

Hoge herstellkosten voorkomen met zorgvuldige uitvoering

Waterdichte aansluitingen boven kozijnen

Een goed kozijn kan niet zonder waterdichte lagen.

De functie van deze lagen is het tegenhouden én afvoeren van doorgeslagen hemelwater.

In aansluitdetails op papier houden we het altijd droog maar de praktijk leert anders. Een checklist met aandachtspunten kan uitkomst bieden.

Tekst en foto's: Ing. P. Smits en drs. ing. H.M. Nieman, adviesburo Nieman bv



Geen ondersteuning van de waterdichte laag door middel van afgeschuinde EPS of minerale wol. Hierdoor kan er een gootje ontstaan.

Het Bouwbesluit geeft specifieke voorschriften om het inwendige van een gebouw tegen weersinvloeden en vocht te beschermen.

In afdeling 3.6 geeft het Bouwbesluit aan dat de uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, toilet- en badruimte waterdicht moet zijn, volgens NEN 2778. Dit geldt niet alleen voor nieuwbouw, maar ook voor de bestaande bouw. In NEN 2778 staat wat waterdichtheid betekent, namelijk het vermogen van een constructie om te verhinderen dat water door een grenslaag heendringt.

Testen op waterdichtheid?

Het bepalen van de waterdichtheid van een constructie is een kostbare zaak en gebeurt nauwelijks. Bovendien is de methode alleen geschikt om achteraf vast te stellen of de constructie aan de eisen voldoet. Wanneer een bouwvergunning wordt aangevraagd, kan de dienst Bouw- en woningtoezicht alleen op tekening beoordelen of een constructie waterdicht is. De toetsing of het ontwerp van een gebouw waterdicht is, berust dan ook op het toetsen van de detailtekeningen.

Hoge reparatiekosten

De kwaliteit van een bouwwerk wordt vastgelegd in de details. Dat is voor het aanbrengen van de waterdichte lagen niet anders. Vanzelfsprekend valt of staat de geleverde prestatie met de kwaliteit van de uitvoering. Een vervelende bijkomstigheid bij een onvoldoende prestatie (bijvoorbeeld een lekkage), zijn de enorm hoge reparatiekosten. Het maken van een steiger, het uithakken van metselwerk en het opnieuw inmettelen van een waterdichte laag is zeer kostbaar.

Aandachtspunten

Voor een correcte uitvoering van waterdichte lagen boven kozijnen gelden de volgende aandachtspunten:

- Breng een waterafvoermogelijkheid tussen het kozijn en de latei (5-10 mm) aan.
- Breng de waterdichte laag afwaterend aan, afschot 10°.

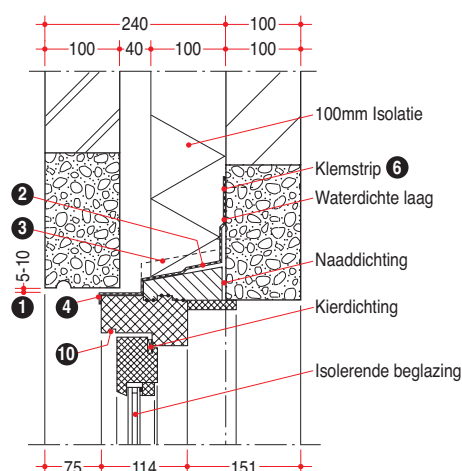
- Beëindig de waterdichte laag met kopschotjes, hoogte ≥ 20 mm. Het 100 mm door laten steken van kunststof folies voorbij het kozijn levert ook een betrouwbare afwatering.
- Waterdichte laag 15 mm omslaan op het kozijn.
- De waterdichte laag voldoende hoog opzetten tegen het binnenspouwblad (vuistregel: drie lagen metselwerk boven de waterafvoermogelijkheid (= ca. 180 mm).
- Waterdichte laag met een klemstrip op het binnenspouwblad vastzetten. De strip bij een betonnen binnenspouwblad aan de bovenzijde afkitten.
- Bij houten binnenspouwbladen de waterdichte laag dakpansgewijs laten aansluiten op de waterwerende dampdoorlatende laag van het binnenspouwblad.
- Waterdichte lagen van folie in de breedte uit één stuk en met een kunststof hoek uitvoeren.



Ankers doorbreken de waterdichte laag; hierdoor is het folie niet meer waterdicht. Ook de bovendorpel van het kozijn is niet afgeschuind.



De waterdichte laag is slordig aangebracht, waardoor er gootjes kunnen ontstaan.



- Waterdichte lagen van lood mogen maximaal uit één lengte van 1500 mm bestaan. Bij langere lengten moet bijvoorbeeld een felsenaaad voor de waterdichtheid van de onderlinge aansluiting zorgen.

- Het kozijn voorzien van een waterhol.

In de tekening zijn de bovengenoemde aandachtspunten, die van toepassing zijn, in het detail verwerkt en aangegeven.

Ondersteuning

De functie van een waterdichte laag is het tegenhouden en afvoeren van doorgeslagen hemelwater. Om de waterdichte lagen hun functie goed te laten uitvoeren, is een correcte ondersteuning van deze lagen noodzakelijk. Deze ondersteuning heeft twee functies: ten eerste voorkomen dat er 'gootjes' ontstaan in de genoemde waterdichte lagen en ten tweede de richting van de waterafvoer borgen.

Als er 'gootjes' ontstaan, is het niet duidelijk



Correcte aansluiting. De waterwerende dampdoorlatende laag van het hsb binnen-spouwblad sluit dakpansgewijs op de waterdichte laag boven het kozijn aan. Ook steekt de waterdichte laag 100 mm naast het kozijn door.

of deze gootjes het water naar buiten afvoeren (zie de foto's). Het water kan er in blijven staan of het loopt aan de zijkanten weg. De richting van de waterafvoer is vanzelfsprekend naar buiten. De waterdichte lagen worden daarom onder een hoek van minimaal 10° aangebracht.

Gebruikelijk is de waterdichte lagen te ondersteunen met geëxpandeerd polystyreen-schuim (EPS). Wanneer het betreffende detail echter ook nog een akoestische- of brandprestatie moet leveren, dan wordt een zwaardere persing (half hard) minerale wol toegepast of cellulair glas dat eveneens onbrandbaar is. De SBR-referentiedetails geven hiervoor meer exacte informatie. □



De bovendorpel is niet afgeschuind waardoor deze het hemelwater niet afvoert.

Aandacht voor detaillering

Op zoek naar de zwakste schakel

Tekst en foto's: P. Smits en
drs. ing. H.M. Nieman

In woongebouwen is de eis aan de contactgeluidisolatie onvoldoende om hinder bij normaal woongedrag te voorkomen. Vooral plavuizen of een parketvloer leveren in veel gevallen problemen op. De Vereniging van Eigenaren (VVE) stelt daarom vaak een strengere grenswaarde aan de contactgeluidisolatie dan het Bouwbesluit. In een woongebouw kan daarvoor een dikkere vloer – ($\geq 800 \text{ kg/m}^3$, inclusief dekvloer) - nodig zijn dan constructief is vereist. Of moet een zwevende dekvloer uitkomst bieden.

De groeiende vraag naar harde vloerafwerkingen zoals natuursteen, parket en keramische tegels én de behoefte aan een hogere geluidswering leiden tot een toenemende belangstelling voor zwevende dekvloeren. In de praktijk blijkt echter dat de verwachte akoestische prestatie van zwevende dekvloeren niet altijd wordt gerealiseerd. Zwevende dekvloeren zijn ingewikkelde constructies. Specialistische inbreng van verschillende disciplines is zowel bij het ontwerp als tijdens de uitvoering nodig.

Ontwerpen van details

De ontwerper moet in de detaillering van een gebouw de maatregelen voor geluidisolatie aangeven. Sinds de wijzigingen in het Bouwbesluit in 2003 ($I_{L_{u,k}} \geq 0 \text{ dB}$ en $I_{C_0} \geq +5 \text{ dB}$) worden woningscheidende vloeren vaak

De geluidisolatie beïnvloedt steeds meer de constructies van woningen en woongebouwen. Met uitzondering van de eisen aan de contactgeluidisolatie biedt het Bouwbesluit een behoorlijke tot goede bescherming tegen geluidhinder. Aandacht voor detailleren is hierbij van groot belang.

voorzien van een zwevende dekvloer om te voldoen aan de contactgeluideisen.

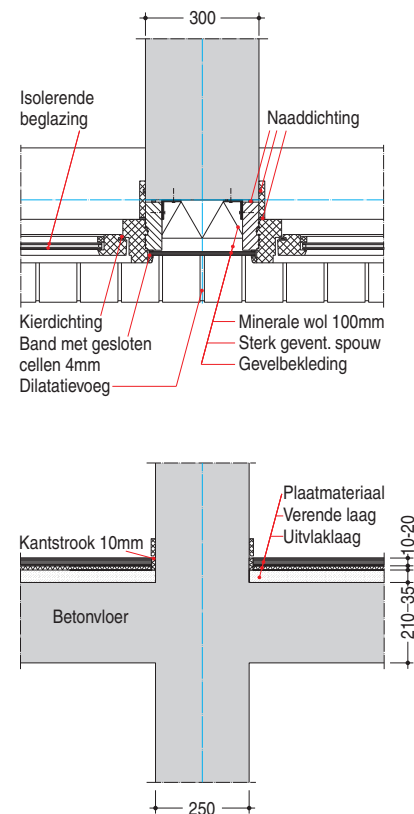
Ook bij de aansluiting van de gevel op de bouwmuur moet rekening worden gehouden met lucht- en contactgeluideisen. In detail 1 zijn de geluidtechnische maatregelen om te voldoen aan de eisen uit het Bouwbesluit omcirkeld.

In details ter plaatse van woningscheidende bouwmuren en vloeren moeten koppelingen worden voorkomen. Bijvoorbeeld het houten stijl- en regelwerk voor de afwerking van plaatmateriaal aan de buitenzijde; doorlopende verankeringen of koppelingen door de betonconstructie. Goed overleg met de constructeur is dus van belang.

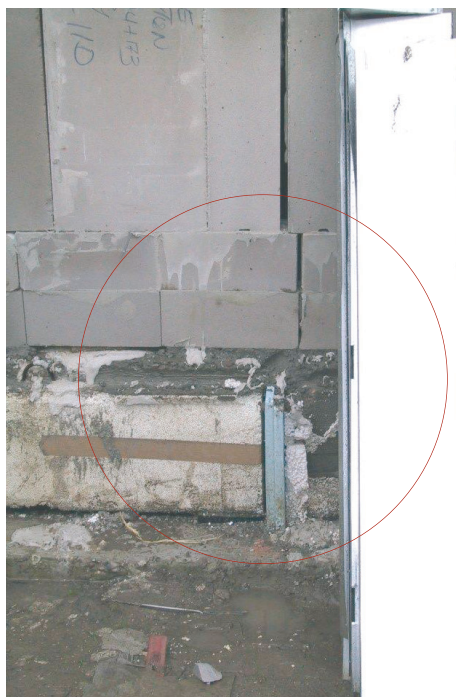
Zwevende dekvloeren

Een zwevende dekvloer is een dekvloer die rust op een isolatiemateriaal (verende laag). Het isolatiemateriaal zorgt voor een akoestische scheiding tussen draag- en dekvloer. Om de geluidstrillingen voldoende te kunnen absorberen, moet het isolatiemateriaal voldoende veerkracht hebben. De veerkracht wordt uitgedrukt in 'dynamische stijfheid'. De dynamische stijfheid (s) is bepalend voor de geluidisolatie, en is afhankelijk van de structuur en de dikte van het isolatiemateriaal. De dynamische stijfheid moet tussen 5 en

1: SBR-referentiedetail 207.2.3.01, aansluiting van een kozijn op een massieve kalkzandsteen bouwmuur



2: SBR-referentiedetail 367.1.0.01, aansluiting van een betonnen bouwmuur op een woningscheidende vloer met een droge zwevende dekvloer



Aansluiting van een niet correct uitgevoerde ankerloze bouwmuur. De opbouw had 150-60-150 mm moeten zijn.



Het regelwerk ten behoeve van het plaatmateriaal is ter plaatse van de bouwmuur niet ontkoppeld.

20 MN/m³ liggen.

Bij het realiseren van de gewenste geluid-isolatie bij zwevende dekvloeren gelden de volgende aandachtspunten:

- Kies constructies waarvan door middel van laboratoriummetingen de geluidsisolerende kwaliteiten bewezen zijn;
- De meetresultaten uit het laboratorium moeten als theoretisch maximaal haalbare waarden worden gezien;
- Voorkom doorvoeringen en andere verzwakkingen zo mogelijk of werk ze zorgvuldig af;
- Trillingsopnemende constructies zoals buigslappe voorzetwanden of zwevende dekvloeren moeten mechanisch volledig ontkoppeld zijn. Eén kiezelsteen als contact tussen de basisconstructie en de zwevende dekvloer doet het voordeel van de zwevende dekvloer volledig teniet.
- Een geluidsisolerende constructie is nooit beter dan de zwakste schakel. Kies ramen, deuren en ventilatievoorzieningen zorgvuldig om de gewenste geluidsisolatie te kunnen bereiken. Let op dat ingebouwde contactdozen aan beide zijden van de (bouw)muur NIET tegenover elkaar liggen.

Uitvoering

Ook tijdens de uitvoering verdient het aspect geluid aandacht. Een goed ontworpen

aansluiting van een ankerloze bouwmuur op een fundering kan door verkeerde maatvoering teniet worden gedaan. De opbouw van een ankerloze bouwmuur 150-60-150 mm is prima, maar door een verkeerde uitvoering kan dit 150-0-150 mm worden.

In woongebouwen waarin een lift aanwezig is, kan ook geluidhinder optreden. Dit kan het gevolg zijn van een slecht ontwerp, maar ook in de uitvoering kan het verkeerd gaan. Eén van de onderdelen die geluidhinder kan veroorzaken, zijn de geleiderrails. Geluidhinder kan daarbij ontstaan door het niet goed uitlijnen of door verankering aan lichte scheidingswanden in plaats van 'zware' bouwknoepen.

Daarnaast verdient bij een gevel met een plaatmateriaal als afwerking de aansluiting bij de bouwmuur aandacht: ter plaatse dient de beplating ontkoppeld te zijn. Dit geldt ook voor stijl- en regelwerk ter plaatse van de bouwmuur.

