folie 38 dB
	Als hierboven, maar met twee gipskartonplaten 42 dB
	Als hierboven, maar dan tussen isolatie van minerale vezels 44 dB
	Als hierboven, maar met een extra 19 mm spaanplaat 45 dB
	Bij twee onder één kap woningen moet erop worden gelet, dat de dakisolatieplaten over de woningsscheidende wand 5 cm onderbroken wordt, deze uitsparing vervolgens vullen met een minerale vezelplaat. Bij de dakpannen wordt er een ondersteunings schoentje geplaatst.

Figuur 32

2.3 Verwerking zonder isolatie tussen de sporen

Is alleen van toepassing, wanneer de balken over de volledige afmetingen vanuit de binnenkant zichtbaar moeten zijn. In dit geval is het zinvol dat de balken gelijk geschaafd gemonteerd worden. Een impregnering is dan niet nodig, aangezien de balken in het binnengebied liggen. Werkvolgorde:

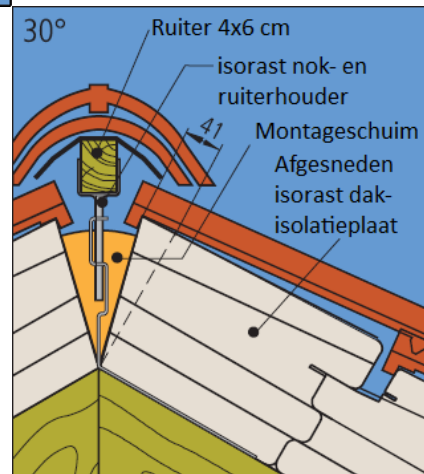
- Op de balken een spaanplaat leggen van minstens 16 mm dik met messing en groef vast nagelen. Dit maakt de binnenkant behangklaar, wordt de geluidsisolatie verhoogd en dient het tegen windopstijging.
- Daarop een dikke PE bouwfolie plaatsen en vastnieten. Folie van onder naar boven aanbrengen zodat ze elkaar overlappen en waardoor het eventuele indringende water naar beneden kan aflopen.



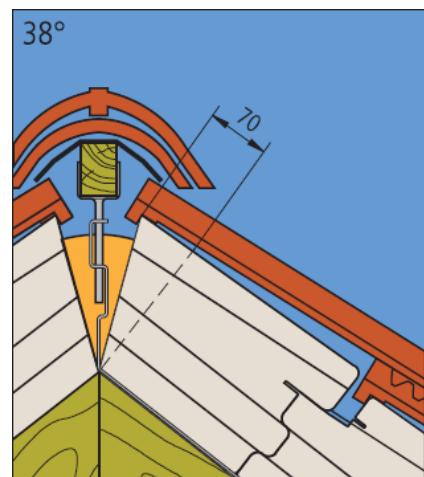
Figuur 33: Dakvoet detail bij een uitvoering zonder isolatie tussen de balken

- Aan het voeteind gootlatten bevestigen, die uit regels van 10x10 cm, 6x6 cm en een gootlatje bestaat. Allemaal geïmpregneerd.
- Vervolgens om een afstand van 24 cm een geïmpregneerde daklat bevestigen. Daarna een kleine dakisolatieplaat alleen voor de eerste rij plaatsen.
- Nu een panlatmaat van 34 cm op de linker en rechter dakrand tot de nok uitzetten om te zien of ook daadwerkelijk de maat tot nok klopt.
- Een panlatmaat van 34,5 cm is ook nog mogelijk. Dan wordt worden de dakisolatieplaten minder strak in elkaar gezet.
- Op de top moet - afhankelijk van de helling – de laatste plaat volgens naast staande figuren besneden worden.

Opmerking: Men doet er goed aan dit al te overwegen bij het maken van het ontwerp van de balkenlengte en de dakhelling enigszins te veranderen. De panlatmaat van 34 cm is namelijk niet te veranderen, maximaal, zoals beschreven, tot 34,5 cm. Een panlatmaat van 35 of 36 cm brengt aanzienlijke extra werk: Alle naden aan de binnenzijde moeten naderhand nog met isolatie schuim



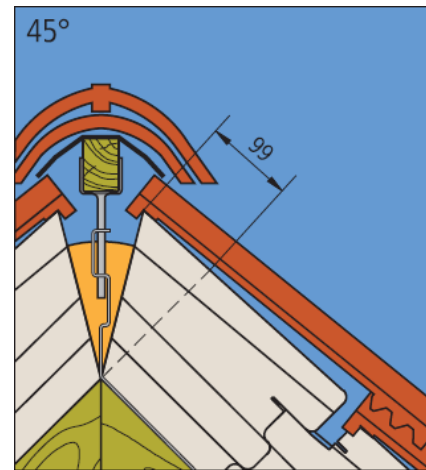
Figuur 34: Nok bij 30°



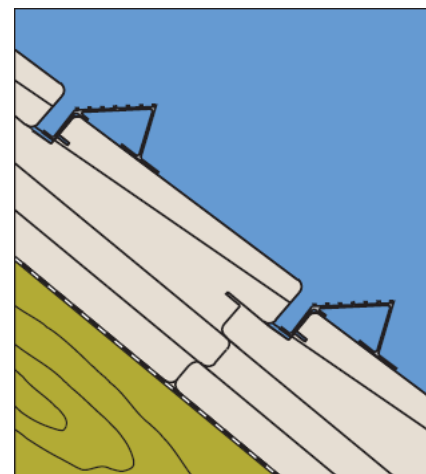
Figuur 35: Nok bij 38°

worden gedicht.

- Nu de dakisolatieplaten vanaf links beginnen te leggen.
- Deze platen op de balken nagelen: Bij elke dakisolatieplaat zijn twee verzinkte spijkers met extra grote koppen bijgevoegd.
- Is men aan het eind gekomen dan wordt het overstekende deel afgesneden en gelijk bij de aanvang van de volgende rij weer geplaatst. Zo wordt er niks verspild.
- Het verband moet minstens 15 cm zijn. Worden de dakisolatieplaten zonder spaanplaat geplaatst dan moet deze maat 60 cm zijn.
- In elke derde rij in het uitgezette maatraster een draad spannen en zo de linies controleren.
- Bij het betreden van de dakisolatieplaten kan men de houders voor de dakpannen niet beschadigen.
- Bij dakhellingen van meer dan 30 ° bestaat het gevaar van uitglijden. Er zijn zogenaamde "Treeprofielen" die 2 m lang zijn, deze kun je gewoon ophangen aan de plaat (zie figuur 37). Per dakdekker zijn er maar 4-5 stuks nodig, omdat deze altijd kunnen worden verplaatst wanneer nodig.
- Is men aangekomen op de nok, dan wordt er op elke balkpunt een ruit houder bevestigd.
- Laatste isolatieplaat recht snijden simpelweg met de isorast-gloeidraadsnijder.
- Mocht de laatste plaat niet passen dan kan deze kleiner gedimensioneerd worden. De laatste dakpannen hebben dan wel een grotere overlapping of ze worden afgesneden.
- Het is altijd beter om de maat passend te dimensioneren in het ontwerp.
- Na het monteren van de daktrim en goot wordt het dakvlak bedekt.
- Na de laatste rij, nokhouders exact in het midden buigen, op hoogte draaien, aan het draad zetten en afschuimen, zie afbeelding 26.
- Vervolgens de houten ruit erop schroeven en daar weer de nokpannen op bevestigen.



