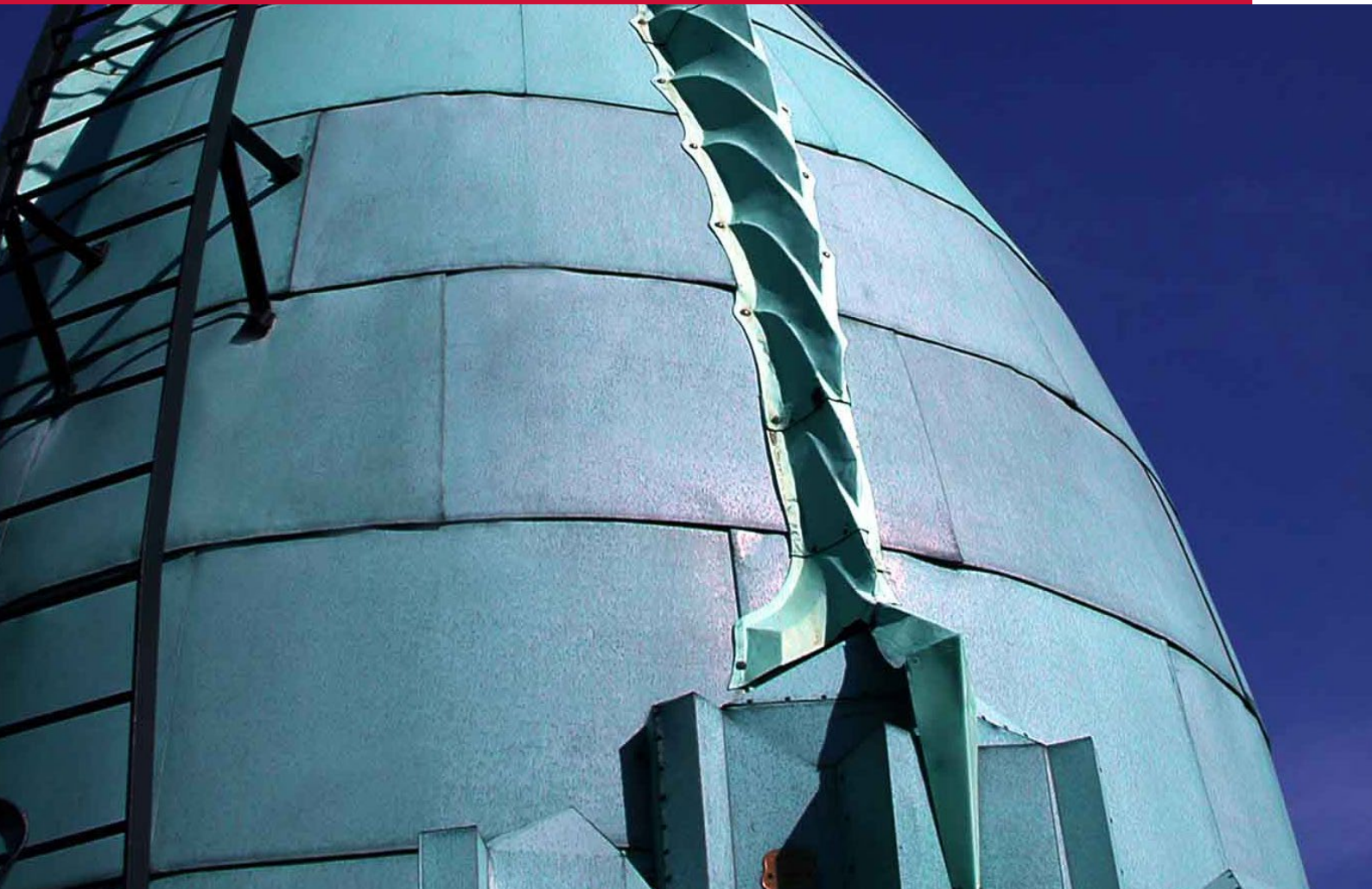




Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Isoleren van metalen dakbedekkingen

volgens URL 4011



Tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen

Isoleren van metalen dakbedekkingen

Deze brochure geeft isolatieconcepten voor het isoleren van metalen (lood, koper, zink) daken bij monumenten. De isolatieconcepten bestaan uit tekeningen, beschrijvingen en aanwijzingen. De inhoud is ontleend aan URL 4011 'Metalen dakbedekkingen en goten bij monumenten'. 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 isolatie zich aan de binnenzijde van de dakconstructie. Bij een beschooten kap bevindt de isolatie zich dan aan de binnenzijde tegen het dakbeschoot en bij een onbeschooten kap onder of tussen de sporen/gordingen.

Buitenisolatie

Bij buitenisolatie bevindt de isolatie zich aan de buitenzijde van de dakconstructie. Bij een beschooten kap bevindt de isolatie zich dan op het dakbeschoot en bij een onbeschooten kap op de sporen/gordingen.