In de praktijk

Plaats, ter beperking van geluidsoverdracht, een strook steenwol in de spouw van de bouwmuur. Deze moet tot boven de kim worden aangebracht. Het gevolg is dat val- en/of kim-specie een contactbrug kunnen vormen.

Geef, ter beperking van geluidsoverdracht, ter plaatse van bouwmuren een ontkoppeling

Tips voor hogere geluidisolatie

Fundering

- Leg bij ankerloze bouwmuren de begane grondvloer op verend materiaal op;
- Het verdiept aanleggen van de funderingsbalk vergroot de omweg voor flankerend geluid en verbetert de verbindingsdemping.

Gevel

- Het aanbrengen van een dilatatievoeg in het buitenspouwblad vergroot de verbindingsdemping tussen binnenspouwbladen.

Pannendak

- Het aanbrengen van een barrière van steenwol onderbreekt de geluidstransmissie via de dakspouw en verhoogt de verbindingsdemping tussen dakelementen.

Leidingen

- Er zijn speciale beugels met rubber bekleding die de verbindingsdemping tussen leiding en wand verhogen.



Isolatie is onvoldoende hoog aangebracht.



Correct aangebrachte isolatie ter plaatse van de ankerloze bouwmuur.



Dilatatie bij vervangend dakbeschot vergeten, waardoor een koppeling ontstaat (bovenaanzicht).

in achterconstructie en afwerking aan.

Wanneer het regelwerk van plaatmateriaal niet onderbroken is, kan er geluidsoverdracht tussen woningen plaatsvinden.

Gebruik steenwol met een dikte van 40 mm onder de panlatten ter plaatse van de bouwmuur (geluidsbarrière). De maat tussen panlat en bovenkant bouwmuur moet ≥ 40 mm zijn.

Vermijd akoestische koppelingen en maak daarom geen (prefab) doorlopend regelwerk en beplating tussen twee woningen (let op dat ter plaatse van grote dakoverstekken geen koppelingen worden gemaakt).

Conclusie

Vertaal de geluidseisen uit het Bouwbesluit op de juiste wijze op tekening (details).

Ga vervolgens na of constructieve koppelingen geen invloed hebben op onder andere geluidsprestaties. De maatvoering op de bouwplaats moet nauwkeurig gebeuren, zodat de prestaties op tekening en in de praktijk gelijk zullen zijn. Koppel tenslotte eventuele wijzigingen of afwijkingen terug met de ontwerper, zodat de consequenties beoordeeld kunnen worden. Hiermee wordt voorkomen dat het eindresultaat tegenvalt.

Voor meer informatie: SBR-publicatie 485, Zwevende dekvloeren, 2001 en SBR-publicatie 517, De verbeterde zwevende dekvloer, 2003. □

Aandacht voor detailleren

Luchtdichte begane grondvloer voor een goed binnenklimaat

Een gezond binnenklimaat in woningen krijgt steeds meer aandacht. Vochtige lucht uit de kruipruimte is één van de bronnen die op het binnenklimaat een negatieve invloed kan uitoefenen. Datzelfde geldt voor radon uit de kruipruimte. Staatsecretaris Van Geel kondigde onlangs aan dat de bouwsector zelf paal en perk moet stellen aan de toenemende stralingsbelasting door radongas. Goede aansluitingen kunnen zorgen voor een luchtdichte begane grondvloer.



De ruimte onder de passtrook is niet afgedicht, waardoor de kruipruimte in open verbinding staat met de luchtsponw. Hierdoor kan vochtige lucht in de woning komen.

Tekst en foto's: ing. P. Smits en drs. ing. H.M. Nieman

Het Bouwbesluit stelt in afdeling 3.6 'Wering van vocht van buiten' dat de lucht volumestroom ($q_{v,1}$) vanuit de kruipruimte maximaal $20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ mag bedragen. Anders gezegd: de hoeveelheid lucht door en langs de begane grondvloer mag, bij een drukverschil van 1 Pa, tussen de woning en de kruipruimte niet meer zijn dan $0,002 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak. Dit betekent dat de begane grondvloer 'potdicht' moet zijn.

Voor een potdichte begane grondvloer spelen de onderlinge aansluitingen van vloerelementen een rol maar ook de aansluiting van de begane grondvloer op de fundering, de langsgevel en bouwmuur/ kopgevel. Daarnaast verdienen de sparingen voor doorvoeren en het kruipluik aandacht.

Vloerelementen onderling

- Breng voor het plaatsen van de vloerelementen van de begane grondvloer een

afsluitend zandpakket van 10-15 cm aan tegen de funderingsbalk. Dit is nodig om een luchtverbinding tussen kruipruimten van verschillende woningen te voorkomen. Tevens is het afsluitende zandpakket noodzakelijk om een eventuele controlemeting met betrekking tot de luchtdichtheid van de begane grondvloer uit te kunnen voeren.

- Plaats de vloerelementen bij voorkeur direct van de wagen. Als toch opslag noodzakelijk is, sla de elementen dan op een vlakke ondergrond op.
- Plaats de vloerelementen zorgvuldig overeenkomstig het legplan. Breng de eventueel voorgeschreven passtrook goed sluitend aan.
- Grote-elementenvloeren worden luchtdicht door het vullen van de kelmvoegen, terwijl bij combinatievloeren de druklaag voor de dichting zorgt. Bij alle vloertypen is zorgvuldige plaatsing van de elementen belangrijk.
- Breng geen gas- en waterleidingen aan in de kelmvoegen. De kans op voegen die niet luchtdicht zijn, is groot.
- Bevochtig bij droog weer de kelmvoegen

voordat ze worden gevuld. Vul de kelmvoegen met beton B15, grootste korrelafmeting van het toeslagmateriaal $\leq 8 \text{ mm}$ (bij een voegbreedte $\geq 50 \text{ mm}$ mag de grootste korrelafmeting 16 mm zijn).

- Verdicht het beton in de voegen met een trilnaad.

Aansluiting fundering en langsgevel

- Bij toepassing van muistroosters: breng de sparingen zorgvuldig aan met behulp van een schrobzaag. Dicht het muistrooster vervolgens rondom af met pur-schuim of band.
- Vooral de onderdorpel bij naar binnen draaiende (buiten?)deuren zorgt vaak voor grote luchtlekken. Plak de naad tussen vloer en onderdorpel daarom af.

Gietbouw/stapelbouw

- Werk de bovenzijde van de funderingsbalk vlak af. Door een toeg in de vloer ontstaat er vaak een opening bij de aansluiting op de fundering. Zet deze opening dicht door over de gehele lengte van de vloer een slappe specie (vooraf) aan te brengen.

Alternatieven hiervoor zijn pur-schuim of het afplakken van de naad.

- Controleer of het gebruik van oplegvilt als afdichting tussen funderingsbalk en vloer is voorgeschreven. Zie hiervoor bijvoorbeeld de SBR-referentiedetails.
- Als vilt of rubber noodzakelijk is bij de oplegging ter plaatse van de bouwmuur, leg dit dan eveneens onder de nokken van de langsgevels (in verband met gelijkmatige zetting).
- Metsel de kim bij lijmblokken of de onderste laag bij metselblokken vol en zat op de vloerrand ter plaatse van het binnenspouwblad. Zorg voor een volledige vulling van de stootvoegen. Zet de kim door tot aan de bouwmuur.
- Dicht, in het geval van een houten binnenspouwblad, de voeg ter plaatse van de vloer af met pur-schuim of PE-band. Zorg voor een schone vloer.
- Zet de afdichting zorgvuldig tot en met de hoeken door.

Prefab

- Dicht de voeg tussen het prefab betonnen binnenspouwblad en de begane grondvloer (als de isolatie nog niet is aangebracht) zorgvuldig af met droge mortel. De voeg moet schoon en licht vochtig zijn. Als de isolatie al is aangebracht, dicht de voeg dan af met pur-schuim.
- In de aansluiting tussen fundering en begane grondvloer kan na de afwerking van de opleggingen een drukverdelend oplegmateriaal (bijvoorbeeld zandcementmortel of vilt) noodzakelijk zijn.

Hoekaansluiting fundering, langsgevel en kopgevel

Gietbouw/stapelbouw

- Zorg bij een gemetseld binnenspouwblad voor het goed dichtmetselen van de hoekverbinding.
- Zorg voor het dichtzetten van de opening wanneer de kim terugligt ten opzichte van de voorzijde van de bouwmuur.
- Bij een houten binnenspouwblad moet de voegafdichting (pur-schuim of band) doorlopen in de aansluiting met de bouwmuur en de vloer. Breng het band tussen het element en de aansluitende constructie klemmend en over de totale lengte aan. Ga vooraf na of het band de naad voldoende dicht.

Prefab

- Zet de openingen onder de prefab bouwmuuren met mortel dicht. Maak hiervoor een



Afdichting van de aansluiting van de begane grondvloer op de fundering met behulp van pur-schuim.



Let op de voegafdichting bij een houten binnenspouwblad

bekisting. Zorg voor schone aansluitvlakken en bevochtig deze om zeker te zijn van een goede hechting.

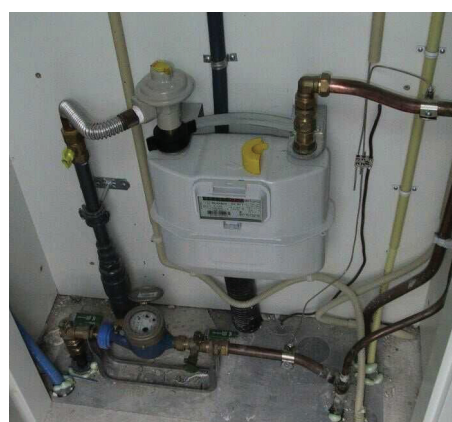
- Werk na het ontkisten de aansluitvoeg tegen het bouwmuurelement nogmaals aan.

Sparingen voor doorvoeren en kruipluik

- Sparingen in het werk zagen of boren verdienen uit oogpunt van luchtdichtheid de voorkeur in plaats van deze vooraf in te storten. Hierdoor komt de sparing zonder al te veel tolerantie exact op de juiste plaats.
- Zorg voor circa 20 mm ruimte rondom de door te voeren leiding. Bij dunne leidingdoorvoeren is een kleinere ruimte mogelijk.
- Dicht na het aanbrengen van de leidingen de sparing af met pur-schuim en breng vervolgens de cementdekvloer aan. De sparing vullen met minerale wol geeft onvoldoende dichting.
- Om te voldoen aan de vereiste luchtdichtheid: pas bij voorkeur luchtdichte kruipluiken en (prefab) meterkastbodems toe.
- Breng schuim-, compressieband of pur-



Bij gietbouw en stapelbouw de hoekverbinding goed dichtmetselen.



De sparingen in de meterkast zijn allemaal afgepurd. Afdichting met minerale wol is onvoldoende.

schuim aan tussen de prefab meterkast en de vloer en zet de mantelbuizen in de meterkast dicht met kit of een rubberen manchet.

- Bij kruipluiken gelden de volgende aandachtspunten:
 - geen duimgat, maar een prefab aangebrachte verzonken luikring;
 - gebruik rot- en vormvast materiaal;
 - luchtdichting tussen plaat en luikrand;
 - pas een geïsoleerd kruipluik toe.
- Breng het kruipluik aan op een thermisch verzinkt oplegprofiel en zorg dat het luik is voorzien van een prefab aangebrachte schuimband met een gesloten celstructuur.
- Controleer voor het plaatsen van het kruipluik het band (let hierbij met name op de hoekaansluitingen). Herstel of vervang het band bij beschadiging. □

Meer informatie

SBR-publicatie 360 deel A, Luchtdicht bouwen: ontwerpaanbevelingen, 2001

SBR-publicatie 360 deel B, Luchtdicht bouwen: uitvoeringaanbevelingen, 2001

Aandacht voor warmte-isolatie van gevels

Isoleren: kleine gaatjes, grote gevolgen

Het Bouwbesluit stelt minimale eisen aan de thermische isolatie van gebouwen. Gestimuleerd door de energieprestatie-eis worden in de praktijk echter al hogere isolatiewaarden gerealiseerd. Op papier getekend en berekend kunnen hogere isolatiewaarden er goed uitzien, toch blijkt isoleren in de praktijk vaak fout te gaan. Met de volgende ‘tips voor gevels’ kan dat voorkomen worden.

Tekst en foto's: ing. P. Smits & drs. ing. H.M. Nieman

Om energiebesparing te bereiken dient het principe van de Trias Energetica gehanteerd te worden. De Trias Energetica is een drie-stappen-strategie waarbij de juiste volgorde belangrijk is:

1. Beperk de energievraag;
2. Gebruik energie uit duurzame bronnen;
3. Gebruik energie zo efficiënt mogelijk.

Thermische isolatie behoort tot de eerste stap om energiebesparing te realiseren. Het is belangrijk om de isolatiewaarden reeds bij de bouw optimaal te kiezen aangezien het achteraf verbeteren van de isolatiewaarden nauwelijks mogelijk is. De levensduur van een gebouw is circa 75 jaar en een optimaal geïsoleerde schil beperkt het energieverlies over de gehele levensduur.

Vaste en variabele maatregelen

Om optimaal te isoleren volgens het princi-



1) Door elektraleidingen in de spouw ontstaat convectiestroom en vermindering van de warmteweerstand.

pe van de Trias Energetica dienen de isolatiewaarden uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen gehanteerd te worden. Deze maatregelen luiden als volgt:

Vaste maatregelen:

$R_{C, \text{vloer \& gevel}} \geq 3,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, $R_{C, \text{dak}} \geq 3,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$,
 $U_{\text{glas}} \leq 1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Variabele maatregelen:

$R_{C, \text{vloer, gevel \& dak}} \geq 4,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

Net als bij de vaste maatregelen is het gebruikelijk om voor daken een hogere R_C -waarde ($\geq 5,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$) dan voor de vloer en gevel aan te houden.

