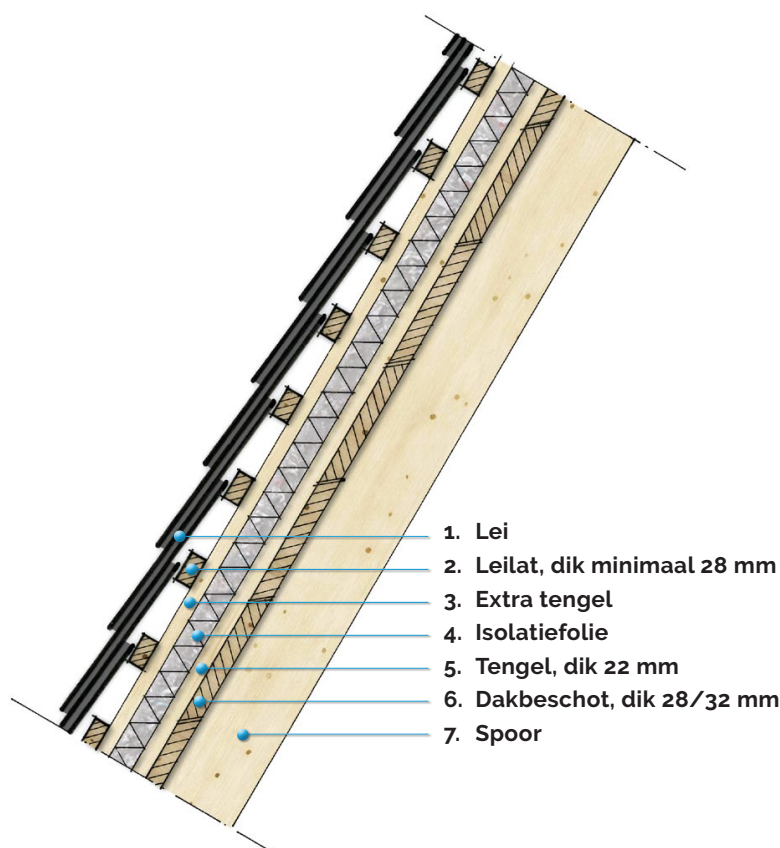


## Buitenisolatie - isolatiefolie



### 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 (W1) en zorgt voor een goede luchtdichting. De isolerende werking wordt in belangrijke mate bepaald door de thermische weerstand van de luchtsponnen 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 leilatten, 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 leidaken 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 beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Specifiek voor ensembles geldt in aanvulling hierop dat de overgang tussen de daken goed gedetailleerd kan worden en toelaatbaar is. Het dakvlak met leien moet altijd lager liggen dan de geveltop om een goede loodafdekking aan te kunnen brengen bij de rand. Isoleren aan de buitenzijde is bij rijndekking nagenoeg nooit mogelijk vanwege de realisatie van stijglijnen. Met isolatiefolie is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren en doorzakkingen in het dakvlak te behouden.

---

## Uitvoeringsinstructies

1. **Leien** - De leien worden doorgaans niet hergebruikt maar vervangen.
2. **Leilatten** - De leilatten 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 leilatten. Dit tezamen met de leilatten zorgt voor voldoende spouwruimte 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 dakbeschoot en de leilatten. 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. **Dakbeschoot** - Het dakbeschoot kan in principe blijven zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden.
7. **Sporen** - De sporen blijven zitten.

# 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.monumenttoezicht.nl/daken/isolatie](http://www.monumenttoezicht.nl/daken/isolatie).

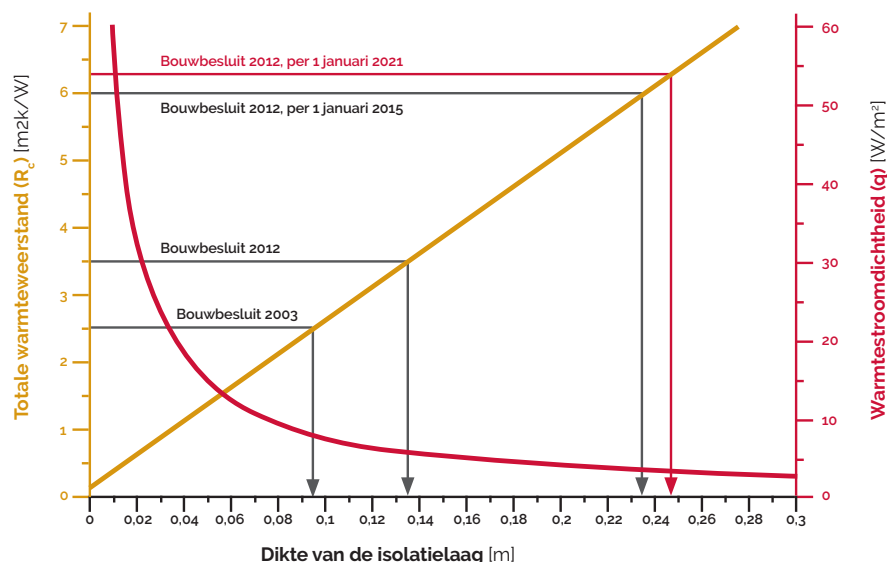
## Isolatiemethode

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 verschillende isolatiemogelijkheden vooraf goed te voorspellen.

## Isolatiedikte

Vanwege 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.<sup>1</sup>

- **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, metisse (katoen), hennep, vlas en kurk. De materiaal-eigenschappen 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 ( $S_d = 13 \text{ m}$ ), 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.

<sup>1</sup> *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.*

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 bouwvoorschriften van het Bouwbesluit 2012 in acht moeten worden genomen.

