



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Isoleren van historische pannendaken

volgens URL 4014



Tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen

Isoleren van pannendaken

Deze brochure geeft isolatieconcepten voor het isoleren van pannendaken bij monumenten. De isolatieconcepten bestaan uit tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen. De inhoud is ontleend aan URL 4014 'Historisch pannendak'. Raadpleeg voor een juist gebruik ook de URL. Aan de hand van de beslisboom op de volgende pagina kunt u nagaan welk isolatieconcept in uw geval van toepassing is.

Toelichting beslisboom

Binnenisolatie

Bij binnenisolatie bevindt de hele dakconstructie zich aan de (koude) buitenzijde van de isolatie.

Buitenisolatie

Bij buitenisolatie bevindt de hele dakconstructie zich - met uitzondering van de dakbedekking - aan de (warme) binnenzijde van de isolatie.

Onderdakse ruimte

Het al dan niet verwarmd zijn van de onderdakse ruimte is mede bepalend voor de voorkeurswijze van isoleren. Bij een onverwarmde onderdakse ruimte is zoldervloerisolatie doorgaans een betere optie dan dakisolatie.

Vervanging dakbedekking

Indien vervanging van de dakbedekking aan de orde is ontstaat een natuurlijk moment voor buitenisolatie. Immers de dakbedekking wordt al verwijderd zodat buitenisolatie relatief eenvoudig in de werkzaamheden meegenomen kan worden. Dit geldt ook voor het aanbrengen van een waterkerende laag.

Vochtig dakbeschot

Dakbeschot met vochtsporen mag niet geïsoleerd worden zonder eerst de oorzaak van het vochtprobleem op te lossen.

Verhoging dakvlak

Hierbij gaat om de mogelijkheid om het dakvlak te kunnen verhogen vanuit bouwkundig en monumentaal oogpunt.

Aanzicht dakvlak

Bij welvingen in het dakvlak die in de loop der tijd zijn ontstaan, kan het - vanwege het monumentale beeld - wenselijk of vereist zijn om deze te behouden.

Sporen of gordingen wel/niet in zicht

Bij isolatie aan de binnenzijde kunnen de sporen/gordingen in het zicht worden gehouden door de isolatie, dampremmende laag en binnenafwerking tussen de sporen/gordingen aan te brengen. Dit leidt wel tot een verhoogd risico op vochtproblemen, omdat bij de naden rondom de sporen/gordingen luchtlekken kunnen ontstaan. Indien de sporen/gordingen niet in het zicht hoeven te blijven kunnen de dampremmende laag en binnenafwerking tegen de sporen/gordingen worden aangebracht. Dit levert minder risico op, vanwege de aaneengesloten dampremmende laag tegen de sporen/gordingen.

Toelichting isolatieconcepten

De isolatieconcepten in deze bijlage zijn bedoeld als voorbeeld om afhankelijk van de uitgangssituatie een verantwoorde keuze te kunnen maken voor wat betreft de opbouw van het isolatiepakket. Isoleren van monumentale daken is echter *altijd maatwerk*. De verdere uitwerking van het gekozen isolatieconcept en de materiaalkeuzes zullen per situatie individueel bepaald moeten worden. Soms is bouwfysisch onderzoek nodig om dit te kunnen bepalen. Met name de inwendige en uitwendige vochtbelasting, de conditie van de kapconstructie en de thermische eigenschappen van de bouwknoepen zijn in dit opzicht belangrijke factoren.

Aanbrengen van isolatie

Algemeen

Bij monumenten staat behoud van de monumentale waarden altijd voorop. Daarom moet allereerst worden bekeken of verantwoord isoleren mogelijk is met behoud van de monumentale waarden. Verder geldt dat verkeerd isoleren ook een bedreiging is voor de monumentale waarden, omdat vochtproblemen de kap en ander onderdelen van het gebouw op termijn kunnen aantasten. Het risico op schade als gevolg van verkeerd isoleren kan de basis zijn voor handhaving door de gemeente. Voor meer informatie hierover zie www.monumententoezicht.nl/daken/isolatie.

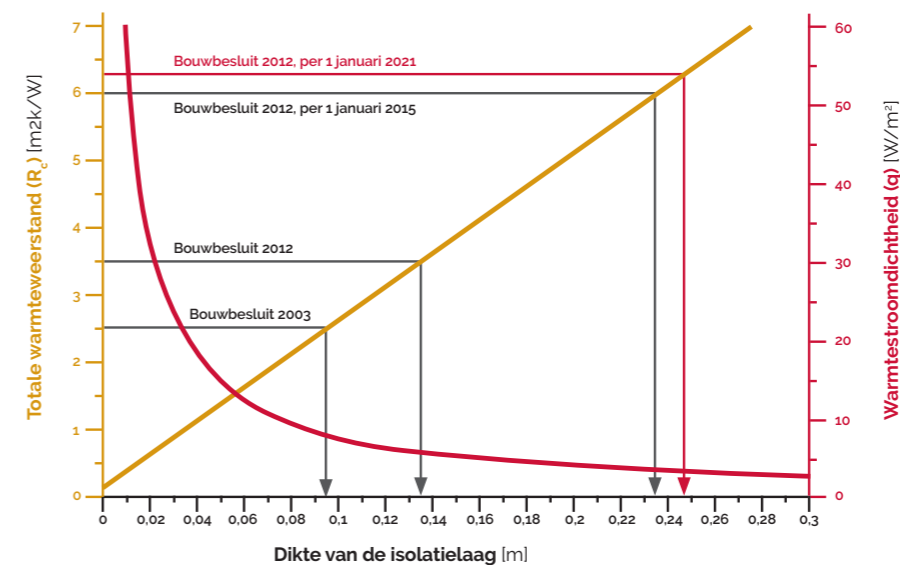
Isolatiemethode

Monumentale daken worden in principe volgens een dampdichte isolatiemethode geïsoleerd. Soms is bouwfysisch onderzoek nodig om tot een verantwoorde keuze te komen van de samenstelling van het isolatiepakket. Het bouwfysisch risico kan voor een dampdichte isolatiemethode verkend

worden met een eenvoudig rekenmodel (zoals Glaser). Het model kent echter wat beperkingen. Het is weinig dynamisch, neemt een aantal aspecten niet mee zoals vochtbuffering, luchtstroming en is slechts eendimensionaal. Voor veel details is een meerdimensionale rekentool nodig die het dynamische vochtgedrag onder niet-stationaire binnen- en buitencondities goed in beeld brengt (zoals Wufi en Delfin). Daarmee zijn de effecten van verschillen isolatiemogelijkheden vooraf goed te voorspellen.

Isolatie dikte

anwege behoud van de monumentale waarden is beperking van de dikte van het isolatiepakket soms wenselijk. Hierdoor ontstaan doorgaans minder problemen bij de uitvoering. Met name bij buitenisolatie waarbij de aansluitproblemen bij onder meer dakgoten groter worden bij toenemende isolatiedikte. Verder leveren de eerste centimeters isolatie het grootste aandeel aan de beperking van het warmteverlies (zie onderstaande grafiek).



Warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot isolatiedikte (Bron: RCE)

Toelichting grafiek: In de grafiek is het verloop van de warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot de isolatiedikte weergegeven, voor de isolatiewaarde van een 'gemiddeld' isolatiemateriaal. De warmteweerstand (rechte lijn) neemt lineair toe met de isolatiedikte. Elke centimeter isolatie resulteert in dezelfde toename van de warmteweerstand. Het warmteverlies door de constructie wordt echter bepaald door de warmtestroomdichtheid. De warmtestroomdichtheid is de hoeveelheid warmte die per seconde door een vierkante meter materiaal stroomt. De afname van de warmtestroomdichtheid (gebogen lijn) wordt geringer wanneer de isolatiedikte toeneemt. Dit betekent dat elke extra centimeter isolatie steeds minder effectief is.

Isolatiematerialen

Isolatiematerialen kunnen ingedeeld worden in: minerale, petrochemische en natuurlijke isolatiematerialen.