Onderdakse ruimte

De gebruiksfunctie is mede bepalend voor de wijze van isoleren. Met het oog op wisselingen in gebruiksfunctie in de toekomst kan het soms beter zijn om bij een huidige onverwarmde gebruikruimte toch uit te gaan van een verwarmde gebruikruimte.

Vervanging dakbedekking

Indien vervanging van dakbedekking aan de orde is kan buitenisolatie tegen lagere kosten worden uitgevoerd. Ook het aanbrengen van een waterkerende laag in het geval van binnenisolatie is dan relatief voordelig.

Vochtig dakbeschoot

Dakbeschoot met vochtsporen mag niet aan de binnenzijde geïsoleerd worden zonder eerst vochtwerende maatregelen aan de buitenzijde te nemen.

Er moet dan een waterkerende laag op het dakbeschoot aangebracht worden en de dakbedekking moet voldoende waterdicht zijn aangebracht.

Verhoging dakvlak

Hierbij gaat er om of verhoging van het dakvlak bouwkundig mogelijk is en vanuit monumentaal oogpunt is toegestaan.

Toelichting isolatieconcepten

De isolatieconcepten in deze bijlage zijn richtinggevend bedoeld, omdat isoleren altijd maatwerk is. De tekeningen zijn gebaseerd op een dampdichte isolatiemethode. Dampopen isoleren wordt bij metalen dakbedekking niet toegepast. Voor elk monument moet individueel worden bepaald welk isolatieconcept en welke materialen geschikt zijn. Met name de inwendige en uitwendige vochtbelasting en de conditie van de kapconstructie zijn in dit opzicht belangrijke factoren. Deskundig bouwfysisch advies is daarom vereist voor een juiste uitwerking van een isolatieconcept voor een specifieke situatie. Verder leidt isolatie tot een vermindering van de natuurlijke ventilatie en een gewijzigde vochtbalans, zodat de ventilatievoorzieningen hierop moeten worden aangepast.

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.

Isolatiemethode

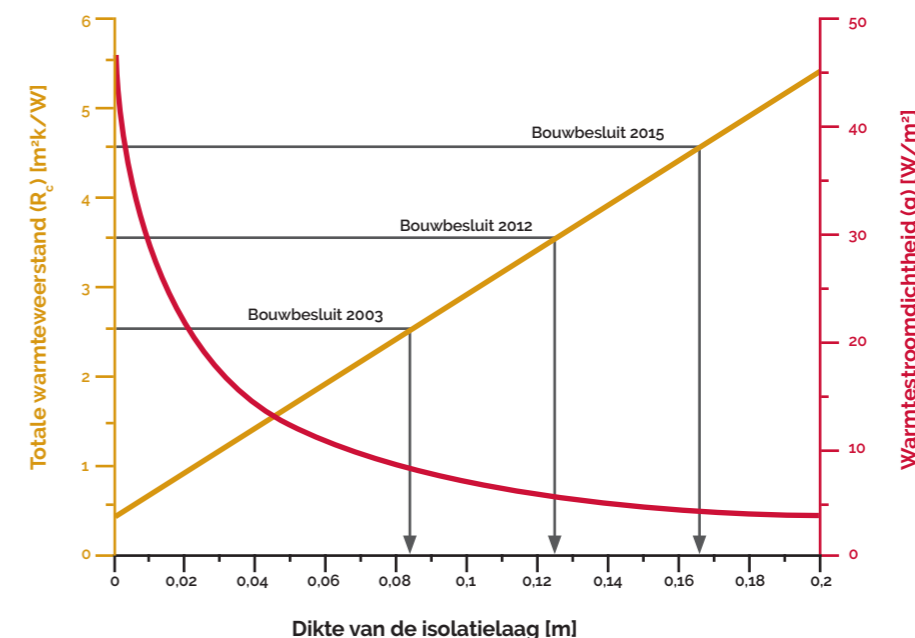
In principe zijn er twee methoden van na-isolatie namelijk dampdicht en dampopen, waarbij dampopen is te verdelen in niet-capillair actief en capillair actief. Dampopen niet-capillair actief isoleren is in het algemeen te risicovol.

Voor een verantwoorde keuze van de isolatiemethode en samenstelling van het isolatiepakket is een bouwfysische berekening nodig. Hiermee wordt onder meer het dauwpunt bepaald om te voorkomen dat het aanbrengen van isolatie leidt tot condensatie in de constructie of het isolatiemateriaal. De bouwfysische berekeningen moeten een dynamische berekening over het hele jaar betreffen, conform NEN-EN-ISO 13788. Een statische berekening - zoals de Glaser-methode - voldoet niet.

Isolatie dikte

Vanwege behoud van de monumentale waarden en de gunstige bouwfysische kwaliteiten van een monument is beperking van de dikte van het isolatiepakket wenselijk. Hierdoor ontstaan ook minder problemen bij de uitvoering, zoals bij buitenisolatie waarbij de aansluitproblemen bij onder meer dakgoten groter worden bij toenemende isolatiedikte. Beperking van de isolatiedikte wordt ook ingegeven door het feit dat de eerste centimeters isolatie de grootste besparingsbijdrage opleveren.