De praktijk

In de praktijk gaat het met de gestelde warmteweerstand door uitvoeringsinvloeden

nog wel eens mis. De werkelijke warmteweerstand komt dan lager uit dan de vooraf berekende. De NPR 2068 'Thermische isolatie van gebouwen – vereenvoudigde rekenmethoden' heeft daarom in bijlage B aandachtspunten voor de werkvoorbereiding en uitvoering opgenomen. De volgende aandachtspunten zijn van belang (foto's lichten een aantal aandachtspunten toe):

- Vermijd elektrische en andere leidingen in een spouw; de voeding voor een eventuele buitenlamp en de aanvoerleiding van een buitenkraan behoren de spouw haaks te passeren. (afb. 1)
- Zorg voor rechthoekige spouwlaten haaks op het binnenspouwblad (met uitzondering van de spouwlat op de bovendorpel, die conform NPR 2652 10° afgeschuind moet zijn); de isolatie kan dan strak aansluiten tegen de spouwlat.
- Zorg voor een vlak binnenspouwblad, ver-



2) Tijdens het lijmen van het kalkzandsteen zijn de lijmbaarden aan de buitenzijde van het binnenspouwblad niet verwijderd.



3) Niet afdekken van het metselwerk tijdens de uitvoering heeft tot gevolg dat aantasting van het isolatiemateriaal plaatsvindt door weersinvloeden (regen en wind).



4) Achter het isolatiemateriaal ontstaat een luchtlaag als bij de hoek het isolatiemateriaal niet goed is afgesneden.



5) Vastzetten met te weinig spouwankers betekent dat de isolatieplaten onderling niet goed op elkaar aansluiten. Daarnaast is de passtrook niet met minimaal twee spouwankers vastgezet.



6) Ter plaatse van de hoek is de aansluiting van de platen onderling niet goed afgesneden of dichtgebonden waardoor de plaatnaden niet goed aansluiten.

wijder specie- en lijmbaarden. (afb. 2)

- Vul ruimten achter isolatieplaten aan met stroken isolatiemateriaal. Deze ruimten kunnen ontstaan door afwijkingen in de maatvoering (zowel tijdens het ontwerp als in de praktijk).
- Zorg voor haakse vloerbeëindigingen (gebruik bij geprefabriceerde vloeren speciale eindplaten).
- Dek metselwerk tijdens de uitvoeringsfase af. (afb. 3)
- Isoleer niet verder dan de gebruikelijke met-

selwerkslag.

- Vermijd luchtsponwen (valse spouwen) achter het isolatiemateriaal. (afb. 4)
- Gebruik voldoende spouwankers; elke plaat (of passtuk) met minimaal twee ankers vastzetten. (afb. 5)
- Gebruik klemplaten passend bij het spouwanker.
- Breng isolatiestroken tussen houten geprefabriceerde elementen klemmend aan.
- Breng tussen een geprefabriceerd element en de bovenzijde van een funderingsbalk

stroken isolatiemateriaal met gesloten cellen klemmend aan.

- Ondersteun waterdichte en waterwerende lagen door een stevig isolatiemateriaal (bijvoorbeeld EPS of steenwol met een harde persing).
- Voorkom naden tussen isolatieplaten onderling en tussen isolatieplaten en aangrenzende constructies (bind de overgang tussen langs en kopgevel dicht). (afb. 6)
- Open stootvoegen ten behoeve van een zwakke spouwventilatie hart op hart 1,0 m aanbrengen aan de onderzijde van de gevel (drie lagen boven maaiveld).
- Het effect van spouwventilatie voor de droging van het buitenspouwblad is zeer beperkt. Een spouwmuur is een open voegstelsel, waarbij drukvereffening belangrijk is. De open stootvoegen voor waterafvoer kunnen deze functie eveneens vervullen.
- Sla isolatiemateriaal zorgvuldig afgedekt op.
- Ga zorgvuldig de functies van de isolatie na en stem daar de keuze van het isolatiemateriaal op af.

Tot slot

Zorg voor een goede werkinstructie op de bouwplaats en controleer tijdens de uitvoering regelmatig het isoleren van de gevel. De consument/ toekomstige bewoner is steeds mondiger en schakelt tegenwoordig eigen bouwkundige controleurs in. Daarnaast maakt de opkomst van infrarood fotografie (thermografie) het mogelijk achteraf na te gaan of er goed is geïsoleerd. □

Aandacht voor detailleren

Waterdichte aansluiting bij daken met opgaand werk



De waterdichte laag ter plaatse van de dakrand zit te laag waardoor er geen waterdichte aansluiting is.

De waterwerende dampdoorlatende laag van het houtskeletbouwelement is niet overlappend (dakpansgewijs) op de waterdichte laag aangebracht. Daarnaast is het lood te kort voor voldoende overlap (> 75 mm) met de dakbedekking.

Tekeningen geven niet altijd goed aan hoe aansluitingen in gebouwen moeten worden gemaakt. De bouwer moet er op de bouwplaats dan voor zorgen dat deze aansluitingen alsnog aan alle eisen voldoen. Zo vormen waterdichte aansluitingen bij platte daken met opgaand werk nogal eens een probleem. Een aantal tips kan lekkage voorkomen.

Tekst en foto's: ing. P. Smits & drs. ing. H.M. Nieman

Eisen en richtlijnen

Het Bouwbesluit geeft specifieke voorschriften om de gebruikers te beschermen tegen vocht. Zo eist afdeling 3.6 dat de uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, toilet- en badruimte waterdicht moet zijn, bepaald volgens NEN 2778. Dit geldt niet alleen voor nieuwbouw maar ook voor bestaande bouw. In NEN 2778 staat wat waterdichtheid betekent, namelijk het vermogen van een constructie om te verhinderen dat water door een

Aandachtspunten

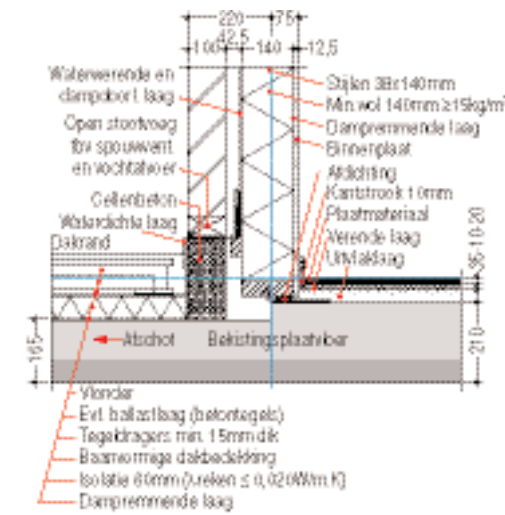
Voor een goede waterdichte aansluiting van het platte dak met opgaand werk gelden de volgende aandachtspunten:

- Zet de waterdichte laag voldoende hoog op. Vuistregel hiervoor is: drie lagen metselwerk boven de waterafvoermogelijkheid (ca. 180 mm).

grenslaag heendringt. De beoordeling of een constructie (bij regen- en windbelasting) waterdicht is, gebeurt op twee aspecten:

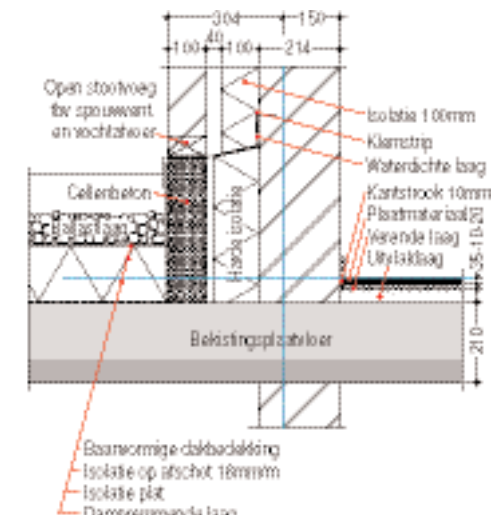
- Er geen water zichtbaar is, ofwel: de constructie mag niet lekken;
- Het hygroscopisch evenwichtsvochtgehalte wordt niet overschreden.

Dit betekent dat er in het materiaal niet meer vocht aanwezig is, dan je op grond van dat materiaal en de binnenvochtigheid mag verwachten. Overschrijding van deze waarde duidt meestal op doorslaand- of optrekkend vocht.



Referentiedetail 355.0.1.01

Dit detail geeft een correcte waterdichte aansluiting van opgaand werk weer met een houtskeletbouw binnenspouwblad met de dakrand van het platte dak.



Referentiedetail 451.2.0.01

Bij opgaand werk met een steenachtig binnenspouwblad geeft dit detail de aandachtspunten weer met de aansluiting op het platte dak.

- 
- Laat water afvoeren via open stootvoegen.
 - De voeg tot op de waterdichte laag doorzetten.
 - Ondersteun de waterdichte laag en zorg voor een afwaterende uitvoering met een afschot van minimaal 10 graden.
 - Houd voldoende overlap aan tussen de waterdichte dakbedekking en de waterdichte laag. De voorkeur gaat uit naar een overlap van tenminste 75 mm.
 - De waterdichte laag vrijhouden van het eventuele grind.
 - Breng loodslabben in niet te grote lengten aan. Dit kan leiden tot scheurvorming. De maximale lengte van loodslabben is 1,500 mm.
 - Zorg voor een juiste inmetSELhoogte van de waterdichte laag in het opgaand werk. Stem deze af op de aansluitende detaileringen, zoals dakranden.
 - 40 mm is de minimale overlap bij de aansluiting van de waterdichte laag op die van de dakrand en het opgaand werk. Ofwel: metsel de waterdichte laag 40 mm hoger in dan de dakrand. Bij hoge dakranden aparte waterdichte lagen boven de dakrand aanbrengen.
 - Zet de waterdichte laag met een klemstrip vast tegen het binnenspouwblad. De strip bij een betonnen binnenspouwblad aan de bovenzijde afkitten.
 - Onderlinge verbindingen waterdicht maken door felsen, afplakken, aanbranden op een onbrandbaar materiaal of toepassen van een lapnaad.



Bij de waterdichte laag vindt geen goede ondersteuning plaats. Daardoor voert de laag het water niet af naar buiten.

Boven een waterdichte laag moeten open stootvoegen voor de waterafvoer liggen. Bij zwak geventileerde spouwen geldt voor deze open stootvoegen een hart op hart afstand van 1,0 m. Voorkom daarbij dat de open stootvoegen toch worden dichtgevoegd. Het later open maken van de open stootvoegen kan namelijk tot grote schades leiden. □

Waterdichte aansluitingen bij balkons

Aandacht voor detailleren

Problemen bij aansluitingen ontstaan vaak doordat de aansluitingen niet of niet goed gedetailleerd zijn. Anderzijds mankeert het ook nogal eens aan de uitvoering op de bouwplaats. Het waterdicht maken van de aansluiting van een onderdorpel van een kozijn met het opgaand werk is één van de aansluitingen die in de praktijk vaak problemen opleveren (afb. 1). Deze aansluiting komt voor bij woningtoegangsdeuren van galerijwoningen en toegangsdeuren naar balkons. De prefab betonnen galerij- en balkonplaten sluiten aan op de gevel en voor een goede afwatering dient deze aansluiting waterdicht gemaakt te worden.

Driedimensionaal

Tijdens het detailleren (ofwel het bouwtechnisch ontwerpen) tekent de ontwerper tweedimensionaal, maar moet hij driedimensionaal

Het maken van goede waterdichte aansluitingen levert in de praktijk vaak problemen op. Dit geldt bijvoorbeeld voor de aansluiting van een onderdorpel van een kozijn met opgaand werk. Woningtoegangsdeuren bij galerijen en balkons kunnen beter.

Tekst en foto's: ing. P. Smits en drs. ing. H.M. Nieman

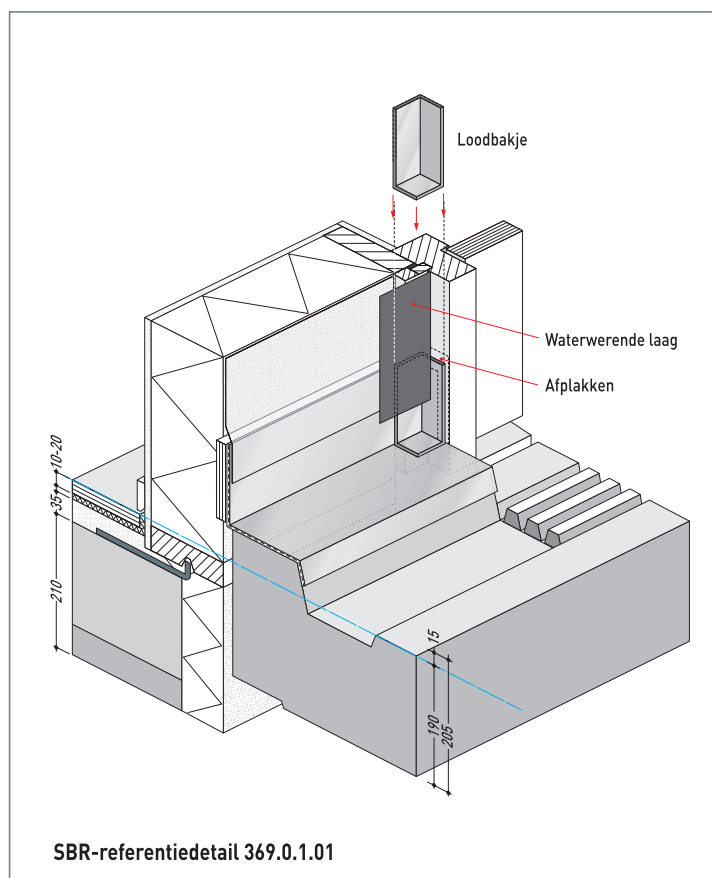
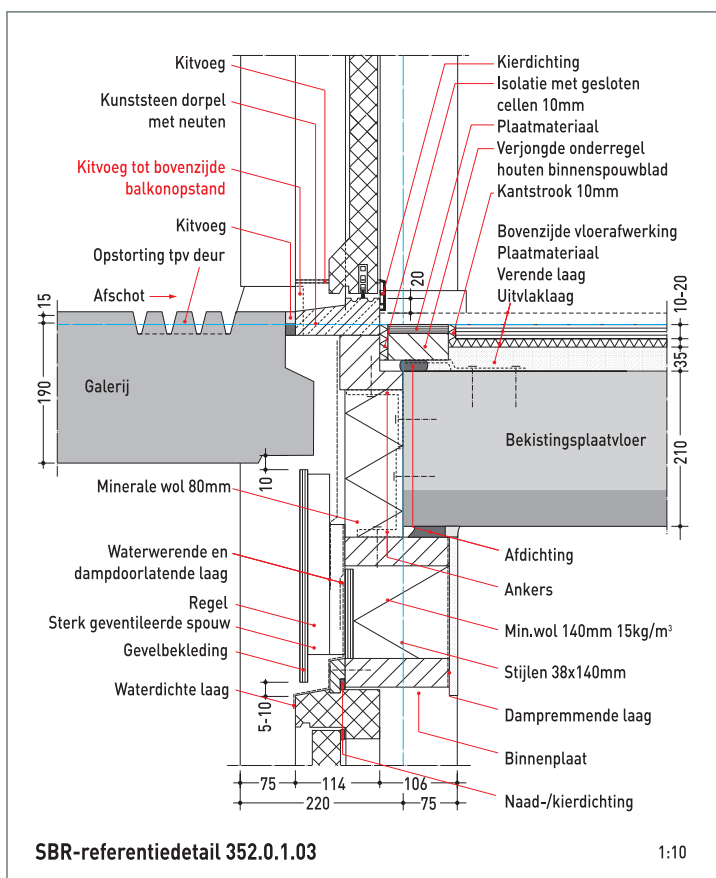
denken. Alleen dan kan hij goede aansluitingen ontwerpen. Het is belangrijk om bij het bouwtechnisch ontwerpen horizontale en verticale maatvoering van de verschillende details te combineren en te controleren.