Figuur 36: Nok bij 45°



Figuur 37: Treeprofiel



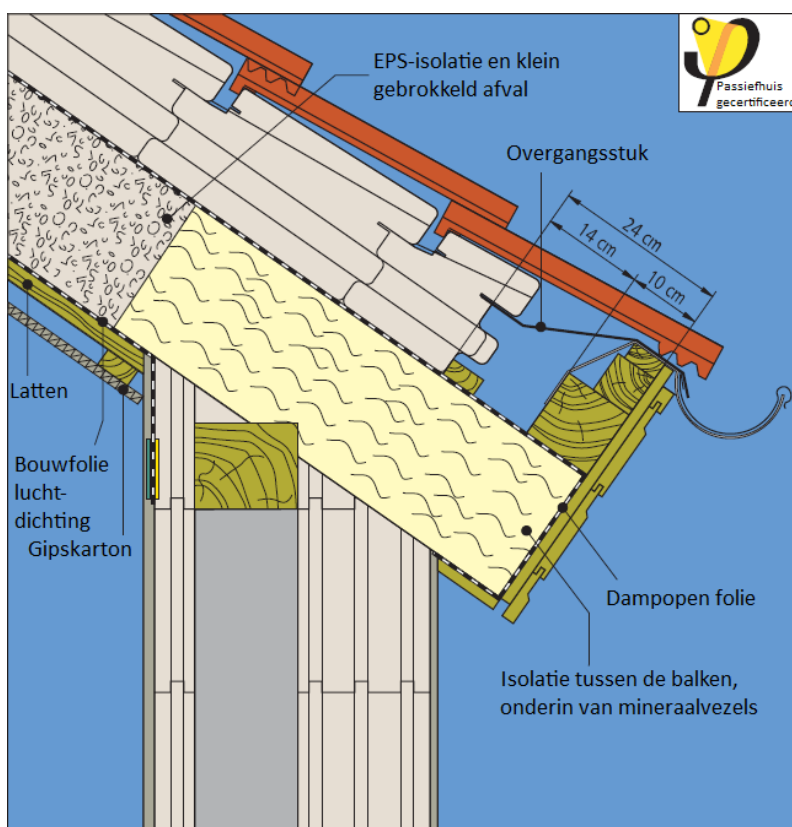
Afb. 26: Nok afschuimen



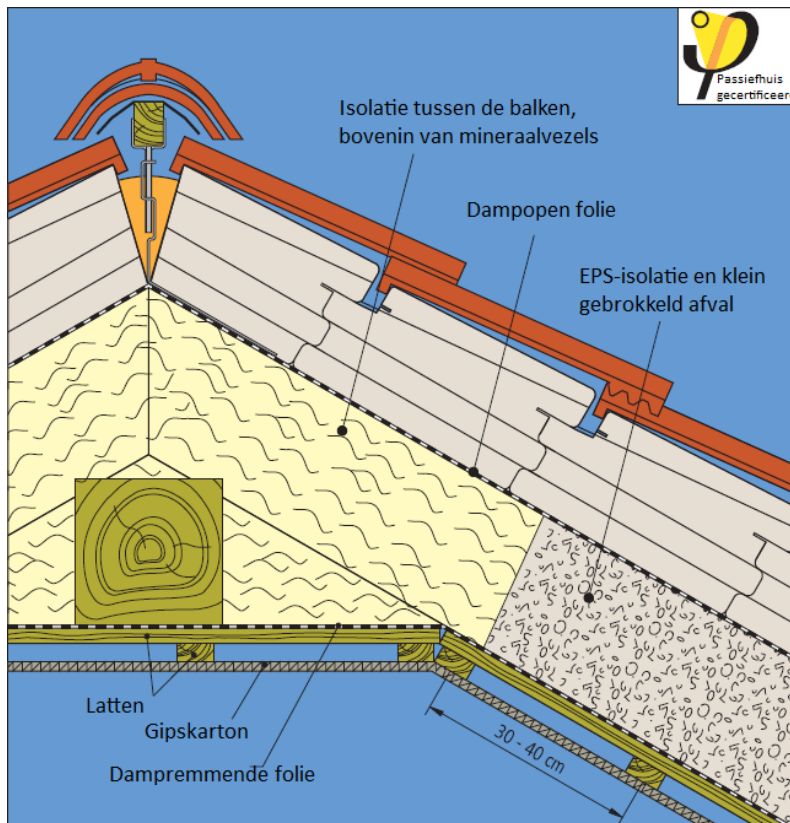
Afb. 25: Nokpannen aanbrengen



Afb. 27: 3000 m² dakisolatieplaten werden bij dit isorast-woonpark verwerkt



Figuur 38: Dakvoet detail bij een uitvoering met isolatie tussen de balken



Figuur 39: Daknok detail bij een uitvoering met isolatie tussen de balken

2.4 Verwerking met isolatie tussen de balken

Het dak moet dikker geïsoleerd worden dan de muur:

- De warmte stijgt naar boven en leidt in het dakgebied tot hogere verliezen dan in koelere gebieden
- De extra isolatie is bijzonder prijsgunstig, omdat men hier bijvoorbeeld ook afval materiaal kan worden gebruikt.

