



LenteAkkoord
energiezuinige nieuwbouw

Bouwen aan een goede schil

Met aandacht voor comfort en binnenmilieu



UPDATE
2015

Nul-energie in 2020

Energiebesparing in de gebouwde omgeving loont. De meeste investeringen in besparende maatregelen worden door de eindgebruikers dubbel en dwars terugverdiend. En naarmate de energieprijzen stijgen, worden steeds meer maatregelen lonend. Al met al draagt energiezuinige nieuwbouw steeds meer bij aan het behalen van landelijke milieudoelstellingen en internationale afspraken over het reduceren van CO₂-emissies.

In 2020 moeten nieuwbouwwoningen bijna energieneutraal worden gebouwd. Dat is het doel waar de sector zich in het Lente-akkoord aan heeft gecommitteerd. Dat is haalbaar. Dat blijkt uit tal van projecten in binnen- en buitenland. Slimme ontwerpen, een hoogwaardige uitvoering en goede materialen en installaties maken comfortabele nul-energiewoningen mogelijk.

Bij elk nieuw project staan ontwerpers en bouwers voor de vraag hoe de beste energieprestatie tegen de laagste kosten wordt bereikt. Welke maatregelen zijn het meest succesvol? Het blijkt dat veel aandacht voor een goede gebouwschil de meeste vruchten afwerpt. Dat is ook logisch: het is een eenmalige investering die zolang de woning er staat, rendement oplevert.

In deze brochure presenteren we principes en aanbevelingen voor een goede gebouwschil met aandacht voor comfort en binnenmilieu. We ontleen die aan ervaringen in recente bouwprojecten met een uitzonderlijke energieprestatie.

Een goede schil is het halve werk

Energiezuinig bouwen kan niet zonder een goede schil: thermisch isolerend en kierdicht. En dat vereist een zorgvuldige voorbereiding, detaillering en uitvoering. Alle componenten van de schil moeten in samenhang worden geoptimaliseerd. De kwaliteit van de uitvoering is daarna bepalend voor de energieprestatie. In deze inleiding bespreken we vier principes voor een goede schil. In de volgende paragrafen werken we die uit naar tips voor de bouwpraktijk.

Principe 1: energie, gezondheid én comfort

Energie is niet het enige dat telt. Aspecten als gezondheid en comfort bepalen net zo goed de kwaliteit van een woning. Goede thermische isolatie en kierdichting moeten daarom gelijk op gaan met aandacht voor zonwering en een passend ventilatiesysteem. Alleen in samenhang ontstaat een robuuste thermische schil met comfort, lage energielasten en een gezond binnenmilieu.

Principe 2: energetische samenhang

Een goede energieprestatie hangt af van de energetische kwaliteit van alle componenten en materialen. Naarmate de isolatiewaarde van de gevel beter is, neemt het belang van goed isolatieglas en aandacht voor koudebruggen en kierdichting navenant toe. De energiewinst is maximaal wanneer alle maatregelen in samenhang worden ontworpen en uitgevoerd. Een gebrek aan samenhang leidt tot energieverlies en comfortklachten.

Principe 3: kosten en baten in balans

Bewoners accepteren dat een energiezuinige woning duurder is, mits zij de meerkosten binnen tien jaar terugverdienen op de energierekening. Met die marge hebben bouwpartijen rekening te houden. Wanneer de ontwikkelaar een energieggarantie geeft, kan de bewoner per saldo rekenen op lagere woonlasten. De aannemer staat voor de taak om het ontwerp op de juiste manier te realiseren, want anders gaat de berekende energiewinst alsnog verloren.

Principe 4: kwaliteit van kop tot staart

Een hoge energieprestatie staat of valt met een hoge bouwkundige kwaliteit. Een goed ontwerp is één. De zorg waarmee het ontwerp wordt uitgevoerd, maakt het verschil. De kwaliteit moet systematisch worden gecontroleerd: tijdens de bouw en bij oplevering. Sommige fouten kunnen worden hersteld. Kan dat niet, dan kunnen ze tenminste bij volgende projecten worden vermeden.

Over deze brochure

De vier principes geven aan waar verantwoorde energiemaatregelen aan moeten voldoen. In deze brochure kijken we hoe die principes doorwerken in het ontwerp van een goede gebouwschil. We bespreken achtereenvolgens:

- **Vloer en dak**
- **Gevel**
- **Transparante delen**
- **Aansluitdetails**
- **Kierdichting**

Rekenen aan de isolatiewaarde

De energieprestatienorm van gebouwen (EPG) geldt als norm voor het bepalen van de energieprestatie van nieuwe gebouwen. De EPG is genormaliseerd conform de NEN 7120. Er worden vier eenheden gebruikt om de energetische kwaliteit van de gebouwschil te bepalen.

Rekenen volgens de EPG

Maat	Synoniem	Omschrijving	Eenheid
R_c -waarde	warmte weerstand	Geeft de isolatiewaarde van een dichte constructie aan.	m^2K/W
U-waarde	warmte doorgangscoefficiënt	Geeft aan hoeveel warmte er via een scheidingsconstructie (zoals een kozijn met raam) verloren gaat.	W/m^2K
Ψ -waarde	lineair verlies	Geeft aan hoeveel warmte er via een scheidingsconstructie (zoals een kozijn met raam) verloren gaat.	W/m^2K
$q_{v,10}$ -waarde	lucht-lekkage	Geeft aan hoeveel lucht er door de schil stroomt bij 10 Pascal over- of onderdruk.	dm^3/s (of liter/s)

Tips

Als de beoogde isolatiewaarde hoog is, let dan extra op een zorgvuldige voorbereiding en een nauwkeurige uitvoering.