Vanwege de lastige aansluiting van de onderzijde van een kozijn op het opgaand werk is in de SBR-referentiedetails een 3-D detail (369.0.1.01) opgenomen. Dit detail is een combinatie van bijvoorbeeld SBR-referentiedetails 351.0.1.01 en 352.0.1.03 (zie afb.).

Detail 369.0.1.01 laat zien dat men een waterdichte aansluiting onder andere kan verkrijgen door toepassing van een loodbakje tegen de stijl van het kozijn en het binnenspouwblad. De waterdichte en waterwerende dampdoorlatende lagen dienen dakpansgewijs te worden aangebracht.

1. Het lood vormt in deze aansluiting geen waterdichte aansluiting.
2. Het ontbreken van een loodbakje maakt ook deze aansluiting niet waterdicht.





Tips

- Is het afdichtingsmateriaal in staat de beweging en de aansluitende bouwdelen te volgen?
- Controleer de maximaal toelaatbare vervorming!
- Controleer of de maatvoering van de details zowel in de horizontale als verticale richting overeenstemmen.

Werkvolgorde

Voor een goede waterdichte aansluiting kan het beste een vaste volgorde van werken worden aangehouden:

1. Breng de waterdichte laag aan over de opstand van de galerij- of balkonplaat en zet deze tegen het houtskeletbouw binnenspouwblad op.
2. Zet het lood aan de kopzijde van de opstand om (kozijnzijde). Aandachtspunt is de uitwendige hoek.
3. Breng de waterwerende dampdoorlatende laag van het houten binnenspouwblad overlappend met de loodslabbe aan.
4. Maak een loodbakje en breng deze tegen de stijl van het kozijn en het houtskeletbouw binnenspouwblad aan.
5. Plak het loodbakje af.
6. Breng de waterwerende laag (dpc) van het kozijn dakpansgewijs over het loodbakje aan.
7. Kit de voeg tussen de onderzijde van het kozijn en de opstand van de galerij- of balkonplaat af (afb. 3).

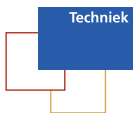
Bij de keuze van het afdichtingsmateriaal is het zeer belangrijk dat de gekozen afdichting tijdens de gehele levensduur van het betreffende bouwdeel haar functie behoudt. Hierbij moet onder andere rekening worden gehouden met:

- milieubelasting;
- duurzaamheid;
- elasticiteit;
- uitzettingscoëfficiënt van de afdichting in combinatie met die van het bouwdeel;
- verwachte krimp door droging of zwellung door vochtopname;
- bouwtoleranties;
- toepassingsgebied.

Aanvullende informatie is te vinden in:

- SBR-referentiedetails Combinatie
- SBR publicatie 360 'Luchtdicht bouwen' deel A en B





Aandacht voor detailleren

De 20 mm eis voor drempels

Bouwers krijgen in de uitvoeringsfase vaak te maken met het begrip '20 mm eis'. Deze eis komt uit het Bouwbesluit en heeft te maken met de bereikbaarheid van woningen voor mindervaliden. Een goede detaillering in de ontwerpfase kan een groot aantal van de problemen met de eis tijdens de uitvoering – bijvoorbeeld door een te hoge opstand – voorkomen.

Tekst en foto's: ing. P. Smits & drs. ing. H.M. Nieman
(Adviesburo Nieman Utrecht)

Het Bouwbesluit stelt in afdeling 4.4 (bereikbaarheid) dat een bouwwerk zodanig gebouwd moet zijn dat rolstoelgebruikers het gebouw zonder problemen kunnen betreden en verlaten. Dit houdt in dat bepaalde toegangsdeuren een drempelhoogte mogen hebben van maximaal 20 mm ten opzichte van de

afgewerkte vloer. Deze eis geldt zowel vanaf de binnenzijde als vanaf de buitenzijde.

De eis van bereikbaarheid geldt voor de volgende deuren:

- toegangsdeur van een woning;
- één toegangsdeur van een woongebouw;
- de deur van de lift;
- de deuren van gemeenschappelijke verkeersruimten die in de route liggen van de toegang naar een woning en de toegang van het woongebouw via de lift;



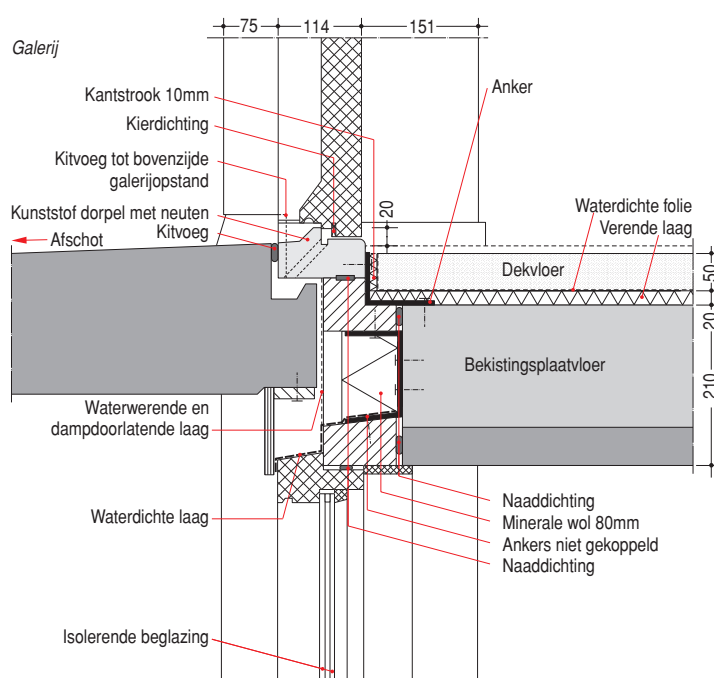
De opstand van de onderdorpel van de toegangsdeur is aan de buitenzijde groter dan 20 mm (circa 35 mm) en voldoet daardoor niet aan het Bouwbesluit. Een mogelijke oplossing is het verhogen van het straatwerk.

- de deur van de gemeenschappelijke toilet-ruimte (indien deze gelegen is een woongebouw met een lift).

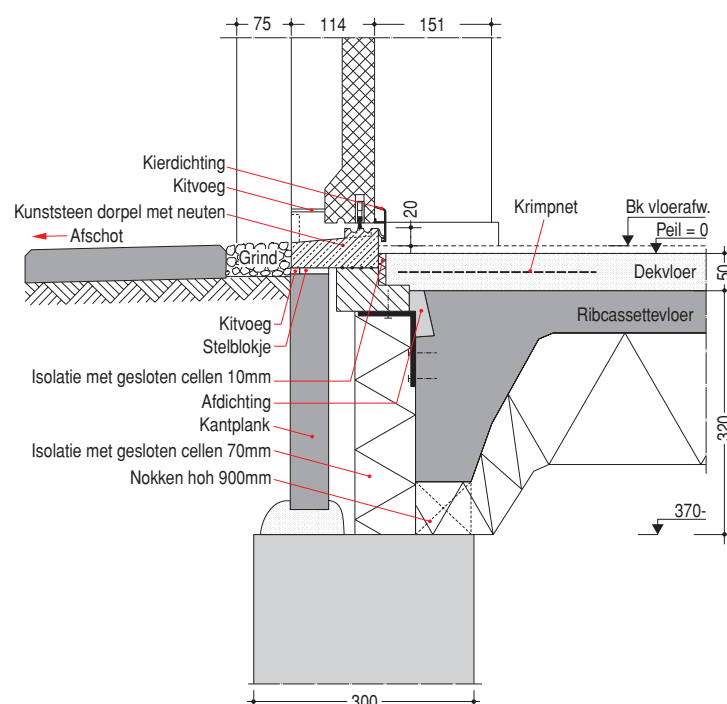
Veel opdrachtgevers stellen via bestek en tekeningen deze eis ook aan de overige deuren, vooral in seniorenwoningen.

Oud en nieuw

Bij verbouw van woningen geldt in eerste instantie dat ook deze verbouwde woningen aan de eis van 20 mm moeten voldoen.



SBR-referentiedetail 102.0.3.04 In het detail de aandachtspunten voor de waterdichtheid, f-factor en vloerafwerking.



SBR-referentiedetail 352.0.3.06 Het aanbrengen van de kantstrook is vooral van belang ten behoeve van de zwevende dekvloer.



Aan de binnenzijde van de woning tussen de bovenzijde van de onderdorpel en de dekvloer is slechts een hoogteverschil van circa 1 cm aanwezig. Hoewel dit hoogteverschil volgens het Bouwbesluit correct is, ontstaan er vanuit praktisch oogpunt, afhankelijk van de toe te passen vloerafwerking, mogelijk knelpunten.



Door de winddruk op de gevel kan vuil in de afwateringsgoot van de onderdorpel terecht komen. Gevolg: verhinderend van de afvoer van hemelwater. De toepassing van het juiste type onderdorpel kan dit probleem verhelpen.

Als dit echter absoluut onmogelijk is, kan de gemeente ontheffing verlenen. Er kan ontheffing worden verleend tot hetzelfde niveau als de woning had ten tijde van de bouw-aanvraag (rechtens verkregen niveau).

Sinds het van kracht worden van het vernieuwde Bouwbesluit in januari 2003 hoeft een woning geen buitenruimte meer te hebben. De consequentie hiervan is dat de 20 mm eis aan opstand naar de buitenruimte ook is verdwenen. Er geldt echter wel dat de hoogte van een opstand, zonder toepassing van extra voorzieningen, maximaal 210 mm mag zijn.

De 20 mm eis heeft tot gevolg dat het waterdicht maken van de onderdorpel zeer lastig is. Het probleem treedt minder op als de toegangsdeuren niet rechtstreeks van buiten

toegankelijk zijn (entreehal, vliesgevels, verglaasde balkons en dergelijke).

Leveranciers brengen verschillende typen onderdorpels op de markt. De variaties in types spelen in op het windgebied en de gebouwhoogte. Zo is bij de bepaling van een type onderdorpel van belang in welk windsnelheidsgebied het gebouw staat, of de situatie bebouwd of onbebouwd is én speelt de hoogte van de dakrand een rol.

Aanbevelingen

In het algemeen geldt: houd met de detaillering van toegangsdeuren ook rekening met de 20 mm eis. Breng tijdens de uitvoering de onderdorpels zorgvuldig aan en maatvoer nauwkeurig, zodat na het aanbrengen van de

vloerafwerking de opstand aan de binnen- en buitenzijde maximaal 20 mm is.

- Geef opstanden aan van maximaal 20 mm boven het niveau van de afgewerkte vloer.
- Geef door middel van een stippellijn de bovenzijde van de vloerafwerking aan. Houd hiervoor een hoogte van 15 mm ten opzichte van de bovenzijde van de dekvloer aan.
- Bestel het juiste type onderdorpel, let hierbij op de gebouwhoogte en het windgebied.
- Pas - in verband met de f-factor eisen - een foamstrook achter de (kunststenen) onderdorpel toe.
- Voorkom beschadigingen door de ondersteunende constructie van de steenachtige onderdorpel zo snel mogelijk na het stellen van het kozijn aan te brengen. □

Maximale toetsingsdruk in Pa, afhankelijk van de hoogte van de dakrand boven het maaiveld en het windsnelheidsgebied voor onbebouwde en bebouwde omgeving.						
Hoogte dakrand boven maaiveld	windsnelheidsgebied					
	I		II		III	
[m]	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
8	230	100	160	80	120	60
10	260	110	180	90	130	70
15	300	180	220	140	170	110
20	340	230	250	180	190	140
25	370	270	280	210	210	170
30	390	300	300	240	230	190
35	410	330	320	260	240	210
40	430	350	340	280	260	230
45	450	380	350	300	270	240
50		400	360	320	280	250
55		420	380	330	290	270
60		440	390	350	300	280
65		450	400	360	310	290
70			410	370	320	300
75			420	380	330	310
80			430	400	340	320
85			440	410	340	330
90			450	420	350	330
95			460	430	360	340
100				440	360	350
110				450	380	360
120					390	380
130					400	390
140					410	400
150					420	410
onderdorpel type A (wind- en waterdicht tot 100 Pa)						
onderdorpel type B (wind- en waterdicht tot 250 Pa)						
onderdorpel type C (wind- en waterdicht tot 450 Pa)						

Uit de tabel blijkt dat onderdorpel type A slechts in enkele gevallen toegepast kan worden, voor type B kan de toetsingsdruk tot 250 Pa oplopen en voor type C tot 450 Pa. (Type A, B en C zijn fictieve onderdorpels)

Aandacht voor detailleren

Waterdichte aansluiting galerij- en balkonvloeren

Waterdichte aansluitingen blijken zowel in het ontwerp als in de uitvoering vaak problemen op te leveren. Ingewikkelde aansluitingen staan niet altijd op de detailtekeningen. De 'uitdaging' voor de bouwer bestaat dan uit het waterdicht maken van deze aansluitingen in het werk. Dan kan er bijvoorbeeld bij galerijvloeren veel fout gaan.