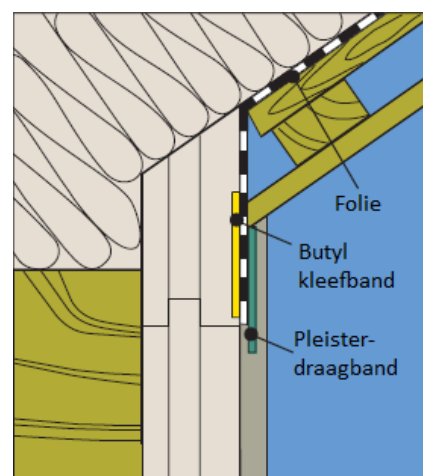
35

40 cm isolatiedikte is bij een dak in de noordelijke richting normaal. Voor passiefhuizen is deze dikte verplicht: In dit geval wordt niet een regel-balkenmaat van 8x16 cm genomen, maar 6x20, 6x22 of zelfs 6x24 cm. Deze dimensionering volgens de voorschriften van de warmte-isolatie moet niet duur worden:

- Voor een balkenafmeting van 6x20 cm is het houtverlies nog kleiner dan bij een balkenafmeting van 8x16 cm.

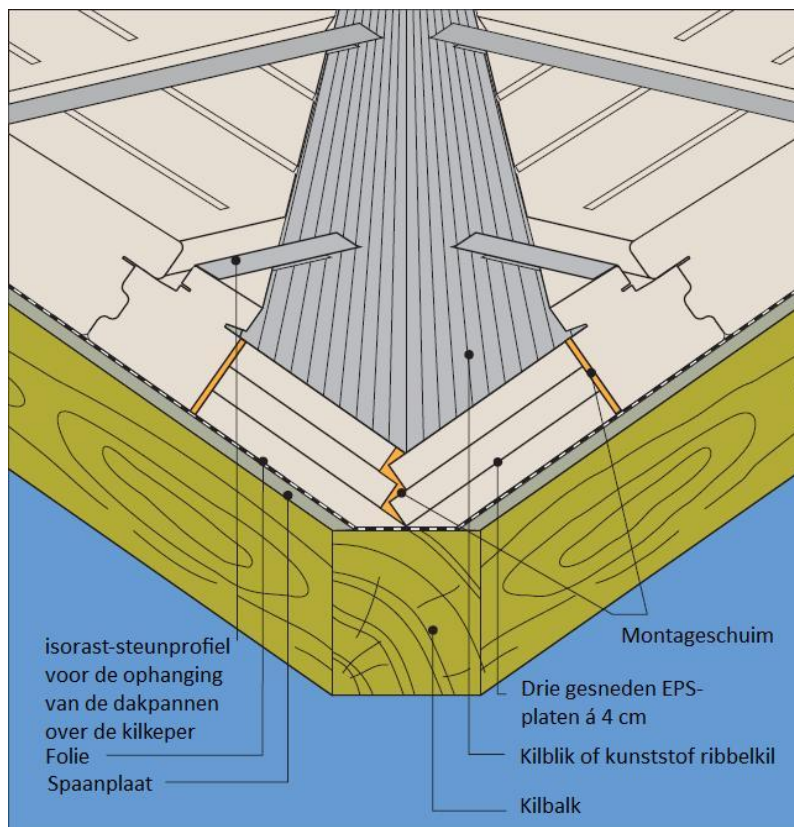
Werkvolgorde:

- De eerste binnenste folielaag aannieten ter plaatse van de balken.
- Er oplettend, dat het onderste eind van de folie ca. 20 cm over de wand loopt. Dat overlappende deel moet later luchtdicht met de wand verbonden worden. (zie figuur 40)
- Nokbalk aan onderkant van de balken bevestigen.
- Horizontale latten om een afstand van 25 - 30 cm vast nagelen.
- Eerste 50 cm van de holle ruimten tussen de balken stevig met steenwolmateriaal volstoppen.



Figuur 40: Folie aansluiting dak - wand

- Folie tot 50 cm onder de nok aan de balken nieten. Erop letten dat de laatste baan folie wordt overlapt door de baan eronder, daarmee kan er bij het opvullen met isolatiemateriaal geen ophopingen ontstaan.
- Folie randen zorgvuldig afplakken.
- Nu net als hiervoor beschreven, op de balken in twee richtingen latten nagelen.
- Opvullen met isolatiemateriaal. EPS deeltjes, van isorast in 400 liter zakken, aanbrengen in elke hoek.
- Ideaal: men kan bij de deeltjes tot wel 30% klein gebrokkelde EPS resten toevoegen. Zo is ook afval zinvol en ecologisch verwerkt.
- Tijdens de verwerking eerst altijd beginnen met EPS delen te vullen, dan het gebrokkelde afval en dan weer EPS delen. Lucht tussenruimten zijn er niet, omdat de korrelige deeltjes niet ophopen en door hun vloeibaarheid de kleinste ruimtes bereiken.
- Nu onder nok opvullen met minerale wol en daarbij de EPS delen goed verdichten, ook door middel van afkloppen tegen een daaronder gelegen plaat. De tijd nemen om het goed te verdichten, om te voorkomen dat het materiaal door andere dergelijke schokken later zichzelf verdicht en dat er daardoor holle ruimtes ontstaan.
- Hierna met folie afdekken en alles luchtdicht afplakken. (figuur 38 + 39)



Figuur 41: Detail bij een killeper

2.5 Dakbeëindigingen

Zonder dakoverstek

- Dakisolatieplaat gelijk met de wand afsnijden.
- Verbinding tussen de muur en de dakisolatieplaat isolerend afschuimen.
- Pleisterwerk aan de buitenkant tot over de rand van de dakisolatieplaat voeren.
- Eindpan niet meer dan 2 cm laten oversteken zodat er geen vogels bij kunnen.

1. Isorast-dakisolatieplaat
2. Onderlaag folie
3. Isolatie tussen de balken
4. Afgeplakte folie
5. Regel bevestigd aan de balken
6. Lat t.b.v. bevestiging van gipskarton platen
7. Gipskarton plaat
8. Butylband
9. Zelfklevend gipsdrager
10. Binnen pleisterwerk

Met dakoverstek

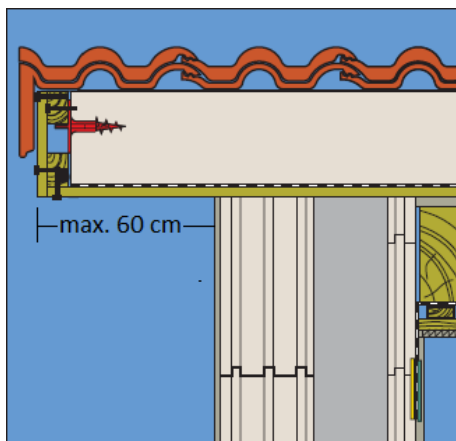
De houten afwerking die buiten aan de onderkant te zien is, is een watervast verlijmd spaanplaat die wordt vastgenageld aan de balken. De houten afwerking aan de zijkant van de dakisolatieplaat wordt vastgehouden door middel van een isorast ankerspiraal. Zie figuur 44.