Goede isolatie moet gelijk opgaan met goede kierdichting en het vermijden van koudebruggen.

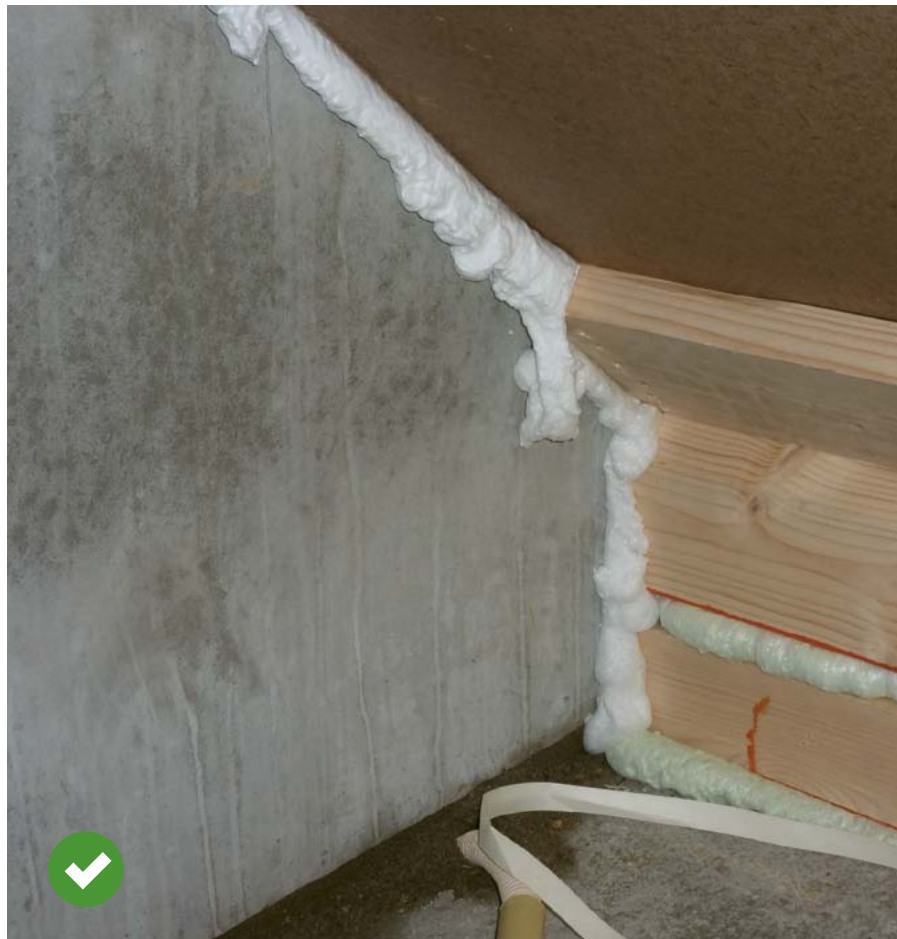
Energiemaatregelen vergen meerkosten. Dat is acceptabel als de bewoner die kan terugverdienen via een lagere energierekening.

Een excellente oplevering is noodzakelijk. Door de oplevertoets voor EPC en ventilatie uit te voeren kan kwaliteit worden gegarandeerd.

1

Vloer en dak

In nieuwbouwwoningen moet vanaf 1 januari 2015 de R_c -waarde van de begane-grondvloer minimaal $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ zijn en die van het dak $6,0$ volgens het Bouwbesluit. Ervaringen leren dat ook een R_c -waarde van $5, 6$ of zelfs 10 mogelijk is met in de handel zijnde isolatiematerialen. Afhankelijk van het gekozen materiaal wordt het dak- of vloerpakket gewoon een stuk dikker. Dat kost meer, maar er zijn geen bijzondere technische belemmeringen.



Dakvoet goed luchtdicht ingewerkt. Hierna wordt het detail nog afgewerkt.

Vooraf het dak

Toch is eindeloos isoleren niet de oplossing. De energiewinst bij het vergroten van het isolatiepakket onder de vloer is redelijk beperkt. Het dikker isoleren van het dak levert veel meer op. Doorgerekend met de nieuwe NEN 7120 (Energieprestatie van gebouwen, Bepalingsmethode) geldt dat de bijdrage aan energieverlies voor een tussenwoning globaal uit komt op 2:3:5 voor resp. vloer, gevel en dak. Voor een hoekwoning en vrijstaande woning neemt het belang van de gevel toe.

Energiewinst in een standaard tussenwoning (berekend met NEN 7120)

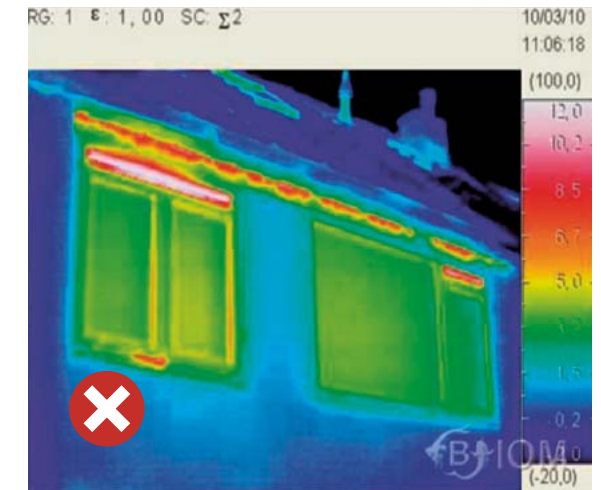
Onderdeel	Optimalisatie (R_c -waarde)	Jaarlijkse aardgasbesparing
Dak	Geen $6,0$ maar $10,0$	27 m^3
Gevel	Geen $4,5$ maar $8,0$	19 m^3
Vloer	Geen $3,5$ maar $5,0$	10 m^3

Let op details

Ter plaatse van doorvoeren en aansluitingen is extra aandacht nodig om onbedoelde luchtlekken te voorkomen. Bijvoorbeeld bij de dakvoet. Als deze met onvoldoende aandacht voor alle details is uitgevoerd, leidt dat tot warmteverliezen die op een infraroodfoto zichtbaar worden.