In de grafiek zijn de warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot de isolatiedikte weergegeven. De warmteweerstand (oranje lijn in grafiek) neemt lineair toe met de isolatiedikte. Dit betekent dat elke centimeter isolatie resulteert in dezelfde toename van de warmteweerstand. Het warmteverlies door de constructie wordt echter bepaald door de warmtestroomdichtheid. De warmtestroomdichtheid is namelijk de hoeveelheid warmte die per seconde door een vierkante meter materiaal stroomt. De warmtestroomdichtheid



Warmteweerstand en warmtestroomdichtheid in relatie tot isolatiedikte
(Bron: RCE, Na-isolatie van historische woonhuizen)

(rode lijn in grafiek) neemt exponentieel af met de toename van de isolatiedikte. Naarmate de isolatiedikte toeneemt vlakkt de lijn dus steeds verder af. Dit betekent dat elke centimeter isolatie die wordt toegevoegd steeds minder effectief is. Vanuit het oogpunt van monumentaal waardenbehoud, energiebesparing en materiaalgebruik dient de isolatiedikte liefst beperkt te blijven; meestal is een maat tot ongeveer 50 mm reëel.

Isolatiematerialen

Er bestaan diverse soorten isolatiematerialen zoals: minerale wol, schuimisolatie en natuurlijke isolatiematerialen.¹

- **Mineraal:** isolatiemateriaal op basis van gesponnen draden van gesmolten glas (glaswol) of steen (steenwol). Deze materialen hebben een wat lagere isolatiewaarde, zijn dampopen en kunnen vanwege de kleine vezelstructuur schadelijk zijn voor de gezondheid bij het aanbrengen en verwijderen.
- **Schuim:** isolatiemateriaal op basis van petrochemische grondstoffen zoals: PIR, PUR, EPS, XPS en resolschuim. Deze materialen hebben een hoge isolatiewaarde, zijn dampdicht, gemaakt van fossiele grondstoffen, redelijk brandgevaarlijk en stoten giftige stoffen uit bij brand.

- **Natuurlijk:** isolatiemateriaal op basis van natuurlijke grondstoffen zoals: houtwol, katoen, hennep, vlas en kurk. Deze materialen hebben een wat lagere isolatiewaarde, zijn dampopen, circulair en sluiten goed aan bij een traditionele bouwwijze.

In de onderstaande tabel zijn de λ -, Rd- en μ -waarden van diverse isolatiematerialen opgenomen.

Materiaalkeuze

De keuze van het isolatiemateriaal wordt onder meer bepaald door de constructie, gekozen isolatiemethode, bouwfysische eigenschappen, brandwerendheid, levensduur, verwerkbaarheid.

Bij de keuze van het isolatiemateriaal is het ook van belang om de milieubelasting mee te laten wegen. Het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) heeft voor diverse bouwmaterialen een Levens Cyclus Analyse (LCA) uitgevoerd. Zie de website van NIBE (www.nibe.info/nl/milieu-classificaties) voor de meest actuele informatie.

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 aantas-

Materiaal	λ (W/mK)	Rd bij 50 mm isolatie (m ² K/W)	μ
Biofoam	0,034	1,47	60
Cellulose	0,040	1,25	1-2
EPS	0,035	1,42	60
Glaswol	0,040	1,25	1-2
Hennep	0,040	1,25	1-10
Houtwol	0,040	1,25	3-5
Katoen	0,040	1,25	2
Kokos	0,043	1,16	nb
Kurk	0,040	1,25	5-30
PIR	0,023	2,17	60
PUR	0,027	1,85	60-80
Resolschuim	0,021	2,38	90-250
Schapenwol	0,035	1,42	1-2
Steenwol	0,040	1,25	1-5
Vlas	0,038	1,32	1-2
XPS	0,030	1,67	150-250

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.

ting (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 daarom vanuit bouwfysisch oogpunt de voorkeur, aangezien de dakconstructie zich dan aan de warme zijde bevindt.

Voor- en nadelen	Warmdak	Kouddak
Risico inwendige condensatie	++	-
Elimineren koudebruggen	+	-
Rc-waarde	++	+
Lucht- en waterdichtheid	++	o
Levensduurverlenging dak	+	o
Kosten	--	+
Uitvoering	--	+

Aanbrengen dampfolie (dampdicht isoleren)

Dampdicht isoleren aan de binnenzijde vereist een zeer zorgvuldige damp- en luchtdichte uitvoering, om afdoende afsluiting te kunnen garanderen. Bij isolatie aan de binnenzijde van de constructie ontstaat namelijk het risico van condensatie. Om dit te beperken moet een damp scherm aan de warme zijde van de isolatie worden aangebracht. Bij buitenisolatie is het condensatierisico minder groot, maar wordt veiligheidshalve ook een damp scherm geadviseerd. Een damp scherm is meestal een kunststofolie al dan niet met een aluminium cachering. De dampfolie kan op of tussen de sporen of gordingen worden aangebracht. Openingen in dampfolies ten behoeve van dakdoorvoeren en elektravoorzieningen moeten vermeden worden. De naden ter plaatse van de overlappende 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.