Tekst en foto's: ing. P. Smits & drs. ing. H.M. Nieman, Adviesburo Nieman Utrecht



De eindplaat heeft geen kopschot. Het hemelwater zal niet via de geconstrueerde wegen lopen.

Voor galerij- en balkonvloeren leveren diverse fabrikanten prefab producten. Voor de bevestiging van een galerijvloer zijn verschillende mogelijkheden:

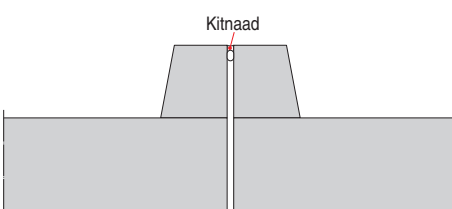
- aanstorten met geïsoleerde r.v.s.-stekken
- opleggen op een stalen hoeklijn met een ondersteuning aan de zij- of kopse kant
- opleggen op betonconsoles

De naad bij de onderlinge aansluiting tussen prefab betonplaten wordt aan de bovenzijde afgekit, zodat hemelwater geen onbedoelde weg gaat kiezen. Het verdient aanbeveling elke galerijplaat te voorzien van een kopschotje, zodat er geen doorgaande goot ontstaat. Als kopschotjes ontbreken, zal de kitvoeg een hoge waterbelasting krijgen en in de loop van de tijd zijn functie niet meer vervullen met als gevolg lekkage.

Een ander voordeel van kopschotjes is dat bij eindplaten het hemelwater niet via onbedoelde wegen afgevoerd wordt, waardoor esthetische schade (vervuiling) kan ontstaan.

Op betonconsoles

Wanneer galerijplaten op betonconsoles opgelegd zijn en de onderlinge aansluitingen aan de bovenzijde van de galerijplaat niet zijn afgekit, watert het hemelwater langs de console af. Als de console geen opgezette rand en verticale waterhollen heeft, zal het hemelwater via de console naar het binnenspouwblad stromen (ook na enkele jaren). De SBR-referentie-details geven daarom bij consoles een opgezette rand en verticale waterhollen aan de voorwaterafvoer.

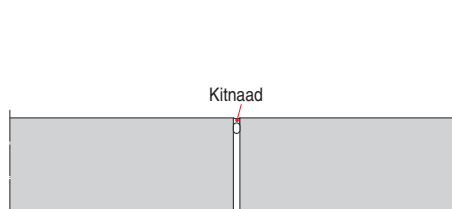


Galerijplaat voorzien van een kopschot

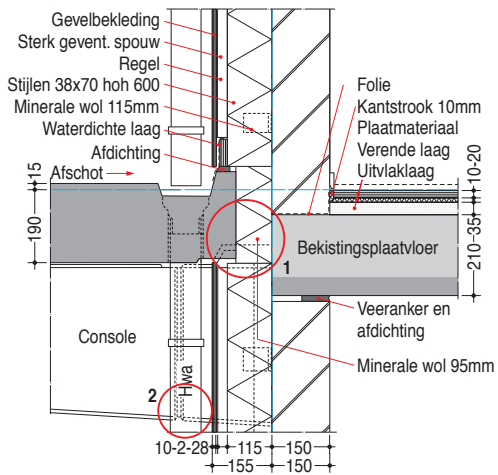
Als de galerijplaten geen kopschotten hebben, ontstaat er een doorgaande goot. De kitnaad kan door de hoge waterbelasting zijn functie verliezen.

Afvoer van water

Om problemen of overlast bij kozijnen te voorkomen, wordt de aansluiting tussen het kozijn en de galerijplaat afgekit. Indien het kozijn op de galerij- of balkonplaat geplaatst wordt, moet de kitlaag voor plaatsing aangebracht worden. Voor het geval dat er toch water bij het kozijn komt, moet een voorziening worden aangebracht om het water af te voeren. Afhankelijk van het type galerij- of balkonplaat kunnen hiervoor een ingestorte pvc-buis of sleuven dienen.

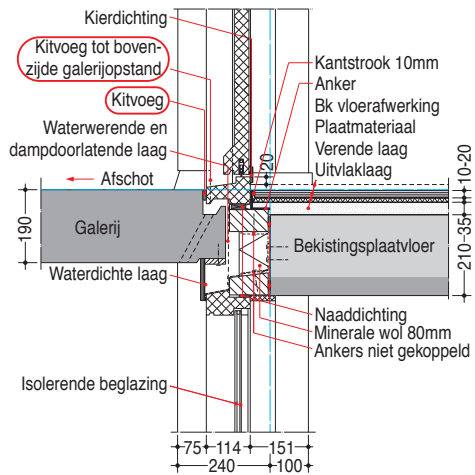


Galerijplaat niet voorzien van een kopschot

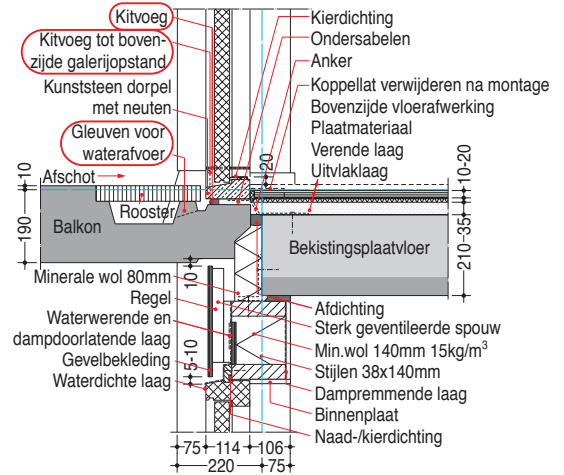


Detail 351.0.4.01; consoles onder balkon-/galerijplaat.

- 1= Opgezette rand ter plaatse van de vloerrand,
2= Waterhol.



Detail 352.0.3.01; kitvoeg tussen kozijn* en galerijplaat. De kitvoeg wordt tot de bovenzijde van de galerijopstand aangebracht. Het pvc-pijpje (elektriciteitspijpje) dient voor de afvoer van het hemelwater onder het kozijn. (* De laatste tijd zijn er timmerfabrikanten die een houten onderdorpel met kitvoeg niet willen accepteren. Pas dan kunststeen of kunststof onderdorpels toe)



Detail 352.0.1.02; kitvoeg tussen kozijn en galerijplaat. De kitvoeg wordt tot de bovenzijde van de galerijopstand aangebracht. Tevens zijn sleuven voor de afvoer van hemelwater in de balkonplaat aangebracht.



Het verloop van hemelwater tijdens de uitvoering. De naden zijn aan de bovenzijde nog niet afgekit. Daarnaast heeft de console geen opgezette rand en waterhol. Gevolg: het hemelwater loopt naar het binnenspouwblad toe.



Kitlaag onder het kozijn en aan de zijkant tot aan de bovenzijde van de opstand.



Langsdoorsnede opstand tpv kozijnaansluiting

Waterdicht

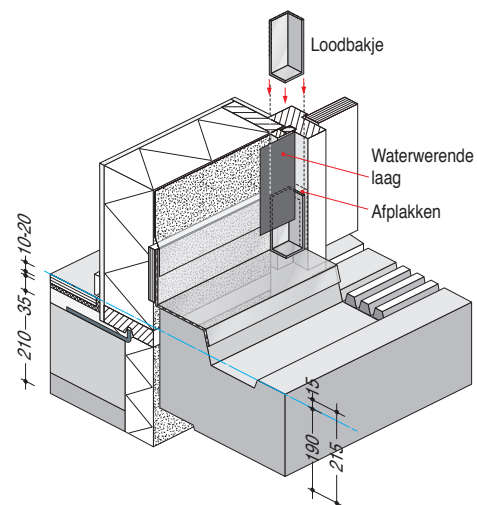
De opstand bij galerij- en balkonplaten aan de gevelzijde is ter plaatse van een deurkozijn vaak minder hoog dan ter plaatse van de dichte gevel. Dit komt door de '20 mm-eis' uit het Bouwbesluit. Om tijdens de fabricage de betonelementen eenvoudig uit de bekisting te kunnen halen, zijn de zijkanten van de sparing afgeschuind.

Voor een goede waterdichte aansluiting dient een kitlaag onder het kozijn en aan de zijkanten tot de bovenzijde van de opstand aangebracht te worden. Dit moet vóór het plaatsen van het kozijn gebeuren. Om het kitten eenvoudiger te maken, kan eventueel voor het kitten een (luchtdicht) bandje aangebracht worden. SBR-referentiedetail 369.0.1.01 geeft aan op welke wijze de aansluiting van het kozijn op het binnenspouwblad en de galerijplaat waterdicht kan worden gemaakt.

Samenvatting

Voor goede waterdichte aansluitingen bij galerij- en balkonplaten gelden de volgende uitgangspunten:

- Kit de naden tussen prefab betonplaten na plaatsing aan de bovenzijde af.
- Pas consoles met opzette rand en verticale waterhol toe.
- Pas bij elke galerij- of balkonplaat kopschotjes toe, zodat geen doorgaande goot ontstaat. Oftewel afvoer per galerijplaat.
- Zorg ter plaatse van kozijnen voor goede waterafvoermogelijkheden (ingestorte pvc-leidingen).
- Breng vóór plaatsing van het kozijn, een kitlaag aan onder het kozijn en aan de zijkant tot de bovenzijde van de opstand.



Detail 369.0.1.01; loodbakje ter plaatse van kozijnaansluiting voor een waterdichte aansluiting. Het maken van een waterdichte laag ter plaatse van de aansluiting van het kozijn op de opstand van de galerijplaat.

Bekende en minder bekende koudebruggen

Aandacht voor detailleren

Koudebruggen kunnen voor veel problemen zorgen en moeten zoveel mogelijk worden voorkomen.

Het Bouwbesluit stelt in afdeling 3.7 dat, ter voorkoming van een ongezond binnenklimaat (allergenen), de binnenoppervlaktetemperatuurfactor (f) minimaal gelijk moet zijn aan 0,65 (voor woningen) of 0,50 (voor de utiliteitsbouw).

Koudebruggen ontstaan door constructieve elementen die de isolatielagen doorbreken, zoals betonnen aanstortnokken of stalen opleg-schoenen. Ter plaatse van de koudebrug is de warmtestroom naar buiten groter dan bij de direct omliggende constructie.

Opbouw

Naast deze oorzaak beïnvloedt nog een aantal factoren de binnenoppervlaktetemperatuur. Allereerst de opbouw van het detail.

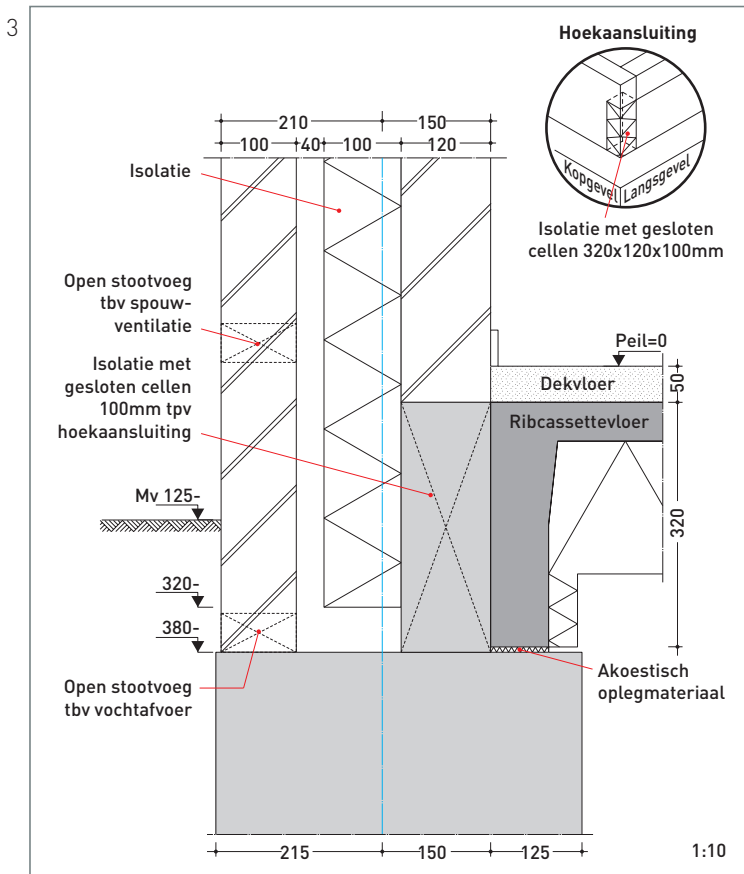
Een aantal details waarbij koudebruggen ontstaan, zoals een constructie-element dat van buiten naar binnen doorloopt, is wel bekend en op tekening snel herkenbaar. Maar er zijn ook details waarbij niet zo snel duidelijk is of deze een koudebrug opleveren.

Tekst en foto's: ing. P. Smits en drs. ing. H.M. Nieman

En dan vooral: waar zit de isolerende laag? Wanneer de isolatie aan de buitenzijde of in de spouw zit, is de binnenconstructie volledig (warm) ingepakt en is de binnenoppervlaktetemperatuur hoog. Ten tweede is de geometrie van het detail van belang. Zo heeft een hoekdetail meer aansluitend oppervlak aan de koude buitenlucht dan aan de warme binnenlucht. In dat geval zal door het grotere warmteverlies de binnenoppervlaktetemperatuur lager worden. In hoeken treedt daarom een lagere binnenoppervlaktetemperatuur én dus een lagere f-factor op. Een driedimensionale aansluiting versterkt dat effect nog eens.

De binnentemperatuur (van de ruimte) is eveneens een belangrijke factor. Warme lucht is lichter dan koude lucht en stijgt op ofwel: de temperatuur in het bovenste gedeelte van de ruimte is hoger (de zogenaamde temperatuurgradiënt van een ruimte).





1. Blok isolatie ter plaatse van de hoekaansluiting, in de praktijk.
2. Het isolatiemateriaal sluit niet goed aan op het kozijn waardoor extra warmteverlies optreedt.
3. SBR-referentiedetail 103.2.0.03. Hoekaansluiting bij fundering (op papier).

Naast deze natuurkundige (fysische) verklaringen voor het begrip koudebrug, speelt een aantal bouwkundige oorzaken een rol bij het ontstaan van koudebruggen. Deze bouwkundige onvolkomenheden hebben vanzelfsprekend weer een natuurkundig proces tot gevolg én koudebruggen.