Dakkapel als kozijn

Kozijnen en een dakkapel zijn de zwakke schakels in de gevel. Het Bouwbesluit laat toe dat de zijwangen van een dakkapel als een 'kozijn' worden ingevoerd. Dit houdt in dat de U-waarde maximaal $1,65$ moet zijn. Bedenk dat een U-waarde van $1,65$ staat gelijk aan een R_c -waarde van slechts $0,6$. Dus ook al voldoet een dakkapel aan het Bouwbesluit, er gaat veel energie door verloren. Een U-waarde van $0,7$ is mogelijk met drievoudig glas en iets dikkere isolatieplaten in de zijwangen. Dat kost weinig extra maar beperkt het energieverlies met meer dan de helft.



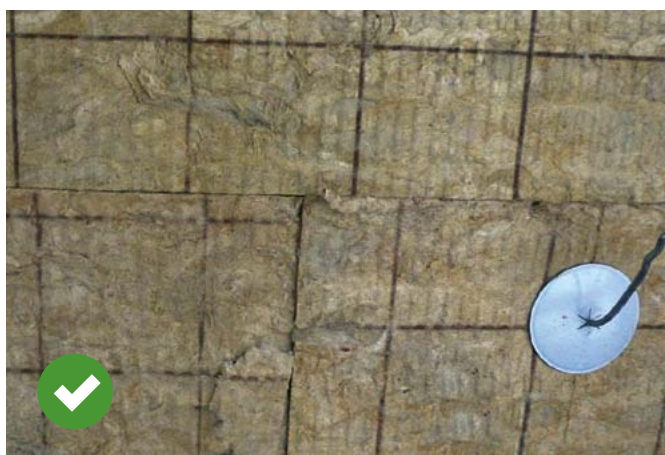
Dakvoet niet goed luchtdicht ingewerkt; warmteverlies zichtbaar op infraroodfoto.

Tip

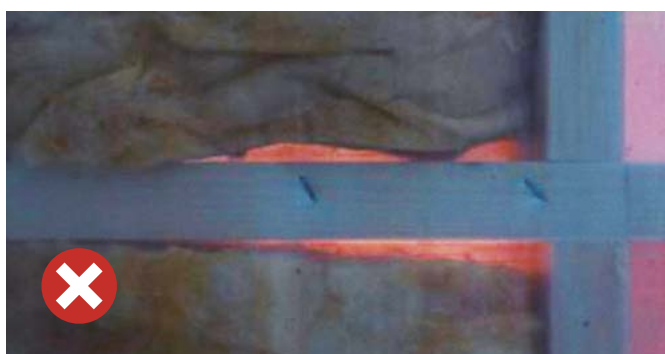
Pas bij vloerverwarming direct onder de vloerleidingen een isolatielaag van minimaal 2 cm toe. Dit zorgt voor een halvering van de opwarmtijd van de vloer en levert dus meer comfort. Deze isolatie kan tevens worden gebruikt als tackerisolatie voor het bevestigen van de vloerleiding en spaart daarmee een verzinkt net uit.

2

Dichte geveldelen



Isolatie correct strak en sluitend aangebracht.



Het zit er wel, maar het werkt niet...

De R_c -waarde van dichte geveldelen moet volgens het Bouwbesluit per 2015 $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ zijn. De meest gangbare gevels bestaan uit steenachtig materiaal of houtskeletbouw. Voor isolatie wordt gekozen voor minerale wol, hardschuim of andere isolatiematerialen, afhankelijk van vormgeving, bouwmethode en programma van eisen.

Materiaalkeuze

Gangbare isolatiematerialen zijn platen van minerale wol of hardschuim, al dan niet voorzien van een extra laagje (metaal)folie. Hardschuim is duurder dan minerale wol, maar heeft een hogere isolatiewaarde. Het realiseert binnen dezelfde dikte dus meer effect. Minerale wol heeft andere voordelen: het is goedkoper, het heeft betere akoestische eigenschappen, het is makkelijker te verwerken en het is beter brandwerend.

Zorgvuldige uitvoering

Het aanbrengen van isolatiemateriaal moet zorgvuldig gebeuren. Vaklieden op de bouwplaats moeten weten wat ze doen en nauwkeurig te werk gaan. In de praktijk komt het vaak voor dat isolatieplaten slordig worden gesneden. Dan ontstaan er onnodige kieren en gaten. Het afdichten daarvan (als het al gebeurt) is bewerkelijk en leidt tot suboptimale oplossingen.

Strak tegen binnenspouwblad

Als het werk goed wordt uitgevoerd, liggen de isolatieplaten naadloos tegen elkaar, strak tegen het binnenspouwblad. Eventuele ruimte tussen het binnenspouwblad en de isolatieplaten vormt een valse spouw die de isolatiewaarde beperkt.