In de praktijk blijkt dat de luchtdichtheid van dampfolies op termijn niet goed gegarandeerd kan worden. Dit wordt onder meer veroorzaakt door werking van de houten constructie en mogelijke doorboringen van de folie tijdens het gebruik van het gebouw. Daarom is een goede voorlichting van de gebouwgebruikers van belang om na het isoleren van een gebouw het risico van vochtproblemen tot een minimum te beperken.

Keuze dampfolie

De mate van dampremmendheid van dampfolie wordt uitgedrukt in Sd. Hoe hoger deze waarde hoe minder damp er wordt doorgelaten. De benodigde

dampremming is afhankelijk van de opbouw van de constructie en de vochtbelasting. Het risico op condensatie kan worden bepaald met een dampspanningsberekening. In veel gevallen zal een 0,2 mm PE-folie een voldoende dampdiffusieweerstand (Sd = 13 m) bieden. Maar in een zeer vochtige omgeving zal een hogere dampdiffusieweerstand nodig zijn. Vraag bij dergelijk specifiek gebruik altijd een deskundig advies.

Uitvoeringscontrole

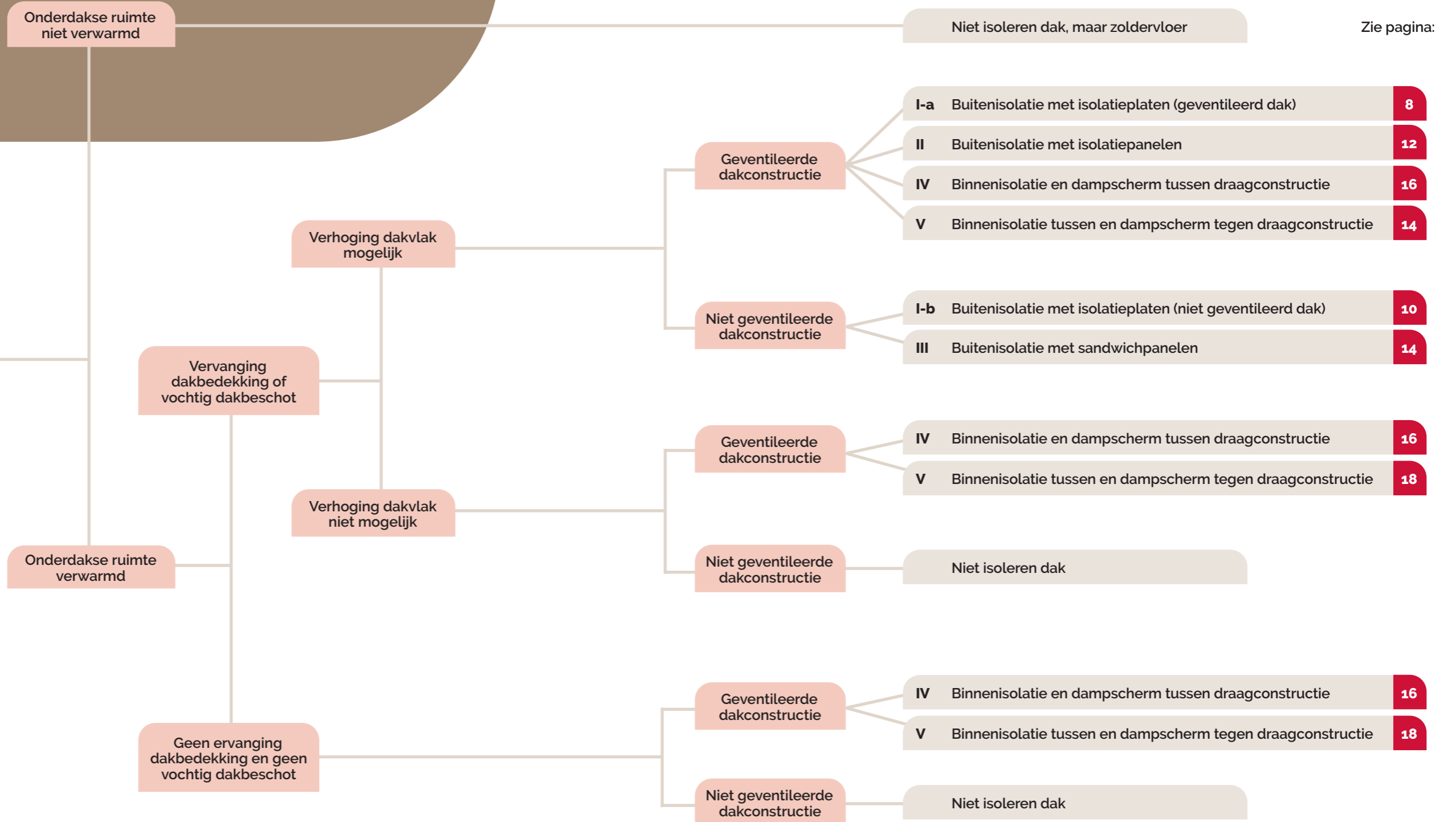
Tijdens de uitvoering moet het correct aanbrengen van isolatie, dampfolies en de binnenafwerking gecontroleerd worden. Het is verstandig dit te controleren na het aanbrengen van elke laag afzonderlijk. Preventie is essentieel omdat fouten kunnen leiden tot onherstelbare schade aan het monument of zeer 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. Alleen achteraf metingen uitvoeren is niet aan te bevelen, om hoge herstelkosten achteraf tot een minimum te beperken.