- **Mineraal:** Isolatiemateriaal op basis van gesponnen draden van gesmolten glas (glaswol) of steen (steenwol). Deze materialen zijn dampopen en hebben een voor isolatiematerialen lage warmteopslagcapaciteit en een laag vochtregulerend vermogen. Vanwege de kleine vezelstructuur kunnen deze materialen schadelijk zijn voor de gezondheid bij het verwerken.
- **Petrochemisch:** Isolatiemateriaal op basis van petrochemische grondstoffen zoals: PIR, PUR, EPS, XPS en resolschuim. Deze hebben een hoge isolatiewaarde, zijn (redelijk) dampdicht en hebben een voor isolatiematerialen lage warmteopslagcapaciteit en een laag vochtregulerend vermogen. Petrochemische isolatiematerialen zijn gemaakt van fossiele grondstoffen, zijn redelijk brandgevaarlijk en stoten giftige stoffen uit bij brand.
- **Natuurlijk:** Isolatiemateriaal op basis van natuurlijke grondstoffen zoals: houtwol, meste (katoen), hennep, vlas en kurk. De materiaaleigenschappen zijn nogal uiteenlopend. Natuurlijke materialen zijn circulair en sluiten over het algemeen goed aan bij een traditionele bouwwijze.

Aanbrengen isolatie

In alle gevallen bevat het isolatiepakket bij voorkeur geen holtes en is deze luchtdicht. Is dit niet het geval dan kan condensatie op de houten delen van de kapconstructie het gevolg zijn. Dit leidt tot aantasting (houtrot) van de kapconstructie. Vooral bij isolatie aan de binnenzijde is er kans op vochtproblemen door de vaak lastige detailleringen. Isoleren aan de buitenzijde verdient vanuit bouwfysisch oogpunt de voorkeur, aangezien de hele dakconstructie zich - met uitzondering van de dakbedekking - aan de (warme) binnenzijde van de isolatie bevindt.

Keuze dampremmende laag

De Sd-waarde is een maat voor de dampremmendheid van dampremmende folies. Hoe hoger deze waarde hoe minder damp er wordt doorgelaten. De benodigde dampremmendheid is afhankelijk van de opbouw van de constructie en de vochtbelasting. Het risico op condensatie kan worden bepaald met de rekenmodellen die eerder zijn genoemd. In veel gevallen zal 0,2 mm PE-folie voldoende dampremmend zijn (Sd = 13 m), maar in een zeer vochtige omgeving kan een hogere Sd waarde nodig zijn. In bepaalde situaties kan gekozen worden voor een zelfregulerende dampremmende laag (klimaatfolie) die zijn dampremmendheid kan aanpassen aan de heersende klimaatcondities.

Aanbrengen dampremmende laag

Dampdicht isoleren aan de binnenzijde vereist een zeer zorgvuldige damp- en luchtdichte uitvoering, om afdoende afsluiting te kunnen garanderen. Eventuele condensatie vindt plaats aan de koude zijde van de isolatie, waardoor bij isolatie aan de binnenzijde het risico ontstaat dat er vochtproblemen in de dakconstructie optreden. Om dit te beperken moet een dampremmende laag aan de binnenzijde van de isolatielaag worden aangebracht. Bij buitenisolatie is in principe geen dampremmende laag nodig - tenzij het een zolderruimte met hoge vochtbelasting betreft - maar er wordt veiligheidshalve wel geadviseerd deze toe te passen.

Een dampremmende laag is meestal een kunststof folie die soms is voorzien van een aluminium cachering. De dampremmende laag kan op of tussen de sporen of gordingen worden aangebracht. Doorbrekingen moeten zoveel mogelijk vermeden worden. Andere kritische punten zijn de aansluitingen bij knooppunten zoals spanten, balken, gordingen etc. De naden ter plaatse van de overlapping van de foliebanen en bij de aansluitingen op de dakconstructie en doorvoeren moeten luchtdicht worden afgeplakt met speciale tape. De folie mag niet geperforeerd worden. Indien een luchtdichte afwerking niet overal goed mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden.

In de praktijk blijkt dat de luchtdichtheid van dampremmende lagen op termijn vaak niet gegarandeerd kan worden. Dit wordt onder meer veroorzaakt door werking van de houten constructie. In het ontwerpstadium moet hier rekening mee worden gehouden. Doorboringen van de folie tijdens het gebruik van het gebouw zijn in dit opzicht ook een risico. Daarom is goede voorlichting van de gebouwgebruikers van belang om na het isoleren het risico van vochtproblemen tot een minimum te beperken.

Uitvoeringscontrole

Tijdens de uitvoering moet het correct aanbrengen van isolatie, dampremmende laag en de binnenafwerking gecontroleerd worden. Preventie is essentieel omdat fouten kunnen leiden tot onherstelbare schade aan het monument of zeer hoge herstelkosten. Controle kan door middel van visuele inspecties tijdens de uitvoering. Achteraf kunnen metingen worden uitgevoerd, zoals thermografische opnames (isolatiefouten) en blowerdoortests (luchtdichtheid). Dit zou in aanvulling kunnen worden gedaan op de inspecties tijdens de werkzaamheden, als extra check. Enkel achteraf metingen uitvoeren is niet aan te bevelen.

Ventilatie

Isoleren van de gebouwschil vermindert de infiltratie en exfiltratie. Deze worden namelijk beperkt doordat kieren worden gedicht en het isolatiepakket de constructie luchtdichter maakt. Een ander gevolg van isolatie is dat koudebruggen in de constructie tot vochtproblemen kunnen leiden. Afhankelijk van het binnen- en buitenklimaat kan op deze plaatsen condensatie optreden. Na het isoleren van een gebouw is daarom vaak extra ventilatie vereist voor het afvoeren van leefvocht, het realiseren van voldoende luchtverversing en om vochtproblemen te vermijden. De geldende eisen met betrekking tot ventilatie staan in het bouwbesluit. Extra ventilatievoorzieningen zoals luchtbehandelingskasten, ventilatiekanalen en -roosters, kunnen verlies van monumentale waarden tot gevolg hebben en dienen daarom zorgvuldig en vroegtijdig in het ontwerpproces ingepast te worden.

Ingrijpende renovatie

Als meer dan 25% van de buitenschil integraal wordt vernieuwd, is er in beginsel sprake van een ingrijpende renovatie als bedoeld in artikel 5.6, vierde lid, van het Bouwbesluit 2012 in verbinding met artikel 3.2 van de Regeling Bouwbesluit 2012. Dan geldt voor de thermische isolatie in beginsel de eis van het 'nieuwbouwniveau'. Deze eis kan door de gemeente in een Omgevingsvergunning worden gewijzigd omwille van het behoud van monumentwaarden.