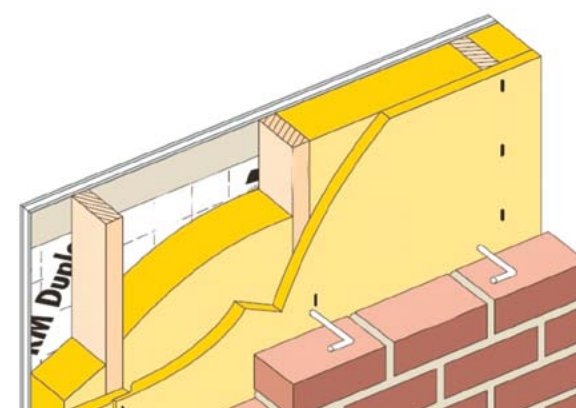
Het binnenspouwblad moet daarom glad zijn. Is dat niet het geval, kies dan isolatiemateriaal dat oneffenheden kan opvangen, zoals minerale wol of een samengestelde plaat van hardschuim met minerale wol.

Isoleren van baksteen gevels

Acht op de tien woningen in Nederland worden uitgevoerd met een bakstenen buitenblad. Bij gebruik van minerale wol en een R_c -waarde van 4,5 of hoger ontstaat het probleem dat de isolatie niet past in de standaard spouw. Dan moeten andere bouwdeelen ook worden aangepast, zoals de funderingsbalk, spouwankers, geveldraggers en kozijn-aansluitingen. In de baksteenbouw wordt daarom steeds vaker gekozen voor hardschuim in plaats van minerale wol. Dat is duurder, maar hiermee kan de spouwbreedte beperkt blijven.

Isolatie bij houtskeletbouw

Houtskeletbouw is in opmars. Bij deze bouwmethode wordt in de fabriek het skelet met binnenblad en isolatiepakket gemaakt. Dat is een voordeel omdat daardoor perfectie mogelijk is. Slechts het buitenblad wordt op het werk gemaakt. Dit bestaat bijvoorbeeld uit een bekleding met hout, steenstrips, pleisterwerk of baksteen. Met houtskeletbouw is een hoge isolatiewaarde haalbaar. Bij een R_c -waarde van 5 of meer worden elementen met I-liggers toegepast zodat er meer ruimte is voor isolatie. Ook wordt er vóór de stijlen langs aanvullend isolatie toegepast van minerale wol of bijvoorbeeld houtvezel. Dat zorgt voor een tweede isolatielaag zonder thermische doorbrekingen van hout. Sommige leveranciers gebruiken geen isolatieplaten, maar vullen de ruimtes in de elementen met cellulosevlokken. Dat werkt even goed, mits volledig gevuld en er geen vocht in de ruimten kan komen.



Luchtspouwen tussen het binnenspouwblad en het isolatiemateriaal leiden tot warmteverlies (zichtbaar op de infraroodfoto) en uiteindelijk tot schimmelvorming (zichtbaar op de wand)

Tips

Zorg bij een hoge isolatiewaarde van de gevel ook voor een goede isolatiewaarde van glas en kozijnen. Als dat uit balans is, gaat de energie alsnog verloren.

Houd tijdens de bouw een projectdossier bij. Dat is nodig om bij oplevering de EPC en ventilatie te kunnen toetsen. Verzamel de afleverbonnen waarop R_c - en U-waarden staan.

Maak tijdens de bouw foto's van details en bespreek de verbeterpunten met de uitvoerder. Zo houdt u grip op een correcte uitvoering. Zie verder: handleiding opnameprotocollen EWN en EUN van ISSO.

3

Glas en kozijnen

Een gevel bestaat vaak voor de helft of meer uit glas. Dat is noodzakelijk voor een prettige woning, maar energetisch gezien vormt het een zwakke schakel. Zelfs een raam met HR++-glas verliest acht keer meer warmte dan een even groot geveldeel met een R_c -waarde van 5. Het energieverlies via een transparant deel wordt bepaald door de U-waarde van het glas en het kozijn samen.

Rondom luchtdichte aansluiting tussen kozijn en gevel.



Warmtebalans

Tegenover warmteverlies via transparante delen staat, dat via het glas zonnewarmte de woning binnenkomt. De energie die binnenkomt, wordt voornamelijk bepaald door de oriëntatie van het glas op de zon. In de optimale situatie wordt het energieverlies beperkt door goed isolerend glas en vervolgens dankzij een goede oriëntatie volledig gecompenseerd door de warmte van de zon.

Energiebehoefte per m² raam (MJ/jaar*)

Oriëntatie	Dubbel-glas	HR-glas	HR+- glas	HR++-glas
Zuid	127	85	14	0
Zuidwest en zuidoost	259	198	127	56
West en oost	381	302	231	160
Noordwest en noordoost	450	362	291	220
Noord	469	378	307	236

*1.000 MJ komt overeen met 31 m³ aardgas. Bron: www.sbr.nl/producten/infobladen/isolatieglas-selecteren-situeren-en-monteren, geraadpleegd 6 mei 2013/ HR++-glas

Kans op oververhitting

Let op dat met (grote) glasoppervlakken de kans op oververhitting bestaat. Zeker bij een goed geïsoleerde woning kan dat een probleem opleveren. De warmte die dan binnenkomt, blijft te lang binnen waardoor de binnentemperatuur te hoog wordt. Met zonneschermen, warmtewerend glas, luiken, brede overstekken en goede ventilatie is dat probleem te ondervangen.

Let op aansluitdetails

Bij een goed geïsoleerde woning is het belangrijk om te letten op aansluitdetails tussen gevel en kozijn en op de luchtdichtheid van bewegende delen. Ook de kwaliteit van hang- en sluitwerk is belangrijk. Onbedoelde luchtlekken komen aan het licht met een blowerdoortest in combinatie met rookproeven en infraroodfoto's.

Onbedoelde luchtlekken komen snel aan het licht bij een blowerdoortest.