Ventilatie

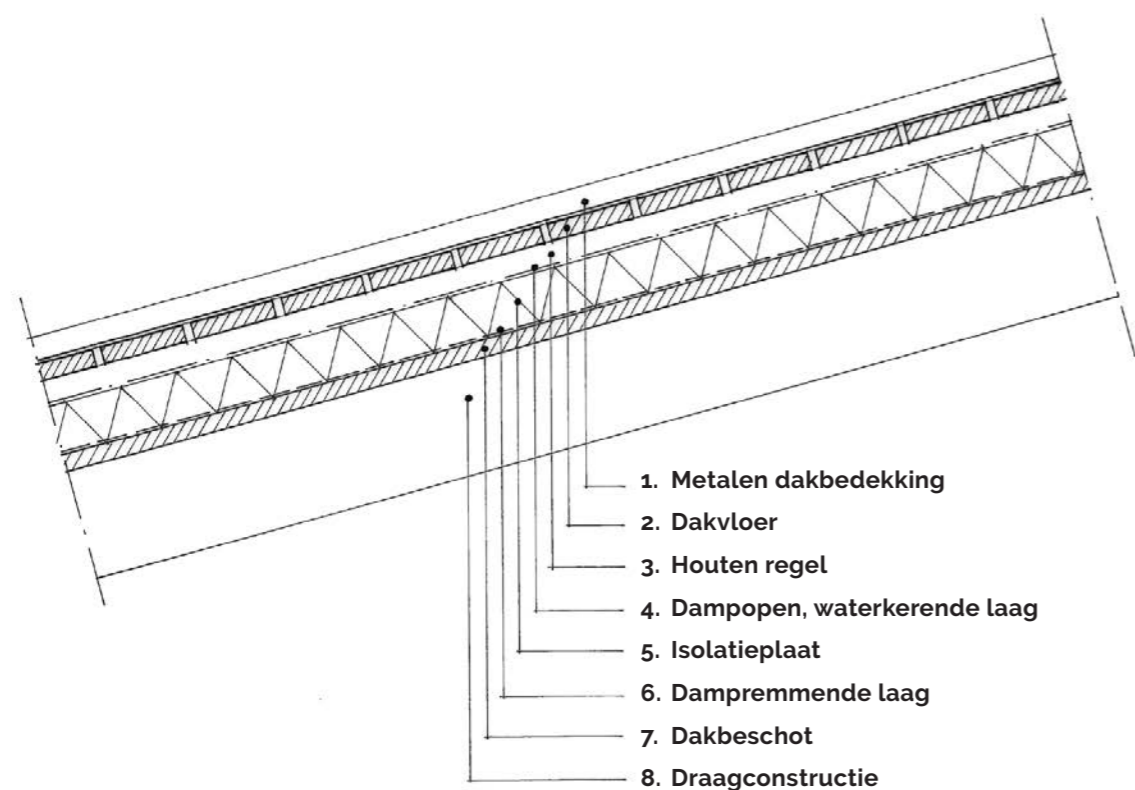
Isoleren van de gebouwschil vermindert de natuurlijke ventilatie. De infiltratie van buitenlucht wordt namelijk beperkt doordat kieren worden gedicht en het isolatiepakket de constructie luchtdichter maakt. Een ander gevolg van isolatie is dat koudebruggen in de constructie tot vochtproblemen kunnen leiden. Balkopleggingen, kozijnen en spantbenen zijn voorbeelden van constructiedelen die de isolatielaag doorbreken en een koudebrug vormen. Afhankelijk van het binnenklimaat kan op deze plaatsen condensatie optreden. Na het isoleren van een gebouw is daarom extra ventilatie vereist voor het afvoeren van leefvocht, luchtverversing en om vochtproblemen te vermijden. Gemiddeld kan voor historische gebouwen een ventilatievoud van 0,8 tot 1,0 worden aangehouden. Dit betekent dat per uur 80% tot 100% van de lucht in een ruimte wordt ververst. In vochtige ruimten (badkamer, keuken) is een hoger ventilatievoud nodig en in ruimten met een lage luchtvochtigheid volstaat en lager ventilatievoud.

Beslisboom isoleren metalen dakbedekkingen

Isolatie Metalen dakbedekkingen - URL 4011



Buitenisolatie met isolatieplaten (geventileerd dak)



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatieplaten kunnen hiervoor worden toegepast. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschot aangebracht. De isolatieplaten bestaan doorgaans uit isolatiemateriaal zonder verdere afwerking. Aan de warme zijde wordt een dampfolie aangebracht. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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. Met isolatieplaten is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren.

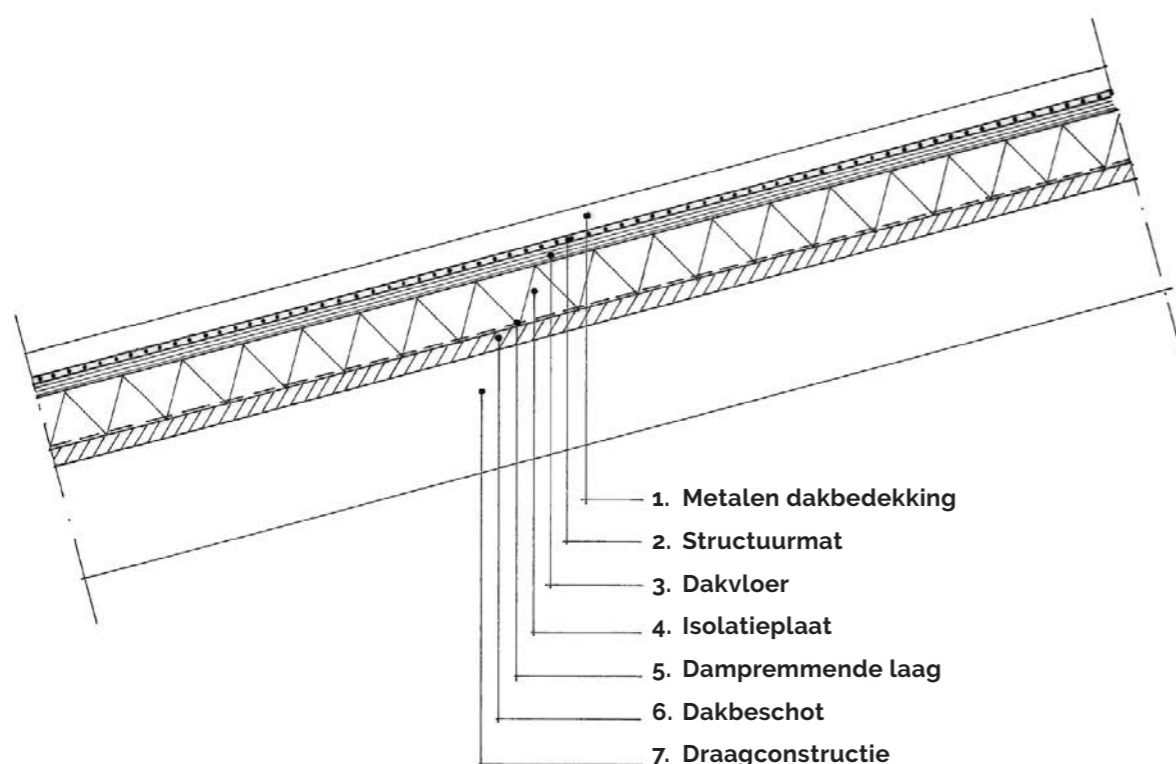
Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

- 1. Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd.
- 2. Dakvloer** - De dakvloer wordt vernieuwd. De dakvloer bestaat uit ongeschaafde houten delen zonder messing en groef van minimaal 21 mm dikte. Bij zinken of koperen dakbedekking liggen de houten delen 10 tot 15 mm uit elkaar en bij loden dakbedekking aansluitend.
- 3. Houten regel** - Er worden houten regels van minimaal 40 mm aangebracht op het onderliggende regelwerk dat zich tussen de isolatieplaten bevindt. De dikte van de regels is afhankelijk van de vereiste hoogte van de ventilatiespouw.
- 4. Waterkerende laag** - Over de isolatieplaten wordt een dampopen ($S_d < 0,2$ m) waterkerende folie aangebracht.
- 5. Isolatieplaat** - Op het dakbeschot worden regels aangebracht met een dikte gelijk aan de dikte van de isolatieplaat. Deze regels worden vastgeschroefd op de draagconstructie. De isolatieplaat wordt tussen de regels aangebracht. De houten regels verlagen de effectieve R_c waarde, omdat hout minder goed isoleert dan isolatiemateriaal. Bij grotere eenvoudige dakvlakken is het daarom vaak beter om voor isolatiepanelen te kiezen die dit nadeel niet hebben. De keuze hangt af van de grootte en complexiteit van het dak.
- 6. Dampremmende laag** - Op het dakbeschot wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 10$ m). De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 7. Dakbeschot** - De bestaande dakvloer kan als dakbeschot blijven zitten. Aangetaste delen moeten vervangen worden. Indien een volledig nieuw dakbeschot moet worden aangebracht mag hiervoor ook multiplexplaat gebruikt worden.
- 8. Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Buitenisolatie met isolatieplaten (niet geventileerd dak)



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Isolatieplaten kunnen hiervoor worden toegepast. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschot aangebracht. De isolatieplaten bestaan doorgaans uit isolatiemateriaal zonder verdere afwerking. Aan de warme zijde wordt een dampfolie aangebracht. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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. Bij niet-geventileerde metalen daken moet de dakbedekking goed regendicht zijn, omdat de waterafvoerende capaciteit van de structuurmat beperkt is. Deze oplossing is daarom niet geschikt voor lossanges en alleen toepasbaar bij gefelste of roevendaken. Met isolatieplaten is het mogelijk om complexe dakvlakken te isoleren.

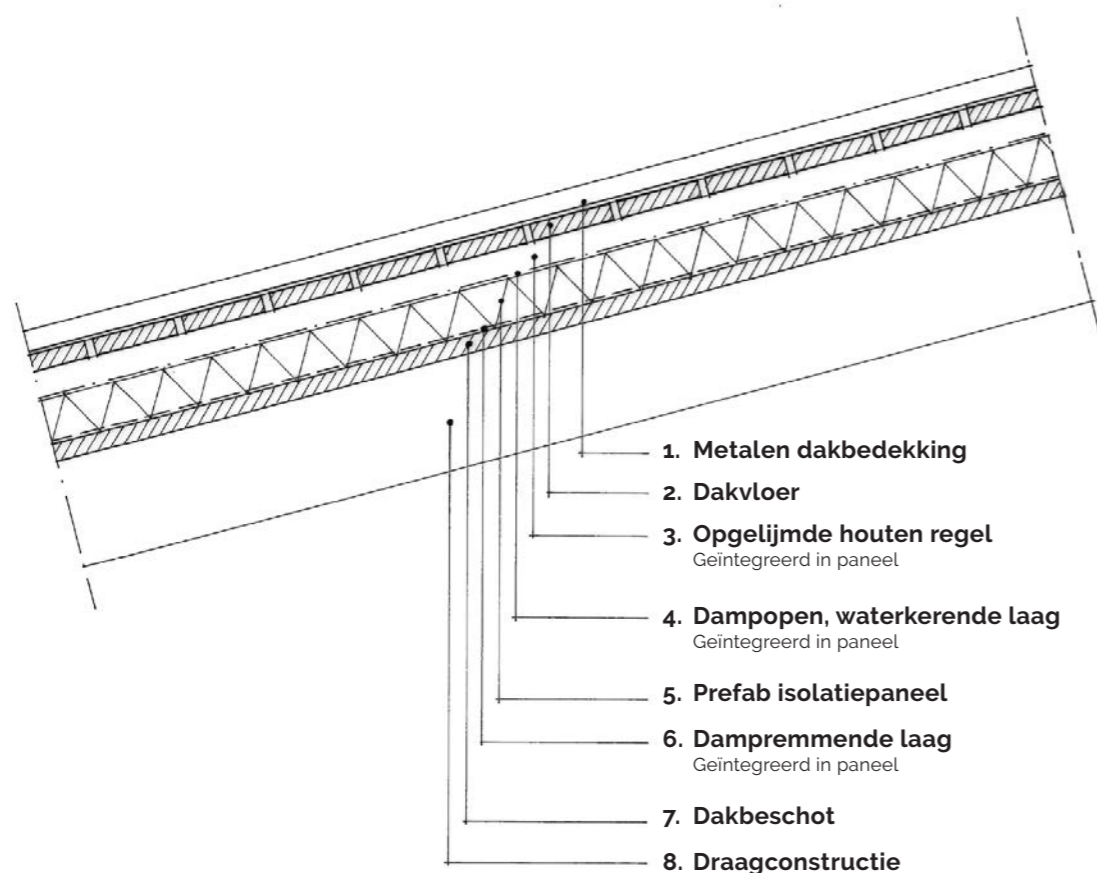
Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