Brandveiligheid

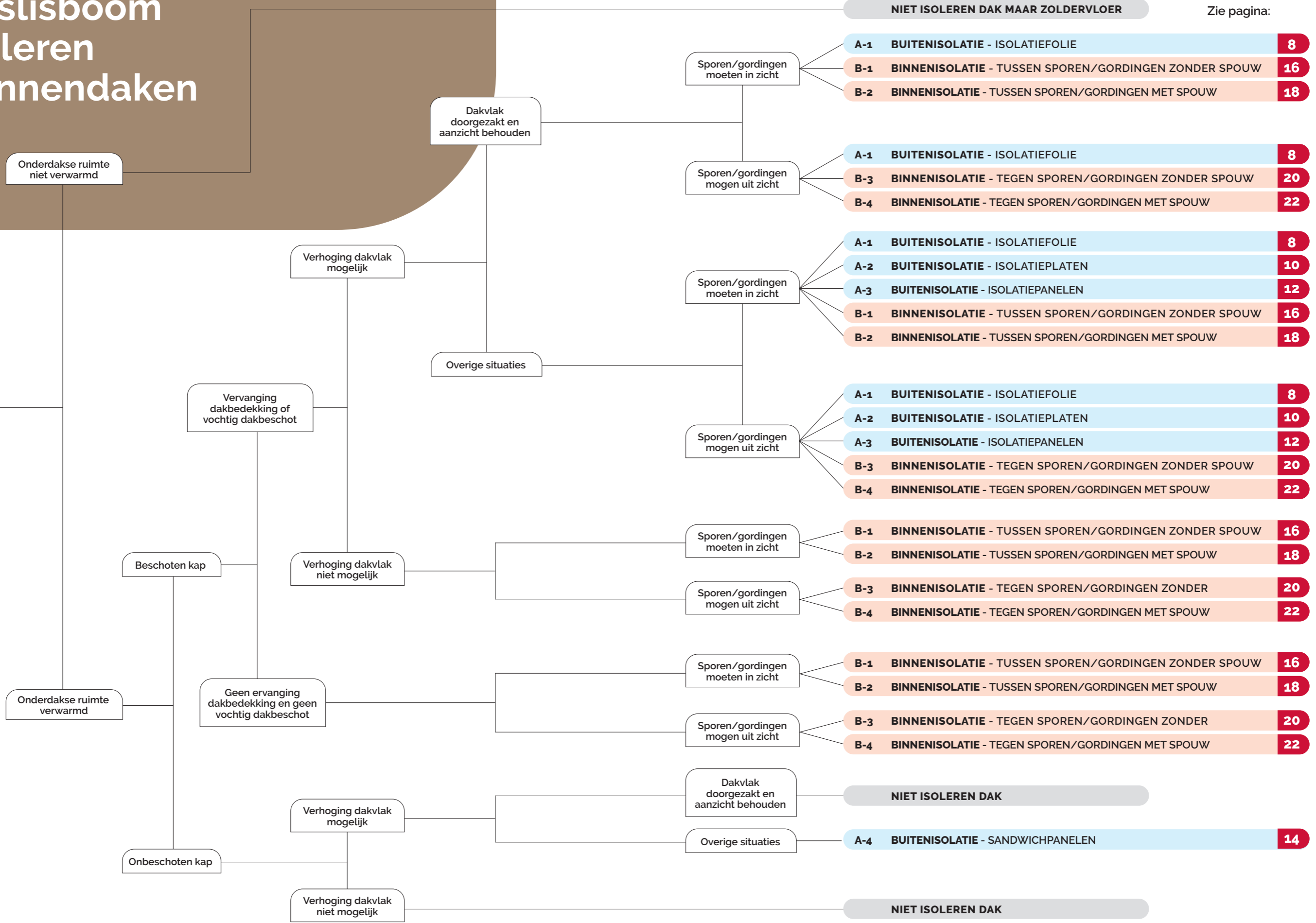
Het verduurzamen van het dak leidt ook tot een wijziging van de brandveiligheidseigenschappen. Dit betreft zowel het constructiegedrag bij brand (brandwerendheid en wdbdo), als het materiaalgedrag bij brand (bijdrage tot brandvoortplanting en rookproductie). De wijzigingen mogen echter niet leiden tot een achteruitgang van de prestatie (tenzij de oorspronkelijke prestatie al beter was dan de wettelijke nieuwbouweis). Naast de bouwfysische beoordeling moet er dus ook een beoordeling van de brandveiligheid plaatsvinden waarbij de verbouwvoorschriften van het Bouwbesluit 2012 in acht moeten worden genomen.



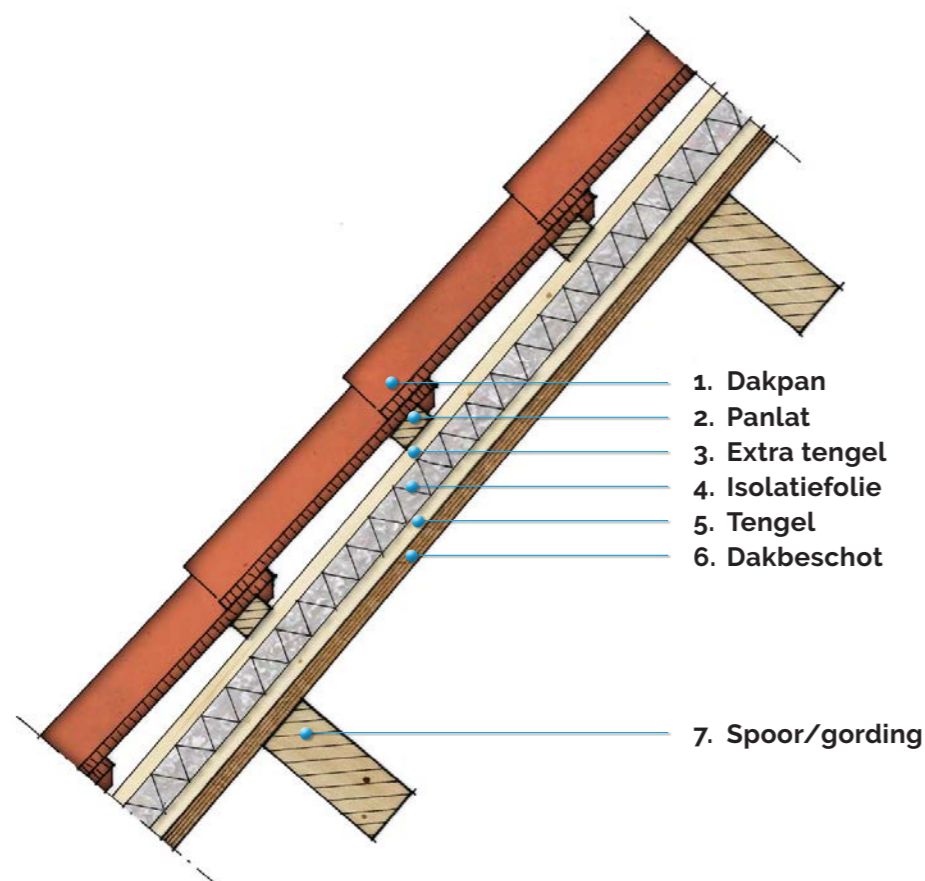
¹ Isolatiefolies zijn doorgaans opgebouwd uit diverse dunne lagen isolatiemateriaal afgewisseld met een laag aluminiumfolie. Het betreft dus geen ander isolatiemateriaal dan de hierboven genoemde materialen, maar het is een samengesteld product.

Beslisboom isoleren pannendaken

Isolatie Historisch pannendak - URL 4014



Buitenisolatie - isolatiefolie



Algemeen

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatiefolie kan hiervoor worden toegepast. Deze folie bestaat uit diverse lagen aluminiumfolie met daartussen lucht of isolatiemateriaal. Het heeft tevens een waterkerende functie (W_1) en zorgt voor een goede luchtdichting. De isolerende werking wordt in belangrijke mate bepaald door de thermische weerstand van de luchtsponen tussen de isolatiefolie en de constructie. Voor een optimaal effect is daarom een spouw van minimaal 20 mm nodig tussen isolatiefolie en dakbedekking en tussen isolatiefolie en dakbeschot. Isolatiefolie moet minimaal 10 mm vrij blijven van de onderkant van de panlatten, zodat de afvoer van eventueel regenwater en vocht niet wordt geblokkeerd. Daarom worden extra tengels boven op de folie aangebracht. De verhoging van het dakvlak is ongeveer gelijk aan de foliedikte plus 30 mm (ten behoeve van de vereiste spouw aan de onderzijde en een toeslag voor uitzakking van de folie).

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is niet vereist, maar wordt wel aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Bij buitenisolatie van pannendaken is in principe geen dampremmende laag (aan de binnenzijde) nodig, tenzij het een zolderruimte met hoge vochtbelasting betreft. Veiligheidshalve wordt wel geadviseerd een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag toe te passen, om een mogelijk risico op een te hoog vochtgehalte – door vocht van binnenuit – in het isolatiemateriaal en de kapconstructie te vermijden. Isolatiefolie is over het algemeen van zichzelf al dampdicht.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