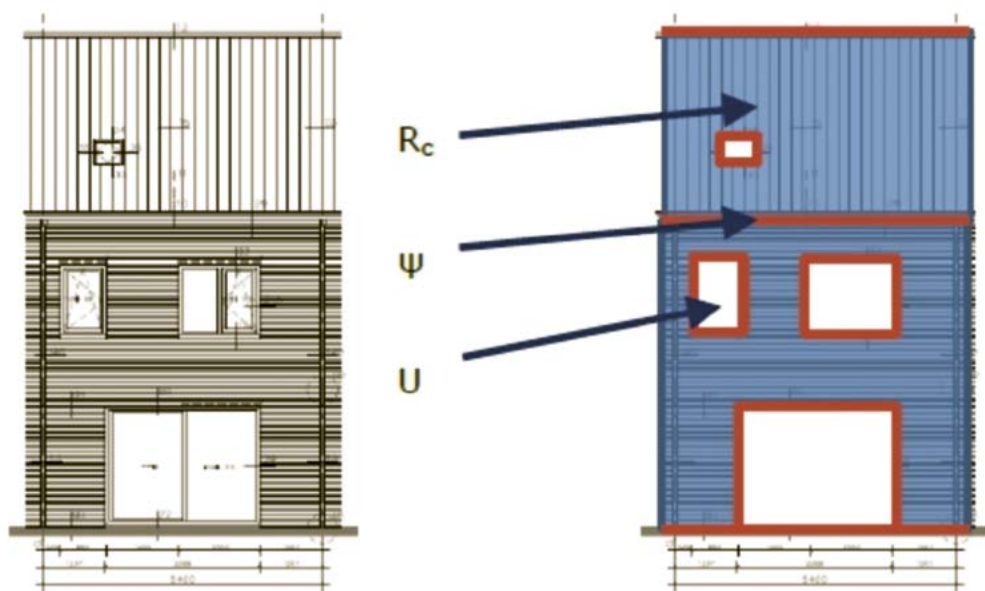
Tip

Wilt u niet alleen de gevel uitstekend isoleren, maar ook de ramen op een bijpassend niveau brengen? Gebruik dan driebladig HR+++-glas, met een U-waarde tot 0,6. In Nederland wordt dit nog niet zoveel toegepast. In sommige andere landen is het al redelijk gangbaar. ISSO.

4

Aansluitdetails

Bij elke overgang tussen twee constructiedelen treden lineaire verliezen op. Ze veroorzaken plekken waar het kouder aanvoelt. Beruchte plekken zijn ophangingen van balkons, galerijen, luifels en geveldraggers aan de constructie. Daar is de isolatielaag doorbroken. Maar ook andere verzwakkingen in de isolatielaag veroorzaken lineaire warmteverliezen.



Bepalende verliezen

Als de gebouwschil goed geïsoleerd is, zijn de lineaire warmteverliezen vaak bepalend voor het energieverlies van de woning. Lineaire warmteverliezen treden op waar de isolatielaag van de gebouwschil wordt doorbroken. Dat gebeurt op nogal wat plaatsen. Voorbeelden zijn aansluitingen van kozijn en gevel, van geveldelen met het dak en houten rekjes tussen kozijnen en bovengelegen vloeren. Soms zijn er balkons of andere uitkragingen. Bij hogere R_c -waarden leiden ook plekken met veel hout zonder verdere isolatie tot lineaire warmteverliezen. Al deze aansluitdetails moeten zorgvuldig worden ontworpen en uitgevoerd.

Forfaitaire waarde

Lineaire warmteverliezen worden uitgedrukt in de Ψ -waarde (psi-waarde). De eenheid is W/mK . Bij het opmeten vanaf de geveltekening heeft de Ψ -waarde dus alleen een lengte, maar geen hoogte, breedte of dikte. In de EPC-berekening kan voor de Ψ -waarde een forfaitaire (veilige) waarde worden meegenomen. Als deze forfaitaire waarde niet wordt gebruikt, maar als verbeterde bouwdetails worden ingevoerd, levert dit een EPC-winst op van circa 0,05 punt (bij grondgebonden woningen).

Let op details

Lineaire warmteverliezen kunnen worden beperkt door gebruik te maken van de SBR-referentiedetails. Hiervoor zijn al koudebrugberekeningen gemaakt. Isolatiemateriaal moet als een aaneengesloten deken strak tegen het binnenspouwblad worden aangelegd. Bij constructieve verbindingen kan de 'isokorf' een oplossing bieden. Hiermee worden koudebruggen bij dragende betonelementen voorkomen, bijvoorbeeld bij aansluitingen van een balkon aan de constructie van een gebouw. Ook de ophanging van gemetselde geveldelen met stalen geveldraggers veroorzaakt lineaire warmteverliezen. Hiervoor moeten nog betere producten op de markt komen. Pas waar mogelijk zelfdragende lateien toe.

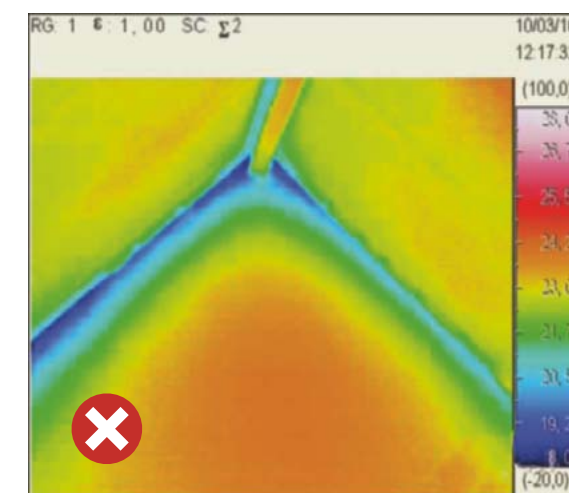
Tips

Licht de ontwerper in over het gebruik van SBR-referentiedetails en/of laat hem bijstaan door een deskundig bouwfysicus.