- 1. Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd.
- 2. Structuurmat** - De structuurmat wordt vernieuwd. De mat bestaat uit een mat van zwarte stugge kunststof krullen, die is bevestigd op een dampopen en tevens waterkerende vlieslaag.
- 3. Dakvloer** - Op de isolatie worden ongeschaafde houten delen of een multiplexplaat aangebracht.
- 4. Isolatieplaat** - Op het dakbeschot worden regels aangebracht met een dikte gelijk aan de dikte van de isolatieplaat. Deze regels worden vastgeschroefd op de draagconstructie. De isolatieplaat wordt tussen de regels geplaatst. 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 voor sandwichpanelen te kiezen die dit nadeel niet hebben.
- 5. Dampremmende laag** - Op het dakbeschot wordt een dampdichte folie aangebracht ($S_d > 150$ m). De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 6. Dakbeschot** - De bestaande dakvloer kan als dakbeschot blijven zitten. Aangetaste delen moeten vervangen worden. Indien een volledig nieuw dakbeschot moet worden aangebracht mag hiervoor ook multiplexplaat gebruikt worden.
- 7. Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Buitenisolatie met isolatiepanelen



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Bij een geventileerd dak kunnen hiervoor isolatiepanelen worden toegepast. Deze zijn niet zelfdragend en worden op het dakbeschoot aangebracht. De isolatiepanelen bestaan doorgaans uit isolatieplaten die aan de onderzijde zijn voorzien van een dampfolie en aan de bovenzijde van een waterkerende laag en opgelijmde tengels. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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. Isolatiepanelen zijn geschikt voor geventileerde daken, vanwege de opgelijmde tengels, waarop een geventileerde dakvloer aangebracht kan worden. Isolatiepanelen zijn met name geschikt voor grote eenvoudige dakvlakken.

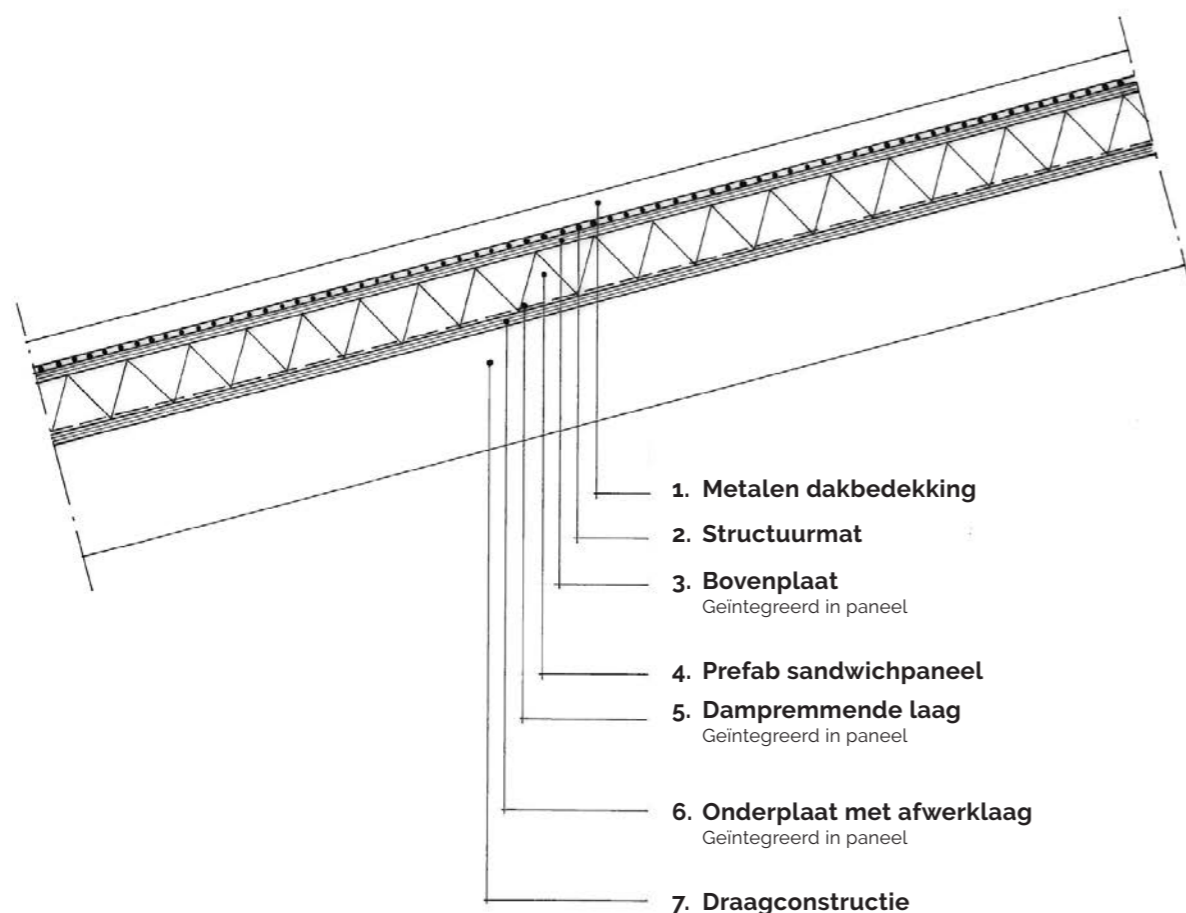
Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

- 1. Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd.
- 2. Dakvloer** - De dakvloer