Met Sierprofiel

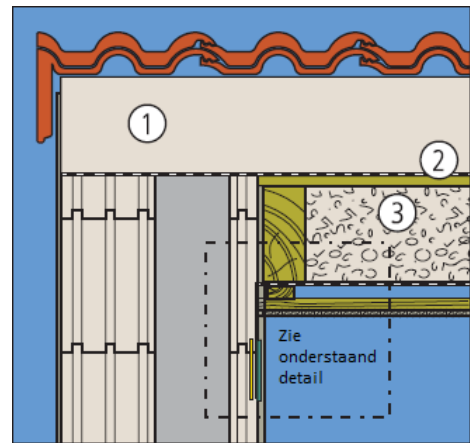
Onder de overstekende dakisolatieplaat wordt een sierprofiel vastkleeft en wordt samen met de wand bepleisterd. Zie figuur 45.

2.6 Roostertrap

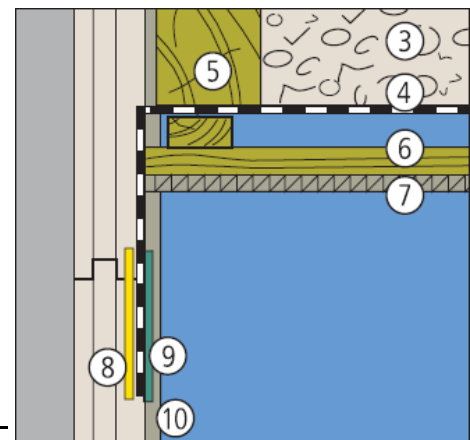
Een roostertrap moeten worden vastgezet door middel van een 1 m lange schoorstrip die wordt gecombineerd met een isorast dakisolatieplaat en vast genageld op de balken. Een roostertrap element wordt wederom met de schoorstrips vastgeschroefd.



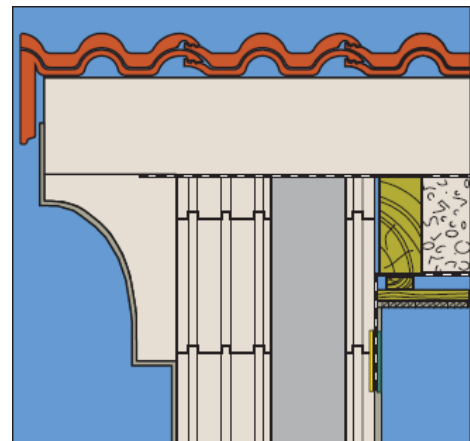
Figuur 44: Overstek



Figuur 42: Dakbeëindiging zonder overstek



Figuur 43: Aansluiting folie/bepleistering



Figuur 45: Sierprofiel

2.7 Stormzekerheid

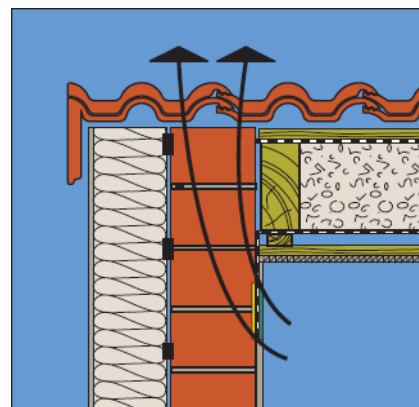
In stormgebieden moet een deel van de dakpannen extra met stormankers bevestigd worden. Hiervoor is er een isorast ondersteuningschoen die ook de lengte van een dakisolatieplaat is, 180 cm. Hier kunnen dan weer de stormankers aan bevestigd worden.

Mochten er maar weinig bevestigingsplaatsen beschikbaar zijn, dan kunnen stormankers ook met isorast isolatiepluggen vast geschroefd worden.

2.8 Thermische bruggen

Een van de vele voordelen van isolatie op de balken is het vermijden van thermische bruggen: In alle getoonde verbindingen is te zien dat ook bij hoek aansluitingen een dikke isolatielaag nodig is om warmteverlies tegen te gaan:

- Bij het weglaten van isolatie bovenop de balken kan de warmte ongehinderd naar buiten gaan.



Figuur 46: Gebrekkige uitvoering



Figuur 47: Gesmolten sneeuw op een dak wijst op warmteverliezen



Sneeuw is een eenvoudige methode om thermische bruggen te detecteren op een dak: Terwijl bij een isorast-passiefhuis op geen enkele plaats warmte door ondichtheden en thermische bruggen verloren gaan, zijn de lekkages bij het naburige huis (figuur 47) duidelijk te zien. Ook de eerder beschreven thermische bruggen in het gebied ter plaatse van de buitenwand tekenen zich duidelijk af.

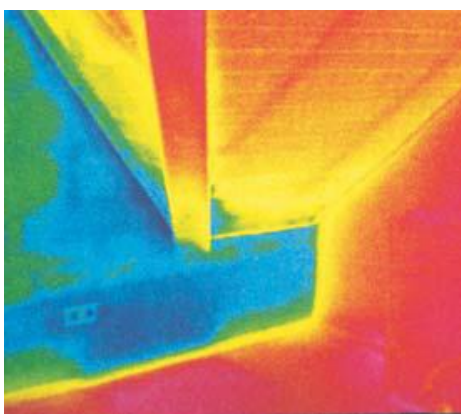
Figuur 48: Dak zonder warmteverliezen

2.9 Luchtdichtheid

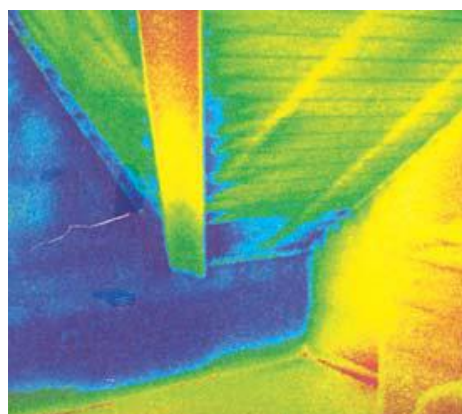
Het belang van goede aansluitingen, afplakken van folies en luchtdichte aansluiting van de dakfolie met het pleisterwerk van de wand zijn op thermografische afbeeldingen 28 en 29 duidelijk te zien.

Afbeelding 28: De balken van het dak en de platen tussen de balken gaan van binnen naar buiten door. Bij de wandoplegging ontstaat een kleine voeg. De dakfolie is niet meer met de wand verbonden. Resultaat: Koude lucht stroomt door deze voeg heen. Bij de dakvoet is er nog gipskarton aangebracht. De holle ruimte hierachter is compleet vol gestroomd met koude lucht. De thermische isolatie van de wand is onwerkzaam.