Of ontwikkel uw standaard details dóór op zeer energiezuinige oplossingen, gebaseerd op de SBR-referentie details.



Goed geïsoleerd ter plekke van de woningscheidende wand



Koudebrug in de isolatie op de woningscheidende wand ter plaatse van het dak.

5

Kierdicht bouwen



De dakdoorvoeren luchtdicht afgewerkt met een manchet.



Onbedoelde luchtlekken, waargenomen tijdens blowerdoortest met rookproef.

Kieren en naden in de gebouwschil veroorzaken ongewenste luchtstromen (infiltratie) waardoor een woning onnodig warmte verliest. Bijvoorbeeld op knooppunten, waar gevel, kozijnen, dak of vloer samenkomen. Ook leidingdoorvoeren kunnen een spelbreker zijn. Kierdicht bouwen is mogelijk door een nauwkeurige detaillering en een zorgvuldige uitvoering.

Infiltratie is geen ventilatie

Iedere woning moet voldoende geventileerd worden. Daarom denken sommige mensen dat een beetje lekke woning zo erg niet is. Dat is een misverstand. Infiltratie is geen ventilatie. Als er door kieren en naden in de gebouwschil frisse lucht de woning binnenkomt, is dat meestal teveel, op de verkeerde plekken en op verkeerde momenten. Er ontstaat tocht en er kan schade aan de constructie ontstaan. Het is beter om kierdicht te bouwen en om vervolgens goede ventilatievoorzieningen te treffen.

Alle details ontwerpen

Het is belangrijk om in de ontwerpfase alle details goed uit te werken en te laten controleren door een bouwfysicus. Het is nog beter als de ontwerper, bijvoorbeeld met behulp van SBR-referentiedetails geactualiseerde details aanlevert, die tenminste voldoen aan de eisen uit het Bouwbesluit. Alle afdichtingen van aansluitnaden moeten van tevoren in details worden uitgewerkt. Ook stelruimte, tolerantie en thermische uitzetting moeten worden meegenomen in het ontwerp. Als het ontwerp goed is gedetailleerd, is de basis voor kierdicht bouwen gelegd en hoeft de aannemer minder te improviseren.

Binnenkant gevel

De luchtdichte laag van de schil moet zo dicht mogelijk aan de binnenkant van de gevel komen. Bij houtskeletbouw sluit de luchtdichting aan op de dampremmende



Kozijn aan de binnenzijde luchtdicht afgeplakt.

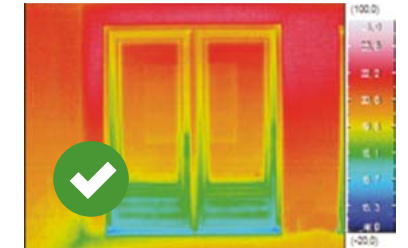
(tevens luchtdichte) laag aan de binnenzijde van het spouwblad. Voor kierdichting rond kozijnen gebruiken Duitse bouwbedrijven vaak zelfklevende folie die aan de binnenzijde van de kozijnen wordt geplakt, over de naad tussen het stelkozijn en het binnenspouwblad.

Dak- en geveldoorvoeren

Bij doorvoeren door de gevel of het dak bestaat kans op naden en kieren. Die kunnen worden voorkomen door het gebruik van goede manchetten. Hier is niet alleen de luchtdichtheid bij gebaat; de algehele bouwkwiteit gaat erop vooruit. Bij dakdoorvoeren, bijvoorbeeld, geven luchtlekken kans op inwendige condensatie die de dakconstructie kunnen aantasten.

Nauwkeurig werken

Voor een goede kierdichtheid moeten aansluitingen functioneel worden afdicht. Maar de PUR-spuut mag geen oplossing zijn voor onnauwkeurigheden. Dat betekent dat doorvoeren en sparingen voor leidingen goed op maat moeten worden gemaakt. Ook bij aansluitingen van bouwdelen is nauwkeurig geboden, zowel bij metselwerk, timmerwerk als betonafwerking. Grote gaten en kieren achteraf dichtpuren is een lapmiddel dat nooit kan wedijveren met nauwkeurig werken.



Dubbele tuindeur van binnen-uit. Egaal warmtebeeld, zichtbaar op infraroodfoto.



Tips

Niet alle soorten afdichtingsmiddelen zijn op alle plekken te gebruiken. Hoe lang blijven de gebruikte materialen luchtdicht? Blijven ze op hun plek? Zijn ze ook verwerkbaar in een vochtige omgeving? Neem over de te gebruiken PUR, afdichtingsband of tape vooraf contact op met een deskundige.

Sluit de buitengevel niet voordat u grondig heeft gecontroleerd of de isolatie en afdichtingen van naden goed zijn aangebracht. Het is kostbaar om fouten te herstellen nadat het metselwerk (of een andere gevelbekleding) is opgetrokken.

6 Goed ventileren



Afdichtingsmiddelen zijn bedoeld om stelruimte, maattoleranties en thermische uitzetting op te vangen, maar niet om onnauwkeurigheden in de bouwphase te herstellen. Doorvoeren en sparingen voor leidingen die te groot of te ruw zijn uitgehakt, kunnen achteraf lastig dicht worden 'gepurd'.

Tips

Bij grondgebonden woningen is er in de EPC-berekening relatief veel winst te behalen door een lagere $q_{v,10}$ -waarde.