Het slecht isoleren van de gebouwschil is de belangrijkste bouwkundige oorzaak. Op veel plaatsen ontstaan spouwen achter de isolatie en/of sluiten de isolatieplaten niet goed aan. Niet alleen onderling, maar ook tegen andere constructieonderdelen, zoals de spouwlat van een kozijn (afb. 1). Een gebrekkige maatvoering is vaak de oorzaak hiervan. Ook onvoldoende luchtdichtheid van de gebouwschil kan tot koudebruggen leiden; al dan niet versterkt door een slecht functionerend - of slecht gebruikt ventilatiesysteem. Wanneer er een luchtstroom van buiten naar binnen ontstaat, zal rondom de kier of naad de temperatuur van de binnenoppervlakte dalen.

Oppervlaktebehandeling

Het stellen van een eis aan de f-factor is gebaseerd op het beperken van allergenen veroorzaakt door schimmels en bijvoorbeeld huisstofmijt. Ook de oppervlaktebehandeling speelt een rol bij het optreden van schimmels.

De vochtproductie in een woning varieert per ruimte. Het binnenklimaat in keukens, badkamers en slaapkamers wisselt sterk, als gevolg van de daar optredende vochtproductie, terwijl de overige ruimten een relatief stabiel binnenklimaat hebben. In ruimten waar het binnenklimaat sterk wisselt, is oppervlaktecondensatie nodig om schimmelvorming te laten ontstaan. Echter: in ruimten waar een stabiel maar vochtig binnenklimaat heerst, is condensatie geen voorwaarde om schimmel te laten ontstaan.

Veel toegepaste oppervlaktebehandelingen zijn schilderwerk, stucwerk en behang. Behang bevat cellulosebestanddelen die schimmelvorming stimuleren. Bepaalde verfsoorten zijn eveneens gevoelig voor schimmels (bijvoorbeeld waterverdunbare verven). Stucwerk en spuitwerk bevatten vaak bestanddelen (cellulose / organisch materiaal) die deze afwerkingen schimmelgevoelig maken.

Berekenen

Er bestaat een computerprogramma om koudebruggen te berekenen maar een ontwerper zal niet steeds opnieuw een detail berekenen om na te gaan of dit detail voldoet aan de f-factor. Dit is zeer arbeidsintensief. Door gebruik te maken van de SBR-referentiedetails of details van leveranciers met een attest wordt op eenvoudige wijze voldaan aan de f-factor-eis uit het Bouwbesluit.

Koudebruggen treden op ter plaatse van doorbrekingen van de isolatielaag zoals bij funderingen, metselwerk ondersteuning, balkons of consoles. Als voorbeeld een nadere uitwerking van funderingsaansluitingen.

Funderingen

De variabelen in de fundering en de gevelconstructie zijn de geometrie, de gekozen begane grondvloer, de aanlegdiepte, de oplegmethodiek van de vloer en de opbouw van de gevel.

De meest kritische punten zijn de buitenhoeken van een gebouw. Meestal lukt het op deze plaatsen sponningen in funderingsbalken te vermijden door op de meest kritische plaatsen isolatie op te nemen (zie afb. 2 en 3). Eventuele sponningen zijn nodig om de isolatie voldoende diep in de constructie te brengen. De SBR-referentiedetails geven details voor de gangbare begane grondvloeren.

Het nauwkeurig volgen van het detail is noodzakelijk. Een aantal vloeren behaalt een betere f-factor omdat de oplegging (gedeeltelijk) thermisch onderbroken is. Bepaalde leveranciers en aannemers bedachten innovatieve oplossingen om aan de f-factor te voldoen. Zo kan men bijvoorbeeld met foamglas, een op druk te belasten isolatiemateriaal, een thermische onderbreking maken. Een sponning in de funderingsbalk is dan niet meer nodig.

De opbouw van de gevel speelt eveneens een belangrijke rol bij de bepaling van de f-factor. Een houten binnenspouwblad is kritischer dan bijvoorbeeld een steenachtig binnenspouwblad. In het houten binnenspouwblad is de isolatie opgenomen tussen het stijl- en regelwerk. Daarnaast is ter plaatse van de meest kritische punten meestal een houten stijl of regel aanwezig.

Aanvullende informatie is te vinden in de SBR-referentiedetails en SBR-informatiebladen 64 tot en met 68 (www.sbr.nl)

Lucht- en waterdichtheid bij zonne-energie

Aandacht voor detailleren

Het plaatsen van zonne-energiesystemen – zowel pv-panelen als zonnecollectoren – op daken vereist de nodige zorg en aandacht bij het detailleren. In de SBR-referentiedetails Woningbouw Combinatie zijn details van aansluitingen met zonnecollectoren opgenomen. Bij de plaatsing van zonne-energiesystemen zijn de kwaliteitseisen belangrijk. Een vakman kan pv-panelen en zonnecollectoren weliswaar eenvoudig plaatsen maar toch ontstaan er in de praktijk regelmatig fouten.

Kwaliteitseisen

De ondergrond voor een zonne-energiesysteem moet, indien geïntegreerd in de gebouwschil, waterwerend of waterdicht zijn. Een waterwerende laag op de dakplaten moet een zwaardere kwaliteit hebben dan een gewone waterwerende laag in verband met mechanische

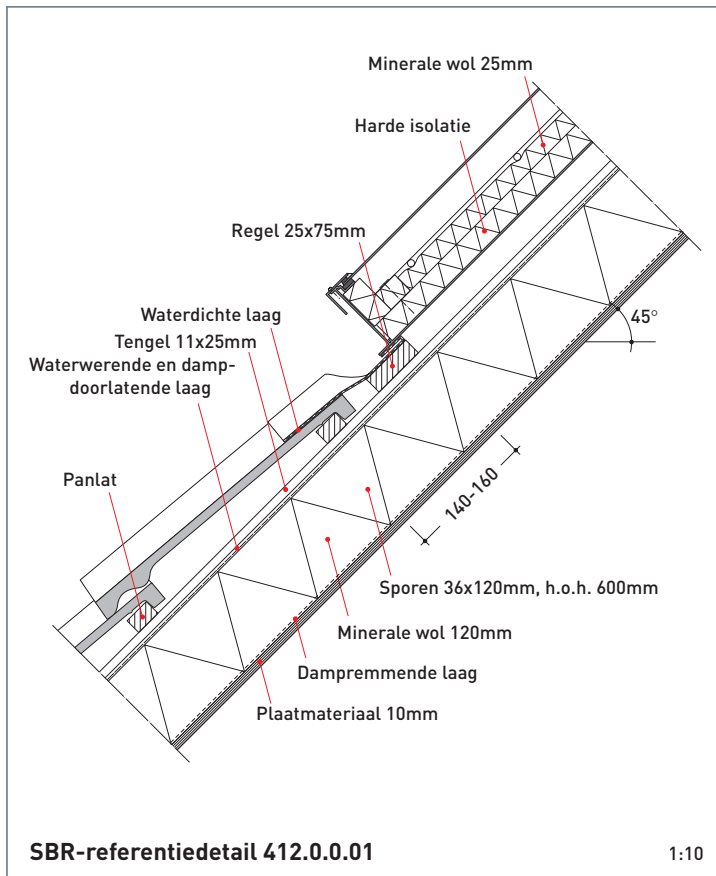
Voor het goed installeren van zonnepanelen en -collectoren zijn zorgvuldig uitgewerkte details noodzakelijk. Hierin moet onder andere de luchtdichtheid en waterdichtheid zijn vastgelegd. Daarnaast worden er ook eisen gesteld aan de dakconstructie.

Tekst: ing. P. Smits en drs. Ing. H.M. Nieman

Foto's: P. Smits, H. Nieman en R. Schipper

beschadigingen. Dit kan bijvoorbeeld een waterwerende dampdoorlatende mandragende folie zijn, zoals een spinnvliesmembraan. Aansluitingen en doorvoeren door de dakconstructie moeten goed waterdicht ingeplakt en afgewerkt zijn. Bedenk bij leidingdoorvoeren dat hier (grote) temperatuurverschillen kunnen optreden. Dit heeft een directe invloed op het afdichtingsmateriaal. Het beste kunnen doorvoeren afgedicht worden met een (EPDM-)rubber manchet, dat op het dakelement geplakt wordt. Kit is af te raden. Het is belangrijk dat eventuele scheuren die ontstaan zijn bij de verwerking van de folie goed en volledig afgeplakt worden (dakpansgewijs). Bij bevestigingen in een waterwerende of waterdichte laag kunnen neopreenringen en RVS-parkers/schroeven goede diensten bewijzen. Bevestigingsankers van het frame in het dak moeten waterdicht aangesloten zijn. Vermijd opstandjes op de waterafvoerende laag.





1. Zonnecollectoren en PV-panelen op een woningdak gecombineerd. De waterdichtheid vereist veel aandacht.
2. Een waterwerende in plaats van een waterdichte laag onder de sterk geventileerde pv-panelen zorgt voor rot-tend dakbeschot.
3. Behalve het dakbeschot is ook de isolatie aangetast.
4. Het dakbeschot onder een waterdampdoorlatende laag kan gaan rotten.
5. Kabels en leidingen moeten waterdicht door het dak gevoerd worden anders kan water in de constructie door-dringen.

Werk stapelprofielen (constructie van pv-paneel) waterdicht af. De plaatsing van een element op de panlatten zorgt voor een goede ventilatie onder de collector of het pv-paneel; het element vormt één geheel met het dak. De ventilatie zorgt er onder andere voor dat de onderzijde van het element niet te warm wordt, zodat het rendement niet afneemt.

Aangebracht lood moet goed aansluiten op de dakpannen.

Verwerkingseisen

Let op luchtdichte uitvoering van de bestaande aansluitingen van de dakplaten. Voorzie naden en dergelijk van een luchtdichting voordat de waterwerende dampdoorlatende folie wordt aangebracht. Als deze folie al aanwezig is, geldt dit zelfde voor de nog openstaande naden. Een volledige luchtdichting is bij alle doorvoeren belangrijk.

Voor de plaats van de luchtdichtingen en het toe te passen luchtdichtingsmateriaal geeft bijvoorbeeld het attest van het betreffende dakelement duidelijkheid.

Voormontage van bijvoorbeeld rails, en assemblage kan op het maai-veld plaatsvinden volgens de specificaties van de leverancier.

Vervolgens vindt montage op het dak plaats.

Voor aansluitslangen van een collector moeten ter plaatse van de collector-aansluitpunten twee sparingen aanwezig zijn of gemaakt worden in het dakbeschot. De grootte van de sparingen is afhankelijk van de leiding inclusief isolatie. Voor de doorvoer van de collector-aansluitslangen in een pannendak zijn speciale ventilatiepannen verkrijgbaar. Deze pannen worden vaak bijgeleverd.

Panlatten ter ondersteuning van pv-panelen, zonnecollectoren of de constructie moeten op de juiste afstand liggen. Soms moeten zwaardere panlatten worden toegepast. De leverancier geeft daarbij



aanwijzingen voor het aanbrengen van het frame.

Aandachtspunten

Naast aandacht in het ontwerp, zijn er ook bij de uitvoeringsaspecten die zorg verdienen:

- Vraag tijdig de meest recente instructies op en bespreek deze met de uitvoerende medewerkers;
- Bestel in verband met de vereiste luchtdichtheid een prefab binnenmanchet voor een maatvast aansluiting op de doorvoer.
- Maak bij waterdichte lagen de onderlinge verbinding zorgvuldig waterdicht. Houd loodstroken maximaal 1500 mm breed in verband met scheurvorming.
- Breng waterwerende (of waterdichte) lagen dakpansgewijs aan. Voorkom luchtlekken door het prefab binnenmanchet pas na de dakdoorvoer aan te brengen en sluit dit manchets aan tegen het plafond.
- Zorg voor een goede beveiliging voor werk dat op daken moet worden uitgevoerd. Vooral constructies met overstekken vragen extra aandacht (raadpleeg zonodig AI-blad 15).
- Alle pv-panelen en zonnecollectoren zijn voorzien van uitgebreide informatie met betrekking tot montage en werking. Vraag hiernaar, maak er desnoods kopieën voor de medewerkers van.

Overige informatie:

SBR-referentiedetails Woningbouw Combinatie, SBR

WTCB TV 212: Leidraad voor de installatie van zonneboilers, WTCB.

SBR-publicatie 360 'Luchtdicht bouwen - deel A+ B', SBR

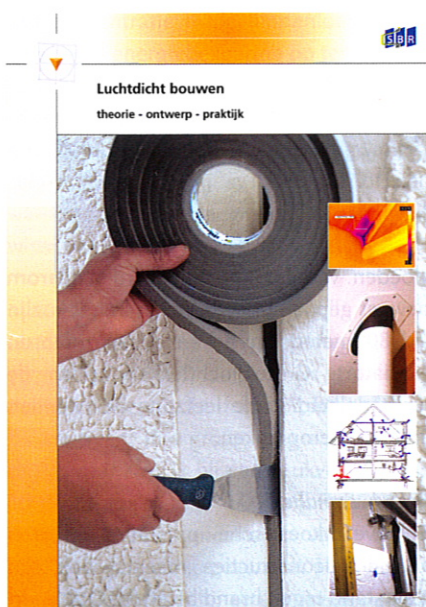
NVN 7250: Zonne-energiesystemen - Integratie in daken en gevels - Bouwkundige aspecten

LUCHTDICHT BOUWEN (I)

> ENERGIEZUINIGHEID

TEKST ING. PETER KUIINDERSMA EN DRS. ING. HARRY NIEMAN

Luchtdicht bouwen of bouwen met een beperkte luchtdoorlatendheid zijn in principe twee tegengestelde begrippen met uiteindelijk hetzelfde resultaat. In de Nederlandse Bouwregelgeving (Bouwbesluit) wordt een eis gesteld aan de maximale luchtdoorlatendheid. Daarnaast is in 2009 de derde druk van de SBR uitgave 'Luchtdicht Bouwen' gepresenteerd. In twee artikelen gaat Bouwregels in de praktijk in op luchtdicht bouwen. In dit artikel wordt de fysische achtergrond uitgelegd en wordt vervolgens het belang van luchtdicht bouwen duidelijk gemaakt. Daarna worden de eisen, reken- en meetmethoden behandeld. In Bouwregels in de praktijk nr. 11 wordt uiteengezet hoe de vereiste luchtdichtheid in de praktijk wordt gerealiseerd.