Afbeelding 29: Bij windbelasting verliezen ook de dekvloer en dakconstructie hun warmte.

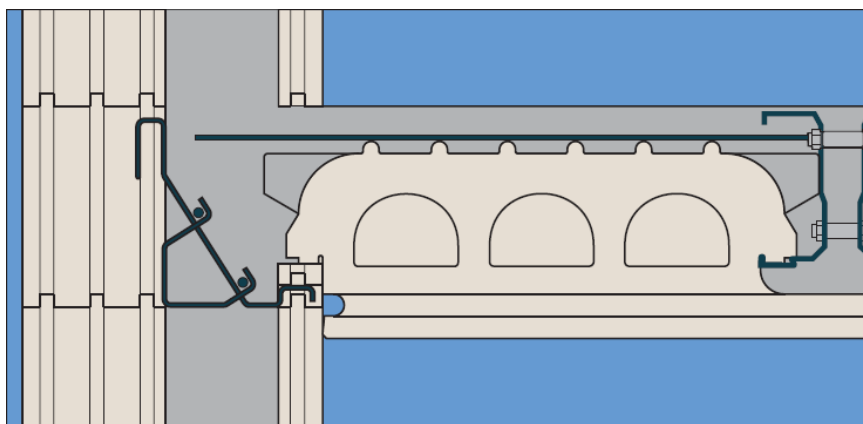


Afb. 29: Windstil

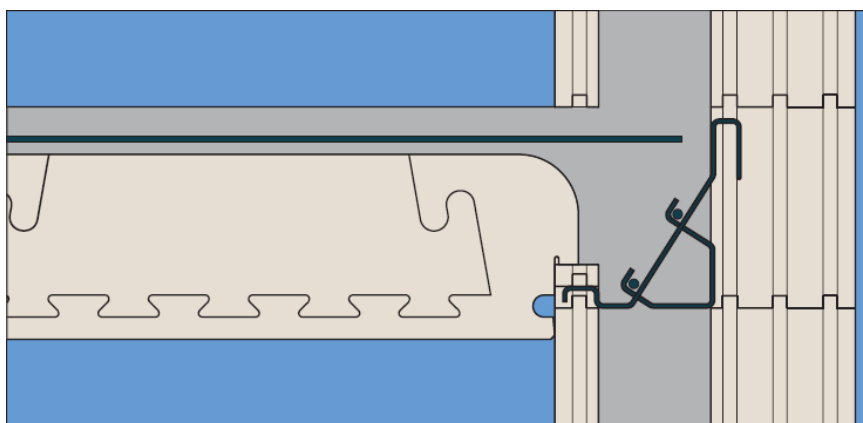


Afb. 28: Windbelasting

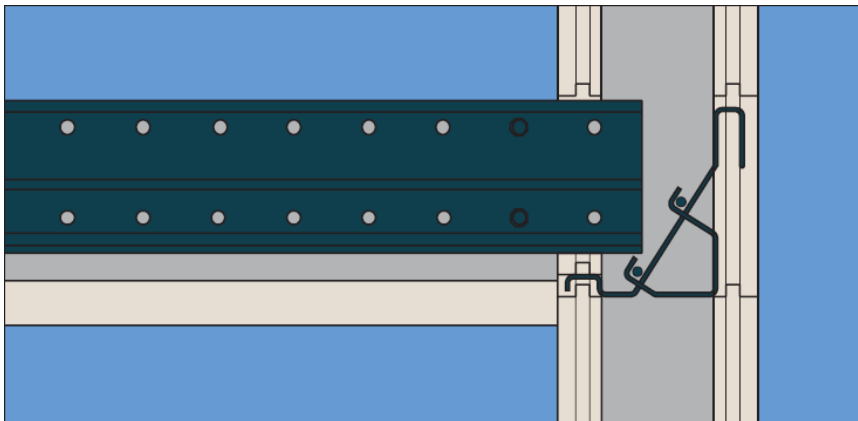
3. Isorast vloersysteem



Figuur 49: Aansluiting verdiepingsvloer



Figuur 50: Aansluiting verdiepingsvloer



Figuur 51: Aansluiting verdiepingsvloer

4. Het isorast trappen systeem

- Eenvoudige verwerking: isorast treeën in de bekistingselementen gesneden. Uiteinden wandbeton betonneren. Treevorm met beton vullen - klaar.
- Originele Architectuur: cirkelvormige trappen en hoektrappen op een eenvoudige wijze, zonder veel extra kosten mogelijk.
- Ruwbouw: Trap is bij voltooiing verdiepingshoog ingebouwd.
- Geluidsisolatie: Hoge geluidsisolatie door massieve, zware treden.
- Brandbestendig: Door toevoeging van wapening.
- Varianten: open en gesloten, brede en smalle trappen, alles is mogelijk.

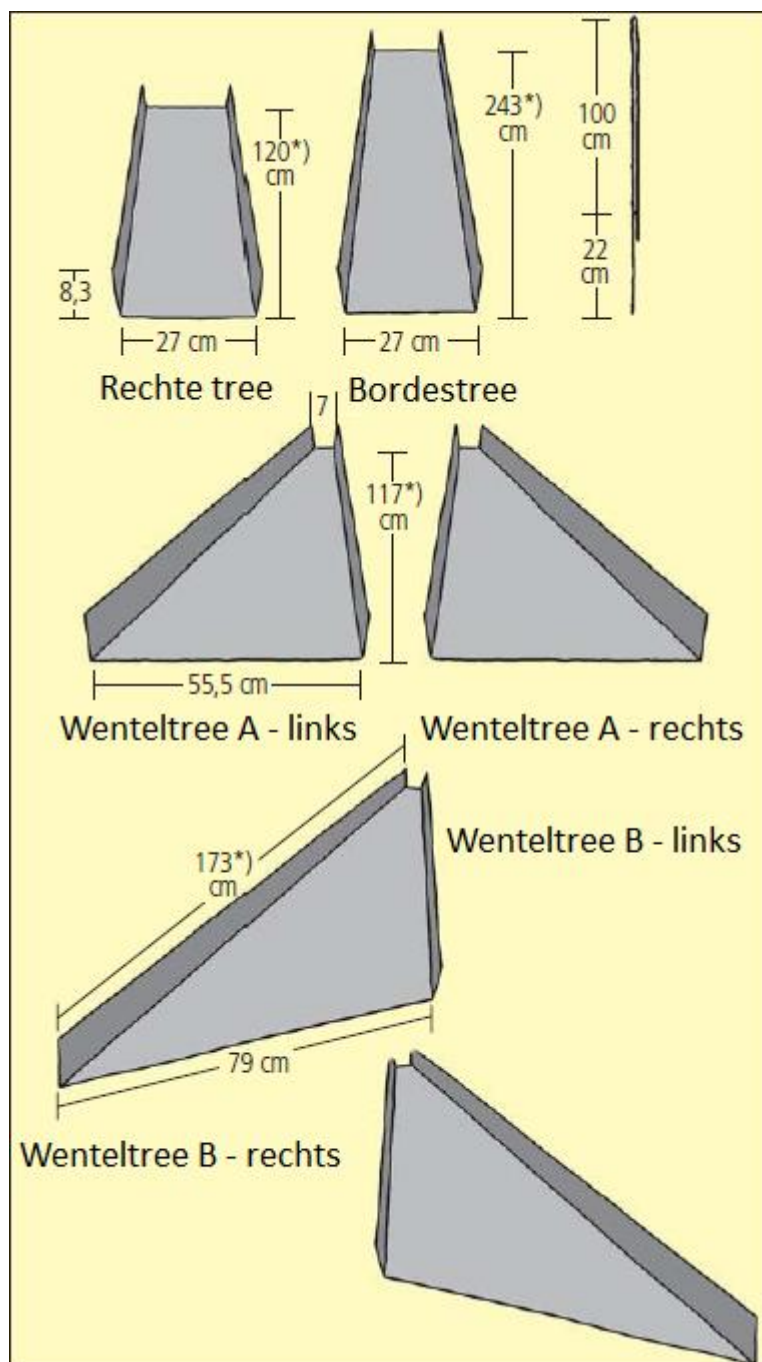


Afb. 30: Bouwplaatsfoto



Afb. 31: isorast-trap met wenteltreeën

4.1 Treevormen



Figuur 51:

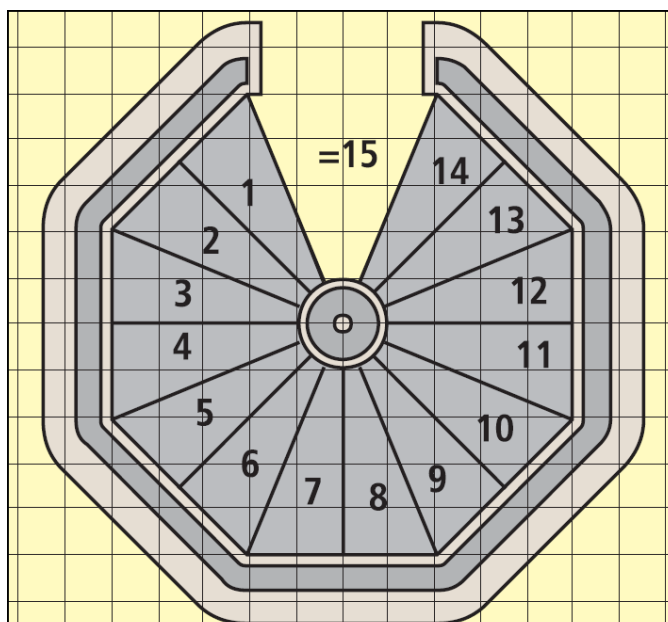
*) De geïllustreerde treeën zijn geschikt voor trappen met een vrije breedte van 100 cm, zoals afgebeeld op de volgende pagina. De treeën kunnen ook in de fabriek in het rastermaat van 6,25 cm worden gesneden, zodat ook vrije breedtes van 93,75; 87,5; 81,25 en 75 cm mogelijk worden. Bij wenteltreeën vind de inkorting plaats aan de brede kant.

**) Bij wenteltree "B" vind de inkorting plaats aan de lange kant in een rastermaat van 8,8 cm.

4.2 Ontwerpvarianten

Figuur 52:

Variant 1:
8-hoektrap. Zuil in het
midden van 25 cm
ronde elementen.
Buitenkant van
hoekelementen.



Variant 2:
Rechte hoektrap. Wand
in het midden wederom
met de 25 cm ronde
elementen.

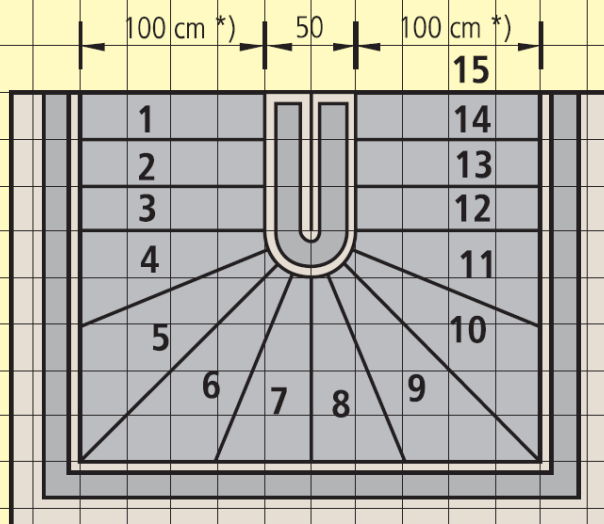
Traptreden:

5 + 9 = Type B rechts

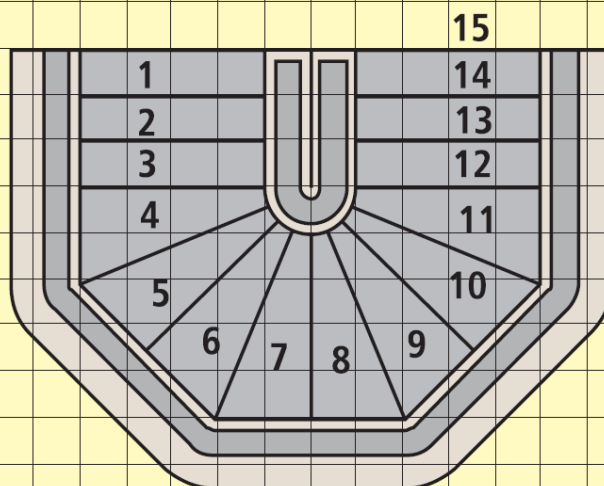
6 + 10 = Type B links

4 + 7 = Type A rechts

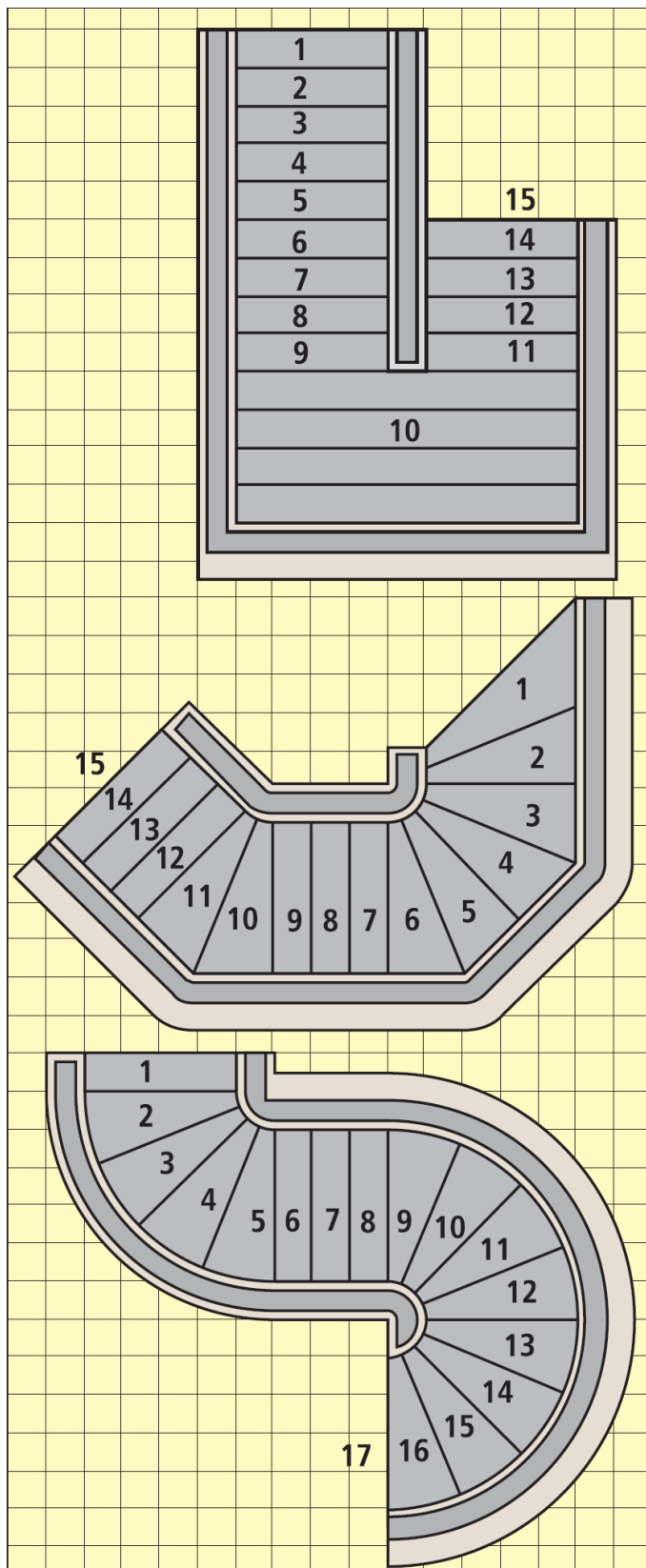
8 + 11 = Type A links



Variant 3:
Halve achthoektrap,
ideaal als trappenhuis



*) Ook in 93,75 / 87,5 /
81,25 en 75 cm vrije
breedte leverbaar



Figuur 53:

*Variant 4:
Rechte hoektrap met
bordestreden 10,
bestaande uit 4
bordestreeën*

*Variant 5:
Hoek trappenhuis*

*Variant 6:
Boogvormig
trappenhuis. In plaats
van hoekelementen
worden boogelementen
toegepast*

4.3 Gegevens

Materiaal:	Verzinkte staalplaat Ust 360-2 volgens DIN 1016, 2,5mm		
Gewicht	Rechte tree 120 cm	alleen staalplaat incl. beton	9,2 kg 60,0 kg
	Wenteltree A	alleen staalplaat incl. beton	11,0 kg 65,0 kg
	Wenteltree B	alleen staalplaat incl. beton	15,0 kg 75,0 kg
Soort tree	verzinkte staalplaat 1,5 mm, gewicht 5 kg		
Beton	B 25, 0-16 of beter 0-8 mm korrels		
Statica	Bij rechte treden kan de versterking vervallen indien dit wordt aangetoond met berekeningen. Bij wenteltrappen moet echter in elk geval in elke tree wapening geplaatst worden.		

Figuur 54

4.4 Minimumvereisten voor residentiële trappen volgens DIN 18065

	Bruikbare		Max. optrede	Minimale aantrede
	loop breedte	tree lengte		
Trap in een eengezinswoning (ook bij bejaardenwoningen), alle kelder-, verdieping-, secundaire- en noodtrappen	80 cm	100 cm	21 cm	21 cm
Trap in een meergezinswoning met 2 tot 3 woningen	90 cm		19 cm	26 cm
Trap in een meergezinswoning met meer dan 3 woningen	100 cm			
Trappen in appartementencomplex	125 cm	125 cm		

Figuur 55

4.5 Geluidsisolatie

	Norm tik-geluid L'n	Tikgeluid beschermingsmaat*)
Trappenbordes:		
isorast-bordesschoen, incl. beton	75 dB	min 12 dB
Hetzelfde alleen nou met zwevende dekvloer	49 dB	14 dB
Traplopen:		
isorast-trap, incl. beton	70 dB	min 7 dB
met 2 cm marmer belegd	68 dB	min 5 dB
met PVC-laminaatparket belegd	54 dB	9 dB
isorast trap, zwevend gestort	51 dB	12 dB

Geluidsisolatiewaarde van een isorast trap volgens DIN 4109, tabel 20; waarden volgens tabel 16 met 5 dB verminderd.

Figuur 56

Bouwrechtelijke eisen van DIN 4109, Tabel 3:

	Vereiste norm tikgeluid L'n	= vereiste tikgeluid beschermingsmaat
Vrijstaande	-	-
Twee onder een kap en rijtsjes-	53 dB	10 dB
Meer	58 dB	5 dB

Figuur 57

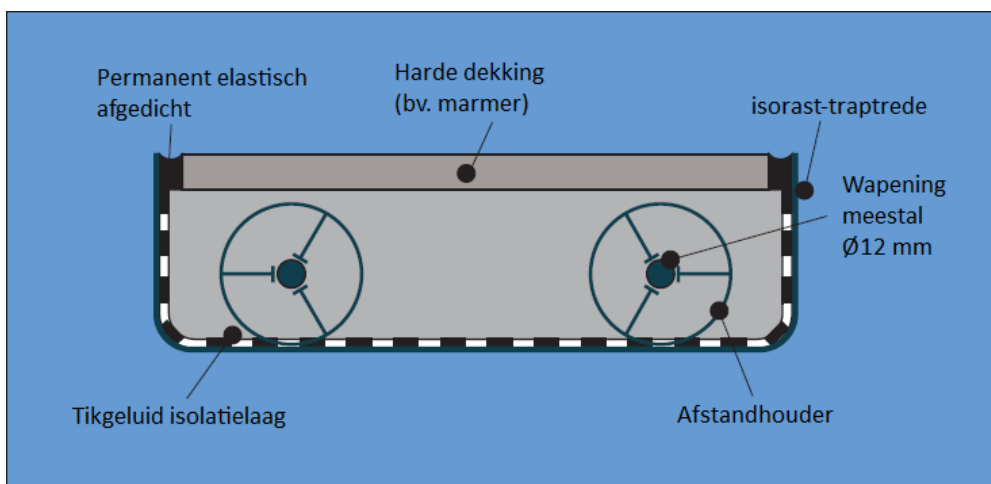
4.6 Zwevend betonneren

Uit de vorige tabellen is te halen, welke hoge eisen aan geluidsisolatie van een trap in een gebouw met meerdere verdiepingen worden gesteld. Nog hoger zijn de eisen, wanneer de trap is opgenomen in een gemeenschappelijke scheidingswand tussen twee woningen een meer familiehuus of rijtjeshuizen.

Aan de eisen van de DIN 4109 voor twee onder één kap woningen en rijtjeshuizen kan slechts worden voldaan indien de traptreden zijn voorzien van een geluidisolatielaag op de bodem van de tree of zwevend betonneren. De laatste mogelijkheid zal hieronder worden beschreven in de volgende werkvolgorde:

- De tree na het plaatsen in de wand met een geluidsisolatiebaan bedekken.
- Geluidsisolatie banen zijn ongeveer 5 mm dik en bestaan uit een celgesloten PE-schuim. Ze worden overal ingezet, daar waar bij geringde bouwhoogten maximale geluidsreductie benodigd is.

45



Figuur 58: Zwevend uitgevoerde traptrede

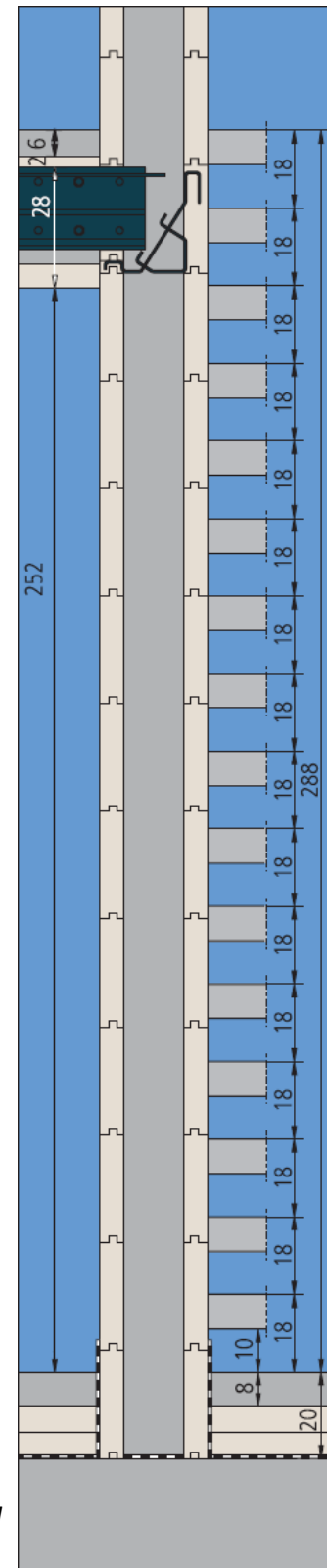
- Het tikgeluid verbeteringsmaat bedraagt doorgaans 19 dB.
- Uiteinden van de isolatiebaan ruim tegen de zijkant aanzetten.
- Nu dat er geen verbinden is tussen het beton en blik, moeten de treeën worden versterkt met twee wapeningsstaven van rond 12mm. De wapeningsstaven grijpen niet in de wand aan. Het beton moet zwevend in de isolatiebaan liggen en mag op geen enkel punt in contact staan met de muur of blikken tree.
- Isolatiebaan na het storten van de tree afsnijden.
- Isolatiebaan aan het einde indrukken en duurzaam elastisch opvullen.

- De binnenbepreistering mag eveneens niet in contact staan met de treeën, deze moeten gescheiden worden met een zachte isolatiestrook.
- Goede resultaten in de geluidsisolatie wordt ook bereikt zonder een zwevende uitvoering, wanneer een zachte vloerbedekking bijvoorbeeld een tapijt wordt gebruikt.

4.7 Werkvolgorde

1. Verdiepingshoogte van bovenkant afwerkvloer tot bovenkant afwerkvloer. Deze bedraagt 288 cm in figuur 60.
2. Verdiepingshoogte gedeeld door de gewenste tree hoogte: $288 / 18 = 16$. Dit resulteert in 16 treeën van 18 cm in figuur 60.
3. Ter plaatse van de trap wordt de buitenwand al verdiepingshoog gestapeld. De binnenste wand wordt met de montage van de treeën omhoog gezet.
4. Aan de buitenste wand wordt nu de maatvoering van figuur 60 gemarkeerd: Men begint als eerste met de tree boven de afwerkvloer en gaat dan van daaruit elke tree uitzetten tot en met de volgende verdieping.
5. Vervolgens worden alle treeën gemarkeerd.
6. Contouren van de treeën uitzagen met de isorast zaag en vervolgens de treeën erin zetten. De binnenste wand wordt stuk voor stuk mee omhoog gezet.
7. Wapening, althans voor de wenteltreeën, samen met afstandhouders invoegen.
8. De tree einden worden nu met de betonnen wand vergoten.
9. De tree blikken worden met het beton van de vloer gegoten.
10. In geval van gesloten trappen eerder stelvlakken inleggen.
11. Afhankelijk van de vraag of de latere afwerking aansluitend is of op de tree gelijmd, wordt het beton van een tree glad of overeenkomstig afgewerkt.

Opmerking: De lichte en snelle verwerking van de isorast trap werkt een slechte voorbereiding in de hand. Om niet in deze valkuil te stappen is de opname van een dimensionale maattekening een goede voorbereiding, waardoor men exact weet waar men boven aankomt.



Figuur 59: Voorbeeld maatvoering