Doe ook een blowerdoormeting in de cascofase. De eindwaarde hoeft dan nog niet behaald te worden, maar door de rookproeven worden lucht-lekken zichtbaar. Deze kunnen dan nog worden gedicht. Bovendien leren de medewerkers op de bouwplaats er veel van.

Afsluiten van naden

Toch moeten aan het eind van het bouwtraject resterende naden en kieren met afdichtingsmiddelen worden afgewerkt. Daarbij gaat het dus om stelruimte, maattoleranties en thermische uitzetting. Er zijn verschillende materialen in de handel, bedoeld voor verschillende afmetingen, omgevingen en toepassingen. Naast normale en brandwerende PUR bestaat er ook elastisch blijvende. Grote naden worden eerst afgewerkt met 'gesloten' elastisch blijvende PUR, een cellenband of een daartoe geschikte tape. Voor extra zekerheid is een dubbele afdichting mogelijk: pur en tape.

Meten is weten

De mate waarin het is gelukt om kieren en naden te sluiten, wordt uitgedrukt in de luchtdoorlatendheid ($q_{v,10}$) van de gebouwschil. Om die te bepalen, wordt in één van de deurkozijnen een meetframe geplaatst met daarin een ventilator. Luchtkanalen en rookgasafvoeren worden afgesloten. Daarna wordt lucht in de woning gebracht tot een druk van 10 Pascal. Dan wordt gemeten hoeveel lucht per seconde ontsnapt. Voor de karakteristieke $q_{v,10}$ -waarde wordt die uitkomst gedeeld door het aantal vierkante meter gebruiksoppervlak van de woning. Wanneer rook in de woning wordt geblazen, wordt onmiddellijk zichtbaar waar naden en kieren zitten.

Luchtdichtheidsklasse (NEN 2687)	Woningvolume in m ³		Maximale $q_{v,10}$	$q_{v,10}/m^2$
	van	t/m	liter/s	
1 Basis	-	250	100	1,0
	250	500	150	1,0
	500	-	200	1,0
2 Goed	-	250	50	0,6
	250	-	80	0,4
3 Uitstekend	-	250	15	0,15
	250	-	31	0,15
4 Passiefbouw	-	-	-	0,15

Een goede schil moet worden gecombineerd met goede ventilatievoorzieningen. Alleen dan ontstaat een woning die niet alleen energiezuinig is, maar ook comfortabel is en een gezond binnenmilieu kent.

Ventilatie-roosters

Een goed ventilatiesysteem is mogelijk met mechanische afvoer en natuurlijke toevoer. Bijvoorbeeld met mechanisch zelfregelende ventilatie-roosters in de gevel. Deze regelen op winddruk: bij toenemende wind sluit zich een klepje waardoor er een min of meer constante toevoer ontstaat. In verband met menging van luchtstromen, is het belangrijk de zelfregelende roosters goed te positioneren en omhoog te richten.

Balansventilatie

Met balansventilatie wordt warmte uit de afgevoerde ventilatielucht teruggewonnen en gebruikt om de verse (koude) lucht voor te verwarmen. Mits goed ontworpen en aangelegd is dit een comfortabel en energiezuinig systeem. Er kan altijd worden geventileerd, of het buiten koud is of warm. Een hardnekkig misverstand is dat bij balansventilatie de ramen niet open zouden mogen. Dat is niet waar. Ramen mogen altijd open. Dat gaat alleen op dat moment ten koste van de hoeveelheid teruggewonnen warmte. Met name in de winter zou dat energieverlies geven, maar dan laat niemand de ramen (langdurig) openstaan.

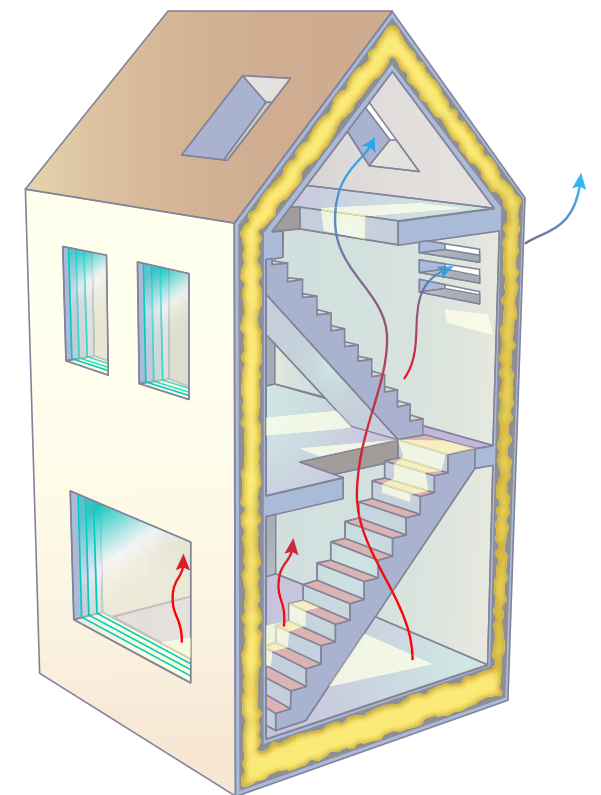
CO₂-detectie

Met CO₂-detectie spreken we van een slim ventilatiesysteem. De ventilatie werkt dan alleen als er behoefte aan is, dus als de gemeten CO₂-concentratie een bepaalde grens overschrijdt. CO₂-detectie kan worden gecombineerd met zelfregelende ventilatie-roosters en met balansventilatie.

Tips

Ontwerp de woning op de toepassing van nachtventilatie voor de hete zomerdagen. Maak te openen ramen in combinatie met een eventueel elektronisch te openen dakraam boven de trap.

Gebruik ramen die ook inbraakveilig zijn als ze open staan.



Principe van nachtventilatie voor de warme zomerdagen.

7 Tot slot: blijf innoveren

In het verleden is de energieprestatie van nieuwbouwwoningen met sprongen verbeterd. In 1995 was een EPC van 1,4 de norm. Nu ligt de lat per 2015 op 0,4. In 2020 is een EPC van 0,0 de norm. Alleen bedrijven die voortdurend op zoek blijven naar mogelijkheden om steeds beter te worden, tellen nog mee.

Ontwerpers

Voor ontwerpers is er werk aan de winkel. Door de aanscherping van isolatiewaarden voor dichte bouwdeelen in 2012 en 2015 en van transparante delen in 2013 zijn bouwdetails van vóór 2012 in de meeste gevallen niet meer up-to-date. Het is beter om gebruik te maken van bijvoorbeeld SBR-referentiedetails of van Archidat. Het is nog beter bureaudetails te actualiseren met hulp van een bouw-fysisch adviseur.

Bouwbedrijven

Bouwbedrijven moeten hun medewerkers regelmatig bijscholen. Dat is onontbeerlijk om in de praktijk een hoge opleverkwaliteit te realiseren. Er worden diverse cursussen aangeboden, bijvoorbeeld vanuit het scholingsfonds. Bouwbedrijven kunnen binnen het bedrijf of op de bouwplaats cursussen (laten) organiseren. Laat werknemers meekijken met het doen van een blowerdoor- of infraroodmeting. Deze metingen geven veel inzicht in uitvoeringsfouten en maken duidelijk waar verbetering mogelijk is. Ook educatieve detailfoto's geven veel inzicht. Zie bijvoorbeeld <http://biom.nl/>.

Ontwikkelaars en opdrachtgevers

Opdrachtgevers kunnen met aannemers afspraken maken over de gewenste comfortprestaties, energieprestatie, de isolatiewaarde en de uitvoeringskwaliteit. Het is belangrijk om vast te leggen dat de kwaliteit tijdens de bouw en bij oplevering met metingen wordt gecontroleerd. Ook voor ventilatie. Bij oplevering kan gebruik worden gemaakt van de opnameprotocollen van ISSO (zie 'verder lezen'). Het is belangrijk de uitkomsten te bespreken met de aannemer.



Tips

Maak gebruik van infrarood-foto's om te leren waar de warmtelekken zitten. Pak deze zo mogelijk meteen, maar in ieder geval in uw volgende projecten aan!

Verder lezen

De volgende publicaties zijn via www.lente-akkoord.nl te vinden:

- > **Onderzoek hoogwaardige thermische schil, rapport van Nieman Raadgevende Ingenieurs (2013)**
- > **Opnameprotocollen EWN (Woningbouw) en EUN (Utiliteitsbouw) van ISSO (2013)**
- > **Handleiding opnameprotocollen EWN en EUN van DWA (2013)**
- > **Energievademecum Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen (2010)**

Kijk voor details bij:

- > **SBR-referentiedetails Woningbouw**
- > **Detailboek A++ details De kracht van de combinatie, Archidat, februari 2013**
www.dkvdc.nl/upload/files/DKVDC-Brochure.pdf

Over luchtdicht bouwen heeft SBR informatiebladen en publicaties uitgebracht. De informatiebladen zijn gratis te downloaden:

- www.sbr.nl/producten/infobladen/luchtdicht-bouwen-klasse-2-en-3
- > **Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten passiefhuis SBR 2009**
- > **SBR publicatie luchtdicht bouwen**

Andere educatieve bronnen:

- > **website Raab Karcher met bijbehorende showroom en opleidingscentrum in Breda**
www.raabkarchergreenworks.nl
- > **-Foto's goede en slechte detailvoorbeelden BIOM**
www.biom.nl/

Verantwoording

De inhoud van deze brochure is gebaseerd op een onderzoeksrapport van Nieman Raadgevende Ingenieurs, een serie van werkbezoeken bij recente woningbouwprojecten, twee bijeenkomsten met vertegenwoordigers uit de bouwsector en de waardevolle inbreng van leden van de begeleidingswerkgroep. De partners in het Lente-akkoord doen hiermee een handreiking: van de bouw aan de bouw.

Colofon

Samenstelling & redactie >

Claudia Bouwens (NEPROM, Lente-akkoord)

Tekst > Henk Bouwmeester

Begeleiding > Harm Valk (Nieman Raadgevende Ingenieurs), Jan van Veen (Geveke Bouw), Jos de Vries (Bouwfonds Ontwikkeling), Onno Dwars (VolkerWessels Vastgoed), Bauke Geuzebroek (Dura Vermeer), Rien van Rooij (Amvest), Willem Koppen (Koppen Vastgoed).

Ontwerp > Roland Huisman

Omslagfoto > Energieconvenant Groningen

Illustraties > biom.nl, SBR.

Druk > De Bink, Leiden

Derde herziene druk november 2014



Bouwen aan een goede schil met aandacht voor comfort en binnenmilieu

Over enkele jaren moeten nieuwbouwwoningen een EPC van nul hebben. Dat is haalbaar. Er zijn allerlei technieken en maatregelen beschikbaar om dat voor elkaar te krijgen. Het begint met een goede gebouwschil: thermisch isolerend, kierdicht en zonder koudebruggen. Daarvoor is een gedetailleerd ontwerp nodig dat met gebruikmaking van de juiste materialen op een zorgvuldige manier wordt uitgevoerd. Deze brochure biedt daarvoor een aantal praktische handreikingen gebaseerd op de lessen van enkele projecten die een excellente energieprestatie realiseren.