Door openingen in de omhulling of 'schil' van een gebouw komt buitenlucht naar binnen en binnenlucht verdwijnt naar buiten. Dit wordt aangeduid met infiltratie en exfiltratie. In de wintersituatie verdwijnt verwarmde binnenlucht ongecontroleerd naar buiten. Omgekeerd komt koude buitenlucht binnen en kan tocht veroorzaken. Het zal duidelijk zijn dat in- en exfiltratie is te voorkomen door luchtdicht te bouwen. Volledig luchtdicht bouwen is onmogelijk,

dus bij het stellen van eisen zal er altijd een toegestane waarde bij een bepaald drukverschil moeten worden vermeld.

Om in- en exfiltratie te verkrijgen is er een drijvende kracht of drukverschil nodig over de schil. Een drukverschil drukken we uit in Pascal (N/m^2). Een druk van 10 Newton per vierkante meter (10 Pa) laat zich vertalen als een druk van 1 kilogram per m^2 . Dit drukverschil ontstaat in de praktijk door wind, door thermiek (warme lucht is lichter dan koude lucht en stijgt daardoor) en door bewuste ventilatie.

De luchtvolumestroom wordt in Nederland bepaald bij een drukverschil van 10 Pascal. Dat is hoger dan de gemiddelde optredende drukverschillen van 2 en 4 Pascal bij respectievelijk ventilatiesysteem C (natuurlijke toevoer + mechanische afvoer) en D (mechanische toe- + afvoer). Door deze eis te koppelen aan 10 Pascal wordt in de praktijk het drukverschil over de schil slechts voor twintig procent van de tijd overschreden.

BELANG VAN LUCHTDICHT BOUWEN

Het belang van luchtdicht bouwen is groot. Niet alleen vanwege de gewenste energiebesparingen, maar ook voor het bereiken van de noodzakelijke prestaties op het gebied van waterdichtheid, hygrische- en

akoestische kwaliteit, comfort, brandwerendheid en ventilatie.

Energiebesparing

Het ongecontroleerd laten passeren van buitenlucht door de schil kost energie. De hoeveelheid lucht die passeert is echter lastig te berekenen. In de EPC-berekening is het energieverlies ten gevolge van ventilatie opgeknipt in drie delen, namelijk spui-ventilatie, ventilatie en onbewuste ventilatie (door de openingen in de schil). Voor deze drie delen is voor de EPC-berekening afzonderlijk een nauwkeurige inschatting gemaakt voor het energieverlies. De hoeveelheden (luchtvolumestromen) zijn gerelateerd aan het vloeroppervlak. In de praktijk treden deze drie luchtvolumestromen echter nooit afzonderlijk op. Uit modelonderzoek blijkt dat de drie luchtvolumestromen elkaar bovendien sterk beïnvloeden. Het effect van de luchtdichtheid valt volledig weg, wanneer ramen en deuren open staan. Ook bij geopende handge-regelde ventilatioeroosters valt de volumestroom ten gevolge van openingen in de schil grotendeels weg. De conclusie is dan ook dat gelijkwaardige oplossingen gebaseerd op de formules uit de EPC-berekening bouwfysisch onjuist zijn. In de nieuwe ventilatienorm NEN 8088 deel 1 en 2 wordt dit

goed gemaakt en worden parameters voor rekenmodellen gegeven, zodat op bouwfy-sisch juiste wijze, energetische besparin-gen van moderne (innovatieve) ventilatie-systemen zijn te berekenen.

In het boek 'Luchtdicht bouwen' zijn in bijlage 1 voorbeeldberekeningen gegeven voor het energieverlies ten gevolge van ventilatie (op basis van EPC-formules). De luchtvolumestroom wordt vermenigvul-digd met de energie die het kost om 1 m³ buitenlucht op te warmen en vervolgens met de stookseizientijd. Vervolgens wordt de uitkomst gedeeld door het stookrende-ment.

De energieverliezen in m³ aardgas bij stan-daard woning (GO verwarmd 135 m²) bedra-gen:

Systeem C (natuurlijke toevoer + mechanische afvoer)	q _{v,10} -waarde 1,0 dm ³ /(s.m ²) (NB. Geen zelfrege-lende roosters)	568 m ³
Systeem D (mechanische toe- + afvoer)	WTW-rendement 75% q _{v,10} -waarde 0,4 dm ³ /(s.m ²)	309 m ³
Passief- huis (bouwen) niveau Systeem D	WTW-rendement 75% q _{v,10} -waarde 0,15 dm ³ /(s.m ²)	281 m ³

Waterdichtheid

In Nederland gebruiken we meestal het samengesteld dichtingsstelsel. Dat bete-kent:

1. een 'regenscherm' met openingen voor drukvereffening en waterafvoer;
2. een spouw waarin de drukvereffening plaatsvindt; en
3. een luchtdicht binnenspouwblad.

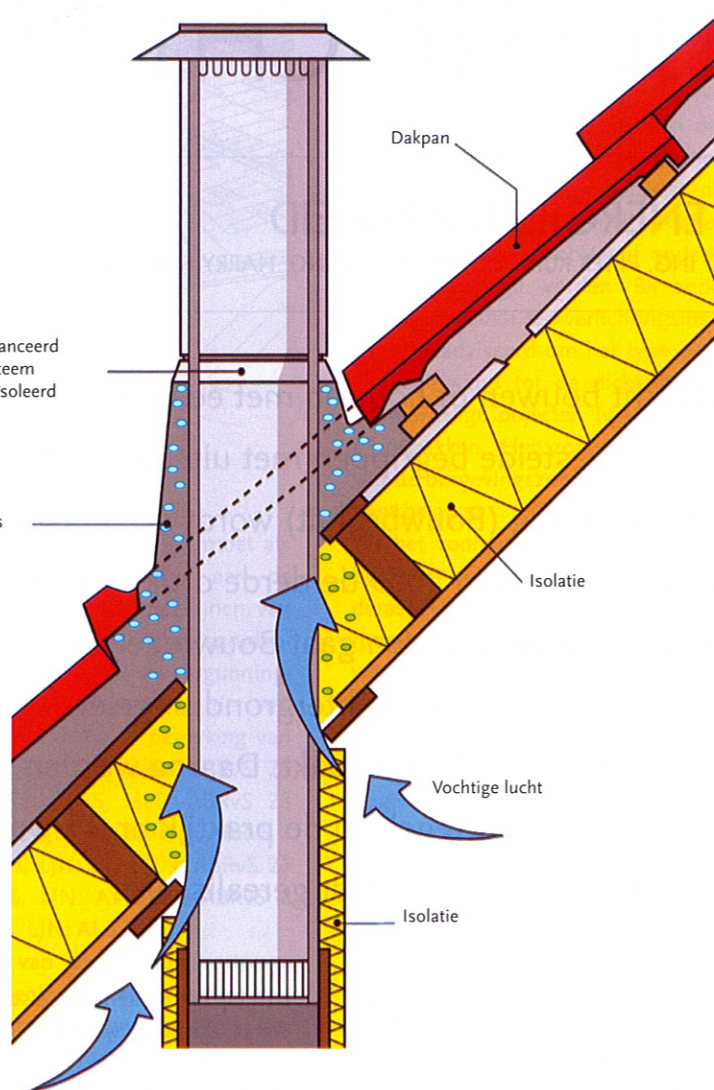
Ook in de aansluitingen (detaillering) maken we gebruik van dit principe; kleine opening aan de buitenzijde, ontspannings-ruimte en luchtdichting. Tezamen wordt dit principe aangeduid als het open voeg-systeem. Wanneer de luchtdichting niet correct is dan ontstaat er een 'drijvende kracht' tussen buiten en binnen en is er een grote kans op lekkage. Voor meer informatie raadpleeg NPR 2652:2008 'Vochttering in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details'. Een enkelvoudig dichtingsstelsel is bijvoorbeeld een plat dak bedekking of 'structural glazing'.

Hygrische kwaliteit

Door onvoldoende luchtdichtheid ver-dwijnt warme en dus vochtige lucht uit het gebouw. Deze lucht gaat condenseren

Afvoer gebalanceerd
ventilatiesysteem
inwendig geïsoleerd

Condens



Inwendige condensatie voor convectie

Inwendige condensatie in dak door onvoldoende luchtdichtheid.

zodra een koud grensvlak wordt bereikt. Vaak leidt deze condensatie niet tot scha-de, maar in houtconstructies (denk aan niet-luchtdicht aangesloten doorvoeren in houten dakelementen) kunnen luchtlekken tot schade (houtrot) leiden.

Akoestische kwaliteit

Scheidingsconstructies tussen woningen en gebouwen moeten een bepaalde akoes-tische kwaliteit bezitten. Ook aan uitwen-dige scheidingsconstructies (gevels en daken) worden akoestische eisen gesteld. Wanneer de luchtdichtingen niet correct worden aangebracht zal de akoestische prestatie in de hogere frequenties (tonen) onvoldoende zijn.

Comfort

Mensen ervaren te hoge luchtsnelheden in hun leefzone als tocht. Ook een tempera-tuurverschil tussen een luchtstroom en de rest van de leefzone kan het comfort beïn-

vloeden. Ventilatiestroosters worden daarom bewust gepositioneerd boven in het kozijn (>1,80 meter) en boven de warmtebron (radiator). Grote luchtlekken zullen de luchtsnelheid in de leefzone beïnvloeden en tocht veroorzaken.

Brandwerendheid

Behalve akoestische prestaties moeten scheidingsconstructies meestal ook een weerstand tegen brand bezitten. Ook daar-om moeten deze scheidingsconstructies luchtdicht worden uitgevoerd om te voor-komen dat hete gassen in het naastgele-gen brandcompartiment geraken. Raadpleeg voor meer informatie ook de SBR-ISSO publicatie Brandveilige doorvoe-ren.

Ventilatie

Ventilatie en luchtdichtheid hebben een nauwe relatie met elkaar. Eerder is uiteen-gezet wat de drijvende krachten achter

luchttransport door de schil zijn. Het ventilatiesysteem C (natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging) versterkt aan de loefzijde het drukverschil en aan de lijzijde wordt dit drukverschil verzwakt of opgeheven. De mate waarin dit gebeurt, is vooral afhankelijk van de winddruk. Als de winddruk hoog is ontstaat al snel dwarsventilatie door de roosters in de tegenover elkaar liggende gevels. De consequentie is dat de ventilatielucht in de ruimten aan de lijzijde afkomstig is uit andere verblijfsruimten en niet rechtstreeks van buiten, zoals het Bouwbesluit eist. Het is dan ook voorstelbaar bij bepaalde windsnelheden, afzuighoeveelheden en luchtdichtheid dat aan de lijzijde helemaal geen lucht toe- of uit-treedt door de ventilatieroosters. Dat betekent dat er dan niet of nauwelijks wordt geventileerd.

Zelfregelende roosters beperken de kans op dwarsventilatie, doordat het rooster steeds dezelfde luchtstroom doorlaat. Vanzelfsprekend zetten bewoners/gebruikers daarom dergelijke roosters minder snel dicht. Dergelijke roosters besparen tevens energie. Ongewenste dwarsventilatie ontstaat natuurlijk ook door onvoldoende luchtdichtheid, dus bij systeem C is goede luchtdichtheid eveneens van belang. Vraaggestuurd ventileren op basis van de CO_2 -concentratie in de binnenlucht levert weer extra energiebesparing op ten opzichte van zelfregelende roosters. Het terugwinnen van de warmte uit de afvoerlucht met behulp van een warmteterugwinwisselaar (mogelijk bij systeem D) of een warmtepomp is de meest verregaande wijze van energiebesparing.

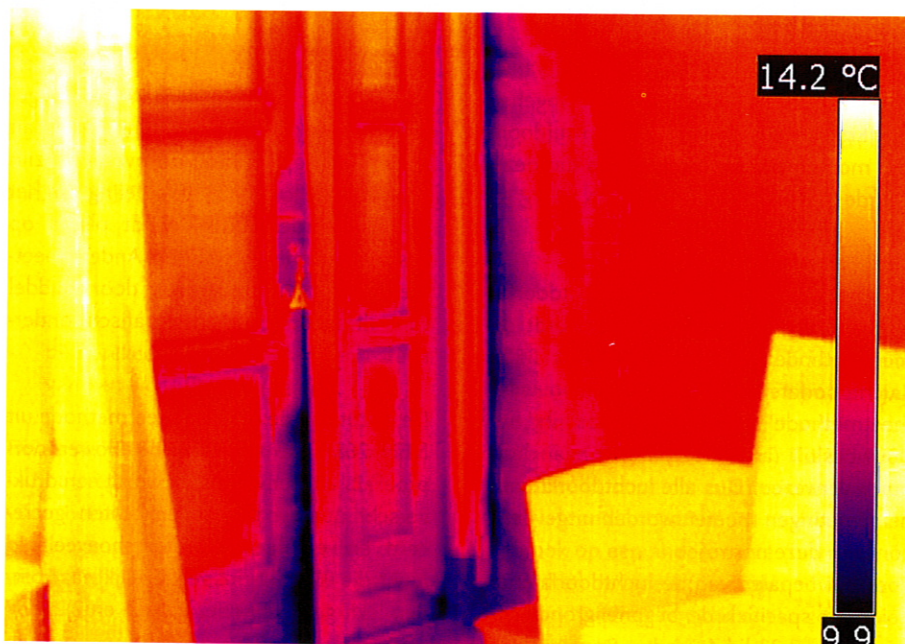
EISEN AAN DE LUCHTDICHTHEID

In de Nederlandse bouwregelgeving (Bouwbesluit 2003) wordt de eis gesteld dat de hoeveelheid lucht die door de schil naar buiten treedt niet groter mag zijn dan $200 \text{ dm}^3/\text{s}$ of $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een drukverschil van 10 Pascal (bij $V_{\text{gebouw}} = 500 \text{ m}^3$). Per uur zou dat een lucht volumestroom van 720 m^3 zijn. Eerder is aangegeven dat 10 Pascal te hoog is. Maar ook bij een drukverschil van 4 Pa zou dat nog steeds: $\sim 400 \text{ m}^3/\text{h}$ zijn. Deze grote hoeveelheid lucht is natuurlijk ongewenst voor een energiezuinige woning of gebouw. Daarom worden in de EPC-berekening lagere waarden gehanteerd. Voor een woning van 100 m^2 GO respectievelijk voor systeem C: $100 \text{ dm}^3/\text{s}$ en voor systeem D: $40 - 60 \text{ dm}^3/\text{s}$.