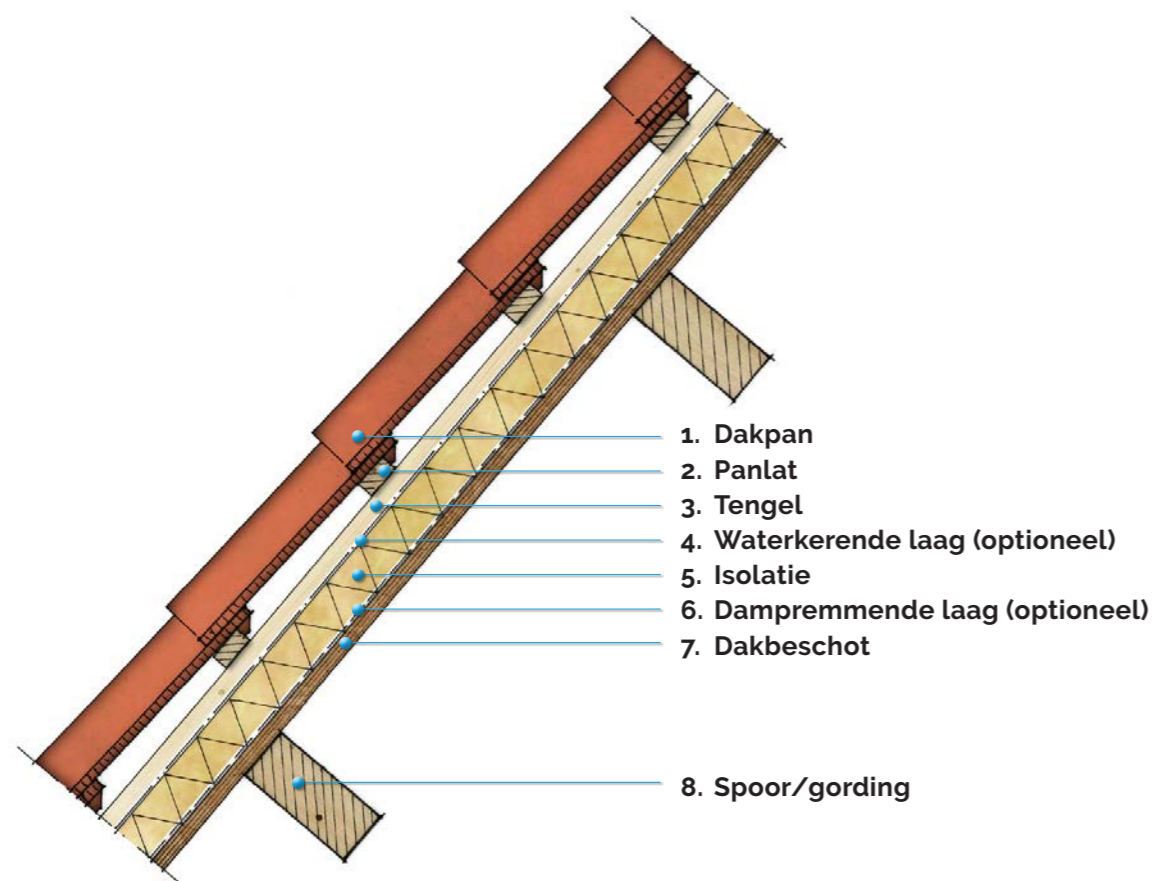
Toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldvervalsing kunnen worden uitgevoerd. Specifiek voor ensembles geldt in aanvulling hierop dat de overgang tussen de daken goed gedetailleerd kan worden en toelaatbaar is. Met isolatiefolie is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren en doorzakkingen in het dakvlak te behouden.

Uitvoeringsinstructies

1. **Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
2. **Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
3. **Extra tengels** - De isolatiefolie wordt op de bestaande tengels vastgezet met extra tengels. De dikte van de extra tengels is ongeveer gelijk aan 50% van de foliedikte plus 10 mm voor de vereiste speling onder de panlatten. Dit tezamen met de panlatten zorgt voor voldoende spouwruidte aan de bovenzijde (minimaal 20 mm) om de thermische werking van de isolatiefolie te waarborgen.
4. **Isolatiefolie** - De isolatiefolie wordt over de (opgehoogde) tengels gespannen en vastgezet. Daarbij wordt de folie tussen de tengels nagenoeg volledig samengedrukt. De isolatiefolie dient vrij te blijven van het dakbeschot en de panlatten. De overlappende langs- en dwarsnaden tussen de stroken en aansluitingen rondom moeten zorgvuldig met de door de fabrikant voorgeschreven materialen worden afgedicht.
5. **Tengels** - De bestaande tengels kunnen in principe blijven zitten en moeten worden opgehoogd tot 50% van de foliedikte plus 30 mm, voor de vereiste spouw aan de onderzijde van de folie.
6. **Dakbeschot** - Het dakbeschot kan in principe blijven zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden.
7. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie - isolatieplaten



Algemeen

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatieplaten (of isolatiedekens) kunnen hiervoor worden toegepast. Vaak zijn deze aan de onderzijde voorzien van een dampremmende laag en zijn niet zelfdragend, zodat ze op dakbeschot aangebracht moeten worden.

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is niet vereist, maar wordt wel aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Bij buitenisolatie van pannendaken is in principe geen dampremmende laag (aan de binnenzijde) nodig, tenzij het een zolderruimte met hoge vochtbelasting betreft. Veiligheidshalve wordt wel geadviseerd een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag toe te passen (indien niet reeds geïntegreerd in de isolatieplaten), om een mogelijk risico op een te hoog vochtgehalte - door vocht van binnenuit - in het isolatiemateriaal en de kapconstructie te vermijden.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

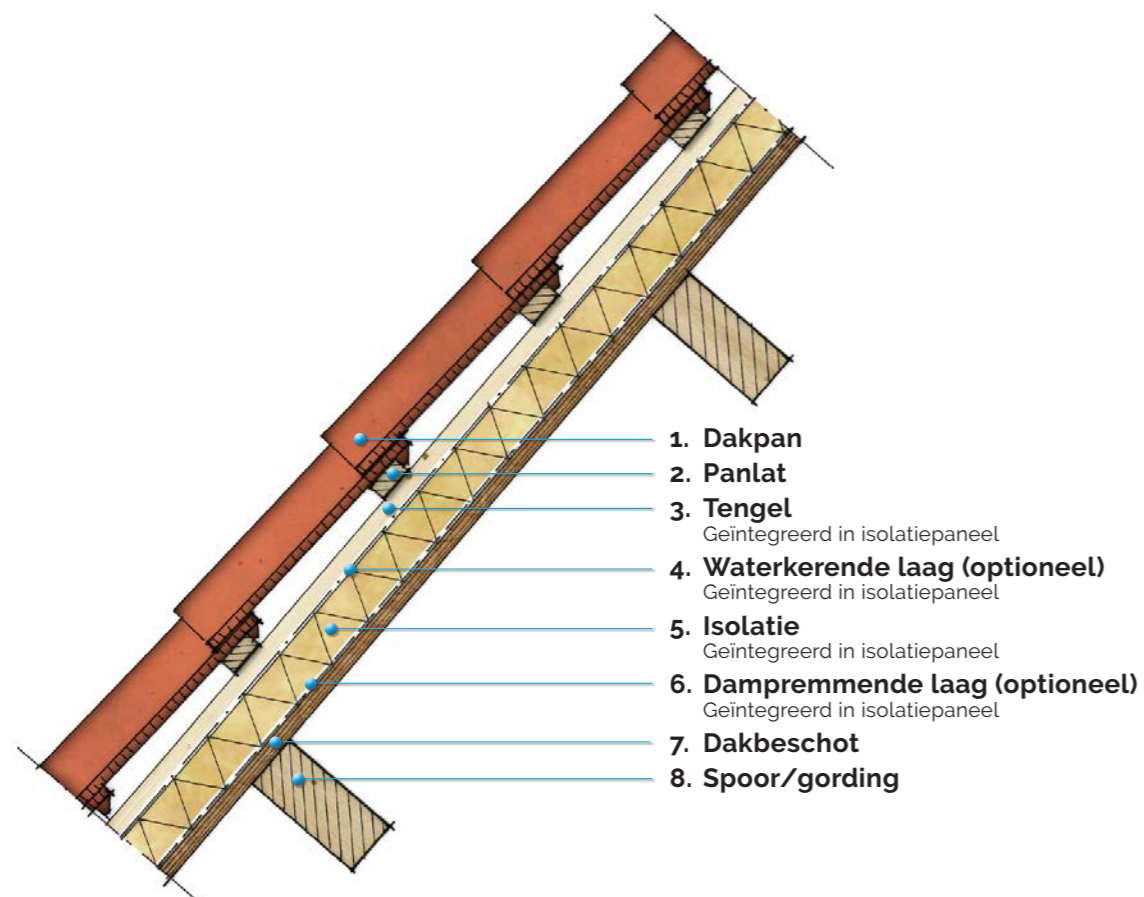
Toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Specifiek voor ensembles geldt in aanvulling hierop dat de overgang tussen de daken goed gedetailleerd kan worden en toelaatbaar is. Omdat isolatieplaten leverbaar zijn in kleine afmetingen - en afhankelijk van het soort isolatiemateriaal ook als dekens of flexibele plaat -, is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren.

Uitvoeringsinstructies

1. **Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
2. **Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
3. **Tengels** - De tengels worden indien nodig vernieuwd en over de waterkerende laag heen aangebracht op de regels tussen de isolatieplaten.
4. **Waterkerende laag (optioneel)** - Over de regels en isolatieplaat wordt eventueel een dampopen waterkerende folie aangebracht ($S_d < 0,2 \text{ m}$).
5. **Isolatie** - Op het dakbeschot worden regels aangebracht met een dikte gelijk aan de dikte van de isolatieplaat. Deze regels worden vastgeschroefd op de sporen/gordingen. De isolatieplaat wordt tussen de regels aangebracht. De houten regels verlagen de effectieve Rc-waarde, omdat hout minder goed isoleert dan isolatiemateriaal. Bij grotere eenvoudige dakvlakken is het daarom vaak beter om te kiezen voor isolatiepanelen, die dit nadeel niet hebben.
6. **Dampremmende laag (optioneel)** - Op het dakbeschot wordt eventueel een dampremmende folie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en luchtdicht afgetaped.
7. **Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden.
8. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie - isolatiepanelen



Algemeen

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Voor deze toepassing kunnen isolatiepanelen worden gebruikt, bestaande uit een isolatieplaat met opgelijmde tengels en eventueel aan de bovenzijde voorzien van een waterkerende en aan de onderzijde van een dampremmende laag. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschoth aangebracht.

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is niet vereist, maar wordt wel aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Bij buitenisolatie van pannendaken is in principe geen dampremmende laag (aan de binnenzijde) nodig, tenzij het een zolderruimte met hoge vochtbelasting betreft. Veiligheidshalve wordt wel geadviseerd een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag toe te passen (indien niet reeds geïntegreerd in de isolatiepanelen), om een mogelijk risico op een te hoog vochtgehalte - door vocht van binnenuit - in het isolatiemateriaal en de kapconstructie te vermijden.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

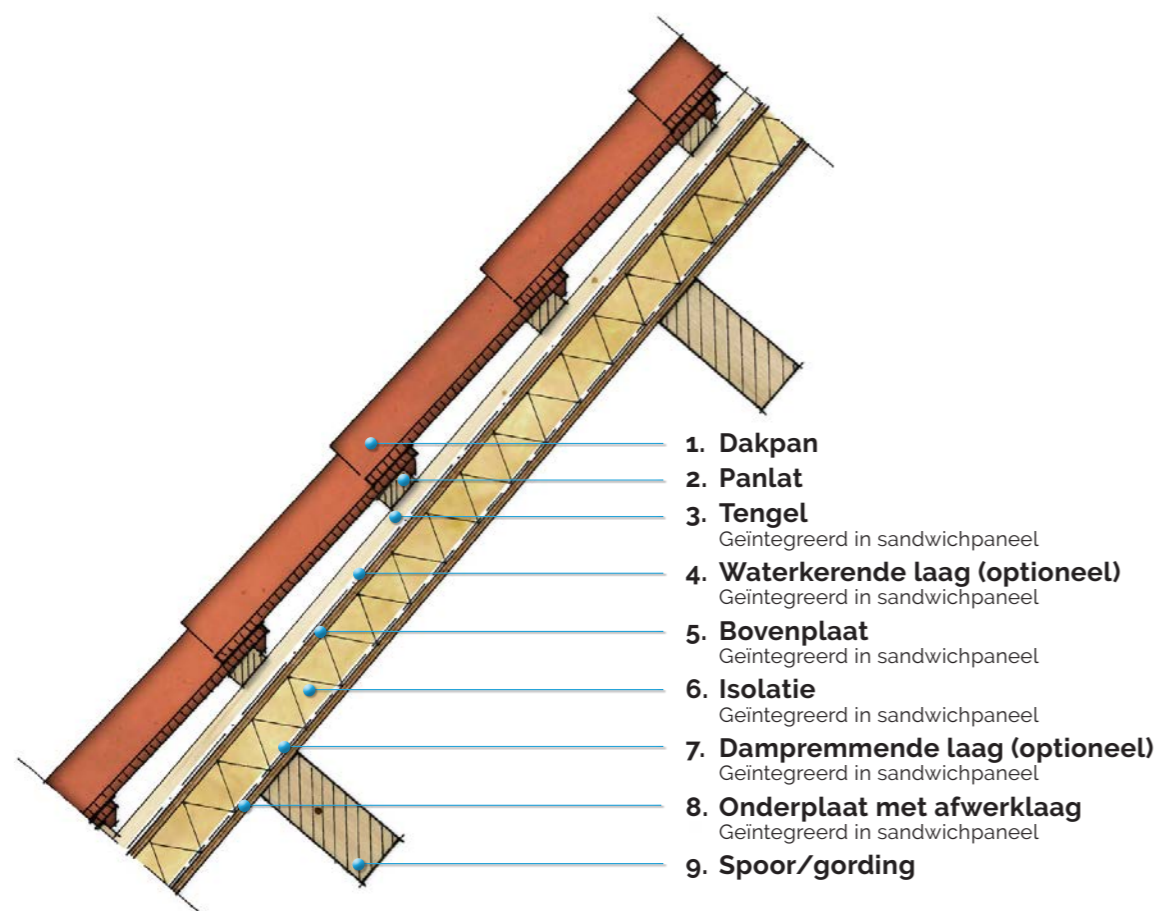
Toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Specifiek voor ensembles geldt in aanvulling hierop dat de overgang tussen de daken goed gedetailleerd kan worden en toelaatbaar is. Isolatiepanelen zijn met name geschikt voor grote eenvoudige dakvlakken.

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
- Tengels** - In het isolatiepaneel zijn tengels geïntegreerd. Doordat de tengels op de isolatieplaat zijn gelijmd wordt een hogere isolatiewaarde behaald dan bij isolatieplaten.
- Waterkerende laag (optioneel)** - In het isolatiepaneel is eventueel een dampopen waterkerende folie geïntegreerd ($S_d < 0,2$ m).
- Isolatie** - De isolatiepanelen worden op het dakbeschoth aangebracht en via de opgelijmde tengels vastgeschroefd op de dakconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren.
- Dampremmende laag (optioneel)** - In het isolatiepaneel is eventueel een dampremmende laag geïntegreerd ($S_d > 10$ m). De naden tussen de isolatiepanelen dienen luchtdicht op elkaar aan te sluiten.
- Dakbeschoth** - Het dakbeschoth blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Buitenisolatie - sandwichpanelen



Algemeen

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Voor deze toepassing kunnen sandwichpanelen worden gebruikt, bestaande uit een isolatieplaat met opgelijmde tengels en een dragende onderplaat en eventueel aan de bovenzijde voorzien van een waterkerende en aan de onderzijde van een dampremmende laag. Deze zijn zelfdragend en worden direct op de sporen/gordingen aangebracht.

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is niet vereist, maar wordt wel aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Bij buitenisolatie van pannendaken is in principe geen dampremmende laag (aan de binnenzijde) nodig, tenzij het een zolderruimte met hoge vochtbelasting betreft. Veiligheidshalve wordt wel geadviseerd een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag toe te passen (indien niet reeds geïntegreerd in de sandwichpanelen), om een mogelijk risico op een te hoog vochtgehalte - door vocht van binnenuit - in het isolatiemateriaal en de kapconstructie te vermijden.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

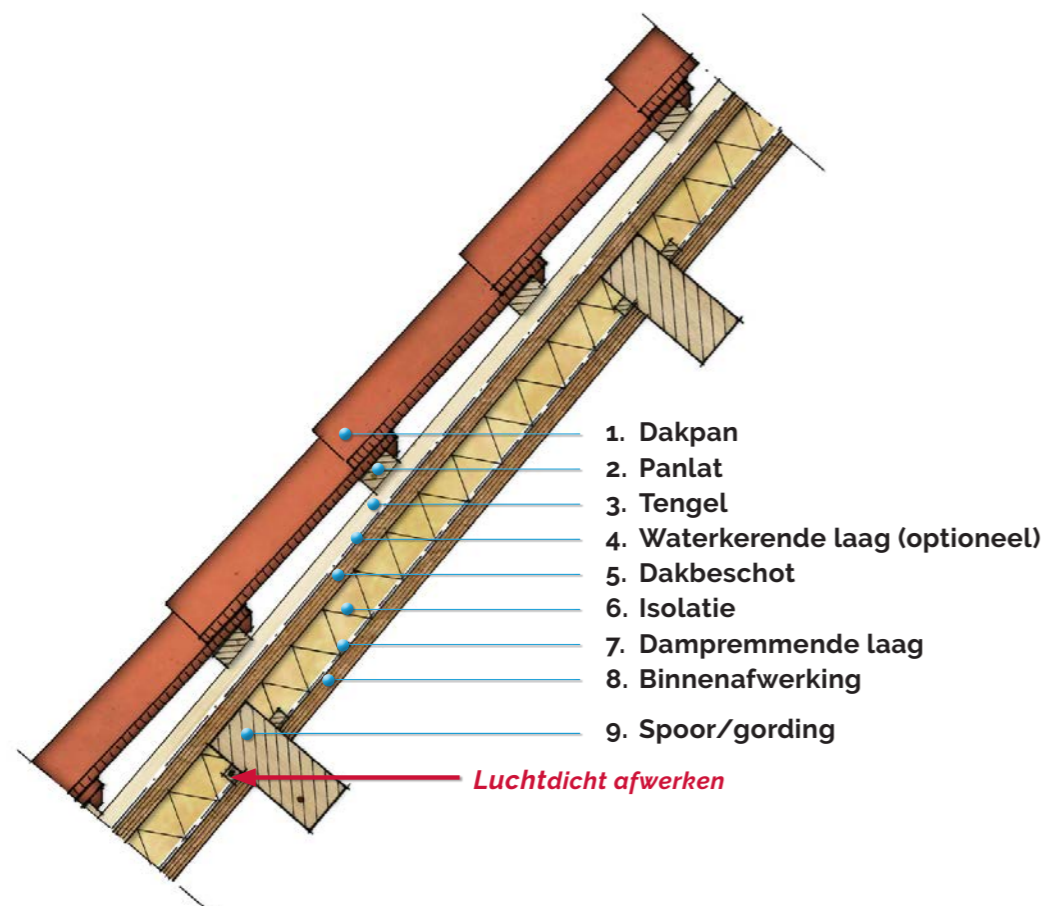
Toepassing

Voorwaarde voor toepassing van buitenisolatie is dat de dakaansluitingen, zoals bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten, vanwege de verhoging van het dakvlak goed en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Specifiek voor ensembles geldt in aanvulling hierop dat de overgang tussen de daken goed gedetailleerd kan worden en toelaatbaar is. Sandwichpanelen zijn leverbaar in grote lengtes en zijn met name geschikt voor het volledig vernieuwen van grote eenvoudige dakvlakken zonder dakbeschot of indien het dakbeschot vernieuwd moet worden.

Uitvoeringsinstructies

1. **Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld.
2. **Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd.
3. **Tengels** - De tengels zijn geïntegreerd in het sandwichpaneel.
4. **Waterkerende laag (optioneel)** - In het sandwichpaneel is eventueel een dampopen waterkerende folie geïntegreerd ($S_d < 0,2$ m).
5. **Isolatie** - De sandwichpanelen worden op de sporen/gordingen aangebracht en bevestigd op de dakconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren.
6. **Dampremmende laag (optioneel)** - In het sandwichpaneel is eventueel een dampremmende laag geïntegreerd ($S_d > 10$ m). De naden tussen de sandwichpanelen dienen luchtdicht op elkaar aan te sluiten.
7. **Onderplaat met afwerklaag** - De onderplaat is geïntegreerd in het sandwichpaneel.
8. **Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie - tussen sporen/gordingen zonder spouw



Algemeen

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Dit geldt vooral bij een dampremmende laag tussen de sporen/gordingen, omdat bij de naden rondom de sporen/gordingen een verhoogde kans op luchtlekken ontstaat. Bij een vochtig dakbeschot moet de oorzaak eerst verholpen zijn alvorens isolatie aan te kunnen brengen. Als de sporen/gordingen in het zicht moeten blijven wordt de isolatie en dampremmende laag tussen de sporen/gordingen aangebracht. Een zachte isolatieplaat is het best geschikt om de ruimte tussen de sporen/gordingen goed te vullen. De isolatie wordt direct tegen het dakbeschot aangebracht.

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is doorgaans niet vereist, maar wordt wel altijd aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Indien geen waterkerende laag wordt toegepast – alleen mogelijk bij dakbeschot zonder lekkagesporen en in goede staat verkerend – kan van binnenuit geïsoleerd worden zonder werkzaamheden aan de buitenkant. Regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde is dan een vereiste, omdat

lekkages aan de binnenzijde vanwege de isolatielaag niet tijdig worden opgemerkt. Bij binnenisolatie van pannendaken is een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag (aan de binnenzijde) wel vereist, om te voorkomen dat vocht van binnenuit een te hoog vochtgehalte in het isolatiemateriaal en de kapconstructie veroorzaakt.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans – hetgeen vooral bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden – waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Toepassing

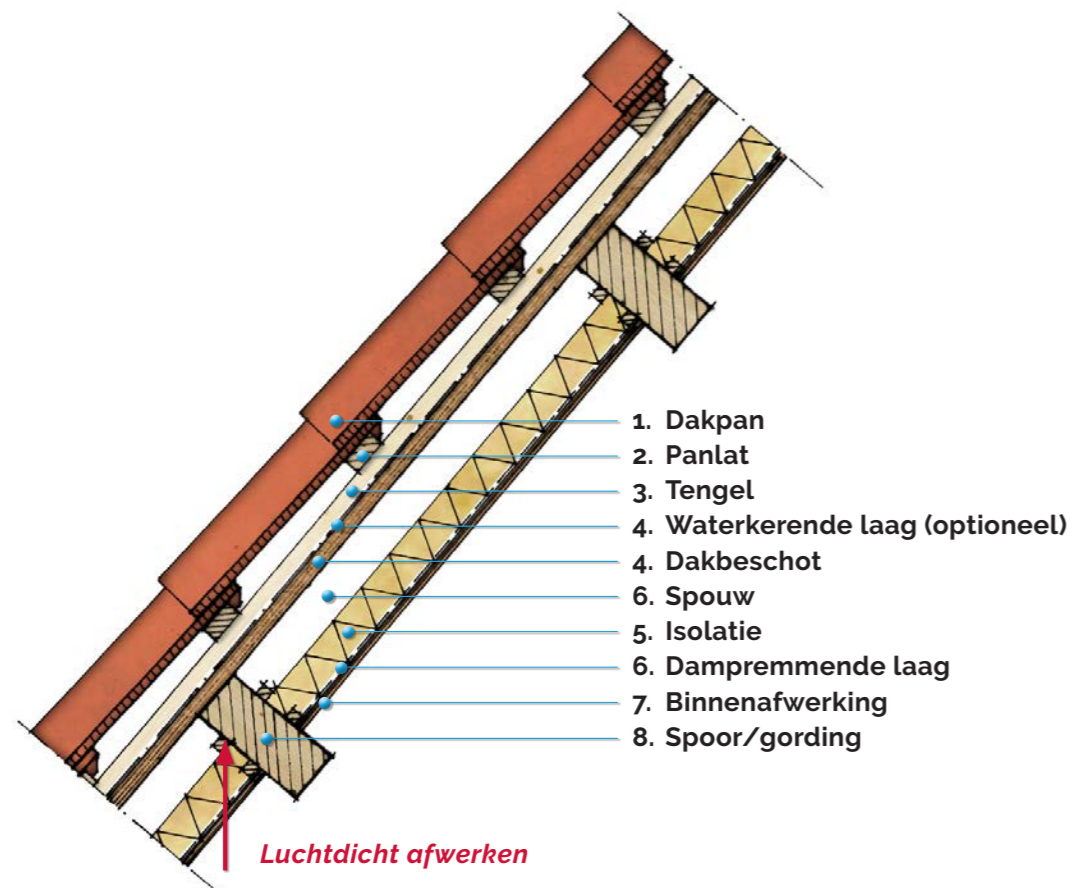
Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat het dak aan de binnenzijde goed toegankelijk is om de materialen overal correct aan te kunnen brengen. Speciale aandacht is vereist voor het volledig luchtdicht afwerken van naden en aansluitingen op balken, kapvoet, nok, gevels, wanden, dakdoorvoeren en dakopeningen. Indien dit niet mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden.

Er kunnen dan namelijk vochtproblemen in de dakconstructie ontstaan, waardoor een monumentale kap onherstelbare schade oploopt.

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Tengels** - De tengels worden indien nodig vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Waterkerende laag (optioneel)** - Op het dakbeschot wordt eventueel een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht of deze blijft zitten indien reeds aanwezig en geen werkzaamheden buitenzijde.
- Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- Isolatie** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de sporen/gordingen gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de verwerking en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht. De dikte van de isolatie wordt zo gekozen dat de draagconstructie zichtbaar blijft na afwerking.
- Dampremmende laag** - Tegen de isolatieplaat wordt een dampremmende folie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De folie wordt tegen de sporen/gordingen omgezet en vastgeniet of vastgezet met een lat. De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en op de naden en rondom luchtdicht afgetaped.
- Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht tussen de sporen/gordingen. Hiermee blijft de structuur van de kap zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampremmende laag niet worden geperforeerd.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie - tussen sporen/gordingen met spouw



Algemeen

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Dit geldt vooral bij een dampremmende laag tussen de sporen/gordingen, omdat bij de naden rondom de sporen/gordingen een verhoogde kans op luchtlekken ontstaat. Bij een vochtig dakbeschoot moet de oorzaak eerst verholpen zijn alvorens isolatie aan te kunnen brengen. Als de sporen/gordingen in het zicht moeten blijven wordt de isolatie en dampremmende laag tussen de sporen/gordingen aangebracht. Een zachte isolatieplaat is het best geschikt om de ruimte tussen de sporen/gordingen goed te vullen. Tussen de isolatie en het dakbeschoot wordt een (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw toegepast. Dit kan echter negatieve gevolgen hebben vanwege convectief damptransport, waardoor elders in de constructie vochtproblemen kunnen ontstaan. Daarom heeft isolatie zonder spouw (concept B-1) de voorkeur.

Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is doorgaans niet vereist, maar wordt wel altijd aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Indien geen waterkerende laag wordt toegepast – alleen mogelijk bij dakbeschoot zonder lekkagesporen en in goede staat

verkerend – kan van binnenuit geïsoleerd worden zonder werkzaamheden aan de buitenkant. Regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde is dan een vereiste, omdat lekkages aan de binnenzijde vanwege de isolatielaag niet tijdig worden opgemerkt. Bij binnenisolatie van pannendaken is een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag (aan de binnenzijde) wel vereist, om te voorkomen dat vocht van binnenuit een te hoog vochtgehalte in het isolatiemateriaal en de kapconstructie veroorzaakt. Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans – hetgeen vooral bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden – waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Toepassin

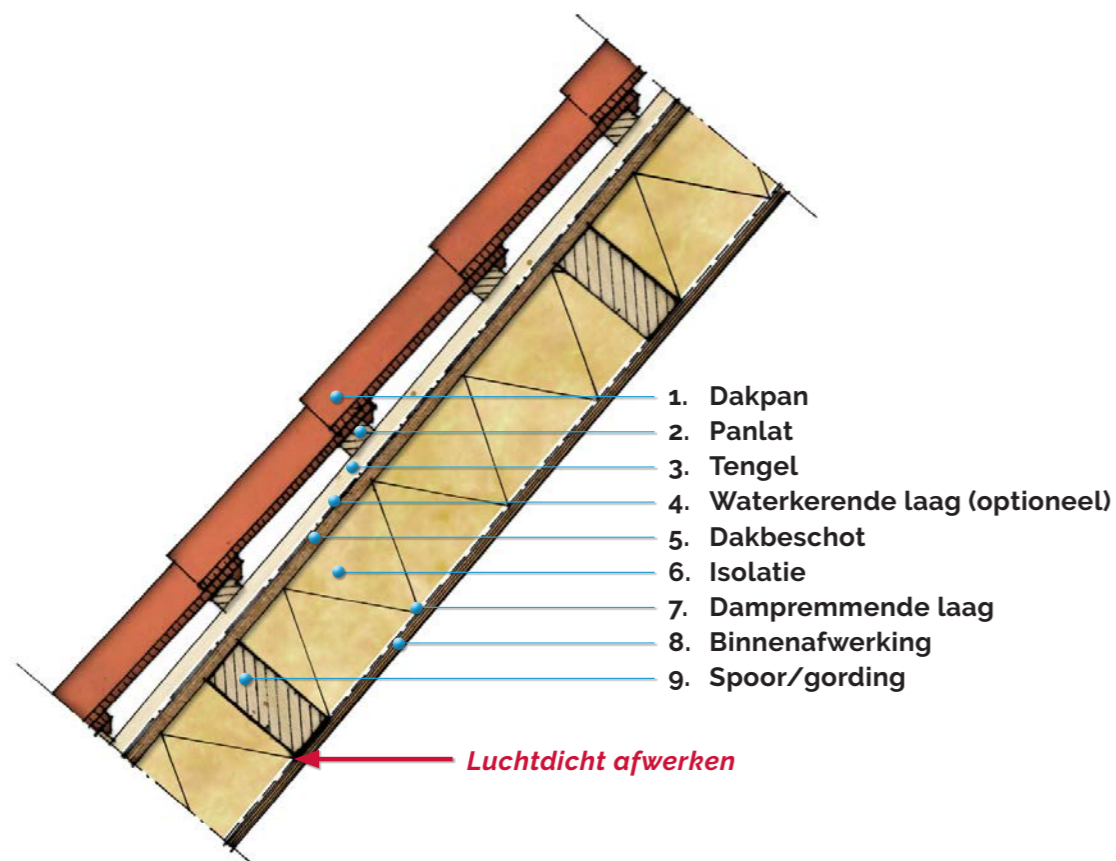
Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat het dak aan de binnenzijde goed toegankelijk is om de materialen overal correct aan te kunnen brengen. Speciale aandacht is vereist voor het volledig luchtdicht afwerken van naden en aansluitingen op balken, kapvoet, nok, gevels, wanden, dakdoorvoeren en dakopeningen. Indien dit niet mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden.

Er kunnen dan namelijk vochtproblemen in de dakconstructie ontstaan, waardoor een monumentale kap onherstelbare schade oploopt.

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Tengels** - De tengels worden indien nodig vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Waterkerende laag (optioneel)** - Op het dakbeschoot wordt eventueel een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2$ m) aangebracht of deze blijft zitten indien reeds aanwezig en geen werkzaamheden buitenzijde.
- Dakbeschoot** - Het dakbeschoot blijft zitten. Aangestaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschoot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- Spouw** - In de spouw worden latten tegen de sporen/gordingen aangebracht om de isolatieplaten te fixeren.
- Isolatie** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de sporen/gordingen gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de verwerking en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht. De dikte van de isolatie wordt zo gekozen dat de draagconstructie zichtbaar blijft na afwerking. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- Dampremmende laag** - Tegen de isolatieplaat wordt een dampremmende folie aangebracht ($S_d > 10$ m). De folie wordt tegen de sporen/gordingen omgezet en vastgeniet of vastgezet met een lat. De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en op de naden en rondom luchtdicht afgetaped.
- Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht tussen de sporen/gordingen. Hiermee blijft de structuur van de kap zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampremmende folie niet worden geperforeerd.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie - tegen sporen/gordingen zonder spouw



Algemeen

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Door de dampremmende laag tegen de sporen/gordingen aan te brengen blijft het risico enigszins beperkt, omdat er een aaneengesloten dampremmende laag tegen de sporen/gordingen wordt aangebracht waardoor er minder kans op luchtlekken ontstaat. Bij een vochtig dakbeschot moet de oorzaak eerst verholpen zijn alvorens isolatie aan te kunnen brengen. Als de sporen/gordingen niet in het zicht hoeven te blijven wordt de isolatie tussen en de dampremmende laag tegen de sporen/gordingen aangebracht. Een zachte isolatieplaat of isolatievlokken zijn het best geschikt om de ruimte tussen sporen/gordingen en dakbeschot volledig te vullen. De isolatie wordt direct tegen het dakbeschot aangebracht. Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is doorgaans niet vereist, maar wordt wel altijd aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Indien geen waterkerende laag wordt toegepast - alleen mogelijk bij dakbeschot zonder lekkagesporen en in goede staat verkerend - kan van binnenuit geïsoleerd worden zonder werkzaamheden aan de buitenkant. Regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde is dan een vereiste, omdat

lekkages aan de binnenzijde vanwege de isolatielaag niet tijdig worden opgemerkt. Bij binnenisolatie van pannendaken is een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag (aan de binnenzijde) wel vereist, om te voorkomen dat vocht van binnenuit een te hoog vochtgehalte in het isolatiemateriaal en de kapconstructie veroorzaakt.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans - hetgeen vooral bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden - waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Toepassing

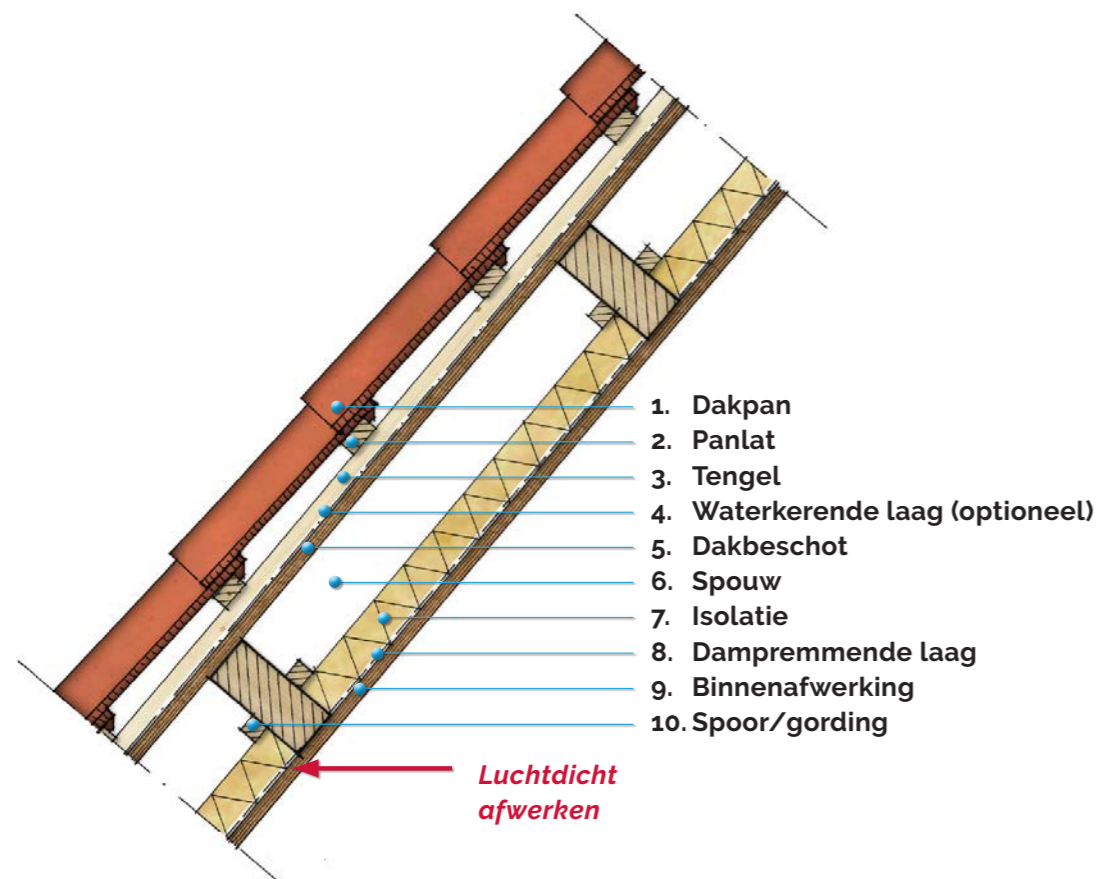
Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat het dak aan de binnenzijde goed toegankelijk is om de materialen overal correct aan te kunnen brengen. Speciale aandacht is vereist voor het volledig luchtdicht afwerken van naden en aansluitingen op balken, kapvoet, nok, gevels, wanden, dakdoorvoeren en dakopeningen. Indien dit niet mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden.

Er kunnen dan namelijk vochtproblemen in de dakconstructie ontstaan, waardoor een monumentale kap onherstelbare schade oploopt.

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Tengels** - De tengels worden indien nodig vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Waterkerende laag (optioneel)** - Op het dakbeschot wordt eventueel een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht of deze blijft zitten indien reeds aanwezig en geen werkzaamheden buitenzijde.
- Dakbeschot** - Het dakbeschot blijft zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- Isolatie** - De ruimte tussen de sporen/gordingen wordt volledig gevuld met isolatievlokken of zachte isolatieplaat die met overmaat tussen de sporen/gordingen wordt gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de verwerking en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht.
- Dampremmende laag** - Tegen de sporen/gordingen wordt een dampremmende folie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en op de naden en rondom luchtdicht afgetaped.
- Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht op de sporen/gordingen. Hierdoor is de structuur van de kap niet meer zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampremmende laag niet worden geperforeerd.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Binnenisolatie - tegen sporen/gordingen met spouw



Algemeen

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Door de dampremmende laag tegen de sporen/gordingen aan te brengen blijft het risico enigszins beperkt, omdat er een aaneengesloten dampremmende laag tegen de sporen/gordingen wordt aangebracht waardoor er minder kans op luchtlekken ontstaat. Bij een vochtig dakbeschoot moet de oorzaak eerst verholpen zijn alvorens isolatie aan te kunnen brengen. Als de sporen/gordingen niet in het zicht hoeven te blijven wordt de isolatie tussen en de dampremmende laag tegen de sporen/gordingen aangebracht. Een zachte isolatieplaat is het best geschikt om de ruimte tussen de sporen/gordingen goed te vullen. Tussen de isolatie en het dakbeschoot wordt een (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw toegepast. Dit kan echter negatieve gevolgen hebben vanwege convectief damptransport, waardoor elders in de constructie vochtproblemen kunnen ontstaan. Daarom heeft isolatie zonder spouw (concept B-3) de voorkeur. Een dampopen waterkerende laag (aan de buitenzijde) is doorgaans niet vereist, maar wordt wel altijd aanbevolen om te voorkomen dat vocht van buitenaf in het isolatiemateriaal terecht kan komen. Indien geen waterkerende laag wordt toegepast – alleen mogelijk bij dakbeschoot zonder lekkagesporen en in goede staat

verkerend – kan van binnenuit geïsoleerd worden zonder werkzaamheden aan de buitenkant. Regelmatige dakinspectie aan de buitenzijde is dan een vereiste, omdat lekkages aan de binnenzijde vanwege de isolatielaag niet tijdig worden opgemerkt. Bij binnenisolatie van pannendaken is een luchtdicht aangebrachte dampremmende laag (aan de binnenzijde) wel vereist, om te voorkomen dat vocht van binnenuit een te hoog vochtgehalte in het isolatiemateriaal en de kapconstructie veroorzaakt.

Isolatie leidt tot een vermindering van infiltratie/exfiltratie en een gewijzigde vochtbalans – hetgeen vooral bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden – waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Toepassing

Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat het dak aan de binnenzijde goed toegankelijk is om de materialen overal correct aan te kunnen brengen. Speciale aandacht is vereist voor het volledig luchtdicht afwerken van naden en aansluitingen op balken, kapvoet, nok, gevels, wanden, dakdoorvoeren en dakopeningen. Indien dit niet mogelijk is kan binnenisolatie bij een monumentale kap niet toegepast worden.

Er kunnen dan namelijk vochtproblemen in de dakconstructie ontstaan, waardoor een monumentale kap onherstelbare schade oploopt.

Uitvoeringsinstructies

- Dakpannen** - De dakpannen worden in principe hergebruikt en waar nodig aangevuld of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Panlatten** - De panlatten worden vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Tengels** - De tengels worden indien nodig vernieuwd of blijven zitten indien geen werkzaamheden buitenzijde.
- Waterkerende laag (optioneel)** - Op het dakbeschoot wordt eventueel een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht of deze blijft zitten indien reeds aanwezig en geen werkzaamheden buitenzijde.
- Dakbeschoot** - Het dakbeschoot blijft zitten. Aantaste delen kunnen vernieuwd worden. Het dakbeschoot moet droog zijn voordat de isolatie aangebracht mag worden.
- Spouw** - In de spouw worden latten tegen de sporen/gordingen aangebracht om de isolatieplaten te fixeren.
- Isolatie** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de sporen/gordingen gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de verwerking en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- Dampremmende laag** - Tegen de sporen/gordingen wordt een dampremmende folie aangebracht ($S_d > 10 \text{ m}$). De foliebanen worden voldoende overlappend (100 mm) aangebracht en op de naden en rondom luchtdicht afgetaped.
- Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht op de sporen/gordingen. Hierdoor is de structuur van de kap niet meer zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampremmende folie niet worden geperforeerd.
- Sporen/gordingen** - De sporen/gordingen blijven zitten.

Uitvoeringsrichtlijn

Deze brochure bevat onderdelen van URL 4014.
Raadpleeg voor de complete tekst van de URL
www.stichtingerm.nl/kennis-richtlijnen.

Erkende bedrijven

Kijk voor erkende bedrijven op: www.stichtingerm.nl/publicaties
Erkende bedrijven mogen het logo Erkende Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg voeren.



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Tel. 085 - 4862480
secretariaat@stichtingERM.nl
www.stichtingERM.nl

*De inhoud van deze brochure is met zorg
samengesteld. De stichting ERM aanvaardt
echter geen aansprakelijkheid ten aanzien
van mogelijke onjuistheden.*