In Nederland zijn de kwaliteitsverschillen in de luchtdichtheid van de schil uitgedrukt in zogenaamde luchtdichtheidsklassen:



Naast een kwantitatieve bepaling van de luchtdichtheid wordt ook een kwalitatieve bepaling aanbevolen: waar zitten de luchtlekken? Foto: Adviesburo Nieman.



Onderzoek luchtlekken door middel van thermografie; aansluiting deur/gevel.

Foto: Adviesburo Nieman.

Klasse 1	Voor de ventilatiesystemen A en C	Toegestane onderwaarde $1,0 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$
Klasse 2	Voor ventilatiesysteem D	Toegestane onderwaarde $0,4 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$
Klasse 3	Voor ventilatiesysteem D in een Passief Bouwen concept	Toegestane maximum waarde $0,15 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$

hoewel het altijd benaderingen blijven. Ook kan gekozen worden voor de aanbevolen of onderwaarden uit NEN 5128 'Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Bepalingsmethode':

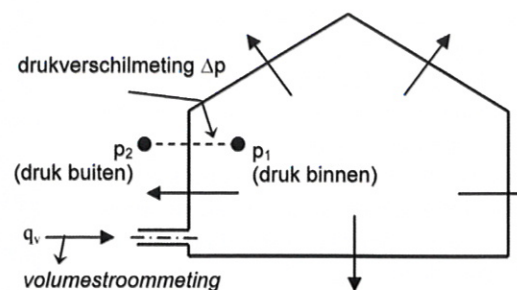
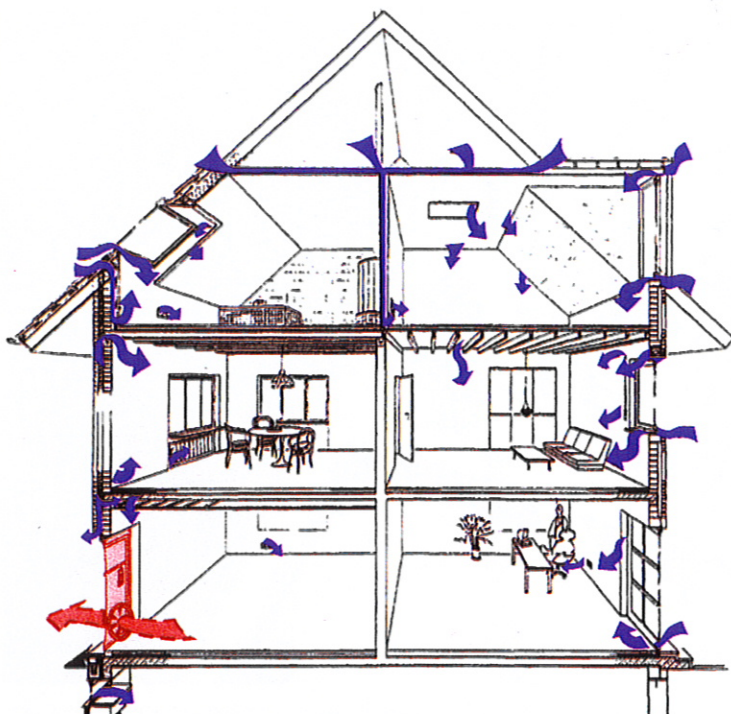
Ventilatiesysteem	Aanbevolen ($\text{dm}^3/(\text{s.m}^2)$)	Onderwaarde ($\text{dm}^3/(\text{s.m}^2)$)
A, B en C	1,0-1,43	1,0
D	0,625	0,4

REKEN- EN MEETMETHODEN

Rekenmethoden

Aan luchtdichtheid kan gerekend worden,

Het heeft in het huidige EPC-programma geen zin lagere waarden dan 1,0 en 0,4 in te voeren, want het programma rondt dat af naar 1,0 respectievelijk 0,4. In de nieuwe



Figuren 1 en 2. Principe van een luchtdoorlatendheidsmeting.

EPC-norm NEN 7120 (te gebruiken vanaf 2011) zal deze blokkade worden opgeheven. Er zal echter dan met een blowerdoortest moeten worden aangetoond dat deze waarde reëel is.

Meetmethoden

Voor het exact bepalen van de luchtdoorlatendheid van de totale woning wordt de meetmethode van de norm NEN 2686 'Luchtdoorlatendheid van gebouwen; meetmethode' gehanteerd. Ook in het Bouwbesluit (artikel 5.9) wordt naar deze norm verwezen. Dus alle luchtdoorlatendheidsmetingen moeten worden uitgevoerd conform deze norm.

Voor het bepalen van de luchtdoorlatendheid van specifiek de begane grondvloer (zie artikel 3.23 lid 4 van het Bouwbesluit) is een meetmethode opgenomen in NEN 2690 'Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode voor de specifieke luchtvoelgestroom tussen kruipruimte en woning'. In dit artikel wordt verder niet op de meetmethode voor de begane grondvloer ingegaan.

Bij luchtdichtheidsmetingen gaat het om een kwantitatieve beoordeling van de luchtdoorlatendheid. Met andere woorden: er wordt gemeten hoeveel lucht eigenlijk (ongewenst) de woning binnenkomt, respectievelijk verlaat. Het is echter ook van belang dat er naast de kwantitatieve ook een kwalitatieve beoordeling plaatsvindt. Zo kan immers worden nagegaan waar nu eigenlijk precies de lekken gesitueerd zijn en hoe deze gedicht kunnen worden. Een

veel gehanteerde manier om deze lekken op te sporen, is met behulp van een zogenaamd 'rookbuisje'. De woning moet dan echter wel op onder- of overdruk zijn gebracht. De kwaliteitsbeoordeling van het geconstateerde luchtlek vindt plaats op basis van kennis en ervaring. Andere meetmethoden zijn: onderzoek door middel van ultrasoon of thermografisch onderzoek.

De opzet van de officiële meetmethode uit NEN 2686 (de zogenaamde Blowerdoortest) is vrij eenvoudig: er wordt een drukverschil tussen binnen en buiten gecreëerd, en vervolgens wordt de hoeveelheid lucht die weglekt, respectievelijk naar binnen lekt, gemeten (zie figuur 1 en 2).

LITERATUUR:

- SBR-Referentiedetails
- SBR-uitgave Luchtdicht bouwen (theorie - ontwerp - praktijk): ISBN 978-90-5367-500-7
- SBR/ISSO-uitgave Brandwerende doorvoeren
- NPR 2652: 2008
- NEN 5128 / NEN 2916
- NEN 7120 (ontwerp)

ING. PETER KUINDERSMA IS ALS ADVISEUR WERKZAAM BIJ ADVIESBURO NIEMAN B.V.
DRS. ING. HARRY NIEMAN IS DIRECTEUR VAN NIEMAN CONSULTANCY B.V. TEL. 030 - 241 34 27. INTERNET: WWW.NIEMAN.NL.

LUCHTDICHT BOUWEN (II)

Luchtdicht bouwen of bouwen met een beperkte luchtdoorlatendheid zijn in principe twee tegengestelde begrippen met uiteindelijk hetzelfde resultaat. In de Nederlandse Bouwregelgeving (Bouwbesluit) wordt een eis gesteld aan de maximale luchtdoorlatendheid. Daarnaast is in 2009 de derde druk van de SBR-uitgave 'Luchtdicht Bouwen' gepresenteerd. In twee artikelen gaat Bouwregels in de praktijk in op deze uitgave. In Bouwregels in de praktijk nr. 10 is de fysische achtergrond uitgelegd en is vervolgens het belang van luchtdicht bouwen duidelijk gemaakt. Daarna zijn de eisen, reken- en meetmethoden behandeld. In dit artikel wordt uiteengezet hoe de vereiste luchtdichtheid in de praktijk wordt gerealiseerd.

> ENERGIEZUINIGHEID

TEKST ING. PETER KUINDERSMA EN DRS. ING. HARRY NIEMAN

Luchtdicht bouwen begint bij goed ontworpen details. In de praktijk gaat dat niet altijd goed! Relatief grote luchtlekken in de praktijk zijn:

- kierdichting van ramen en deuren;
- aansluiting tussen kozijnen en gevels;
- aansluitingen van daken op gevels en bouwmuren;
- aansluitingen met de begane-grondvloer;
- daknokken;
- dakdoorvoeren;
- brievenbus;
- hoekaansluitingen, onderlinge aansluitingen.

Door zorgvuldig te ontwerpen en te bouwen kunnen deze luchtlekken grotendeels vermeden worden. In de kaders zijn de aandachtspunten per luchtdichtheidsklasse (2 en 3) opgenomen.

Naast de hiervoor genoemde uitgangspunten moet in de detaillering en de keuze van het dichtingsmateriaal rekening worden gehouden met de volgende aspecten:

- keuze van het dichtingsmateriaal in relatie tot de gebouwdelen, rekening houdend met kruip, krimp, thermische bewegingen en optredende belastingen;



FOUT: doorvoer is niet voorzien van een afdekplaat/dichting. Hier is een groot luchtlek aanwezig. Foto: Adviesburo Nieman.

- uniforme materiaalkeus en maatvoering voor bepaalde oplossingen;
- beperking van het aantal luchtdichtingsmaterialen;
- uniforme methode voor het oplossen van ontmoetingen;
- standaardafmetingen van de toe te passen materialen;
- houd tijdens de uitvoering rekening met de nodige toleranties en maatafwijkingen;
- houd rekening met de bouwmethodiek

LUCHTDICHTHEIDSKLASSE 2, GOED

Extra aandachtspunten ten opzichte van klasse 1:

- goed knevelende twee- en driepuntssluitingen;
- manchetten ter plaatse van de dak- en geveldoorvoeren;
- nastelbaar hang- en sluitwerk;
- waar mogelijk luchtdichtingen prefabriceren.

Op de bouwplaats zijn verder nodig:

- specifieke instructies met betrekking tot het aanbrengen van afdichtingen voor de bouwplaatsmedewerkers;
- (extra) kwaliteitscontrole op de bouwplaats;
- gerichte controle (met een opblaasproef) kort voor de oplevering van de eerste woningen.



Prefab dakdoorvoer, dakbeschotplaat/manchet. Foto: Ubbink.

- en montagevolgorde;
- laat in verband met de weersomstandigheden zoveel mogelijk luchtdichtingen in de fabriek aanbrengen.

Zoals eerder vermeld valt en staat de uiteindelijk te realiseren luchtdichtheid van de gebouwschil met de uitvoering. Ondanks veel aandacht aan luchtdichtheid tijdens het ontwerp kan het in de praktijk

LUCHTDICHTHEIDSKLASSE 3, UITSTEKEND (PASSIEFHUIS-NIVEAU)

Extra aandachtspunten ten opzichte van klasse 2:

- éézijdige afgeschuinde haakschoten H&S-werk;
- waar mogelijk de naden/kieren afplakken;
- waar mogelijk luchtdichtingen prefabriceren;
- dubbele luchtdichtingen in de draaiende delen;
- natte beglazing bij houten kozijnen en kwaliteitseisen bij kunststof en aluminium kozijnen;
- kabeldoorvoeren, leidingdoorvoeren (buitenlichtpunten en buitenkranen), prefab manchetten gebruiken, afplakken en bij elektriciteitspijpen ook in de pijp afkitten;
- overlappen van dampremmende folie afplakken;
- geen doorbrekingen dampremmende folie (gebruik zonodig een voorzetwand voor de elektra- en waterleidingen);
- gerichte controle van de aangebrachte luchtdichtingen en controlemetingen (eventueel in combinatie met infraroodmetingen).

goed fout gaan! Het is daarom sterk aan te bevelen om vóór start van de bouw de uitgangspunten uit het ontwerp (luchtdichtheidsklasse) te benoemen en te bespreken op welke wijze dit kwaliteitsniveau kan worden gerealiseerd. Ook instructie aan de bouwplaatsmedewerkers over de wijze waarop de luchtdichtheid moet worden gerealiseerd mag hierbij niet ontbreken. Het is zeker zinvol om na realisatie van de eerste woningen in een project door middel van een luchtdoorlatendheidsmeting (Blowerdoor-proef) vast te stellen of het gewenste niveau ($q_{v,10}$ -waarde) is gerealiseerd. Alleen vroegtijdig is bijsturing nog mogelijk.

CONCLUSIE

Luchtdicht bouwen is uitermate belangrijk voor de bouwfysische prestaties van het gebouw. Luchtdicht bouwen wordt in de praktijk gerealiseerd door goede details te ontwerpen, juiste materialen en technische oplossingen voor te schrijven, goed te instrueren en te controleren. Leg de gevraagde kwaliteit vast in het Programma van Eisen (PVE) en eis dat wordt aangetoond dat deze waarde bij oplevering is



Voor luchtdichtheidsklasse 3 geldt: 'waar mogelijk de aansluitingen afplakken'.
Foto: Adviesburo Nieman.



Zorg voor een goede luchtdichting tussen dakplaat en kantgording (muurplaat). Hier ontbreekt deze. Er is wel een dichting aangebracht tussen muurplaat en de betonconstructie.
Foto: Adviesburo Nieman.

gerealiseerd. Neem tot slot in het beheerplan op dat regelmatig wordt gecontroleerd of de luchtdichtingen nog correct functioneren.

LITERATUUR:

- SBR-Referentiedetails
- SBR -uitgave Luchtdicht bouwen (theorie - ontwerp - praktijk): ISBN 978-90-5367-500-7
- SBR/ISSO -uitgave Brandwerende doorvoeren
- NPR 2652: 2008
- NEN 5128 / NEN 2916
- NEN 7120 (ontwerp)

ING. PETER KUINDERSMA IS ALS
ADVISEUR WERKZAAM BIJ
ADVIESBURO NIEMAN B.V.
DRS. ING. HARRY NIEMAN IS
DIRECTEUR VAN NIEMAN
CONSULTANCY BV.
TEL. 030 – 241 34 27.
INTERNET: WWW.NIEMAN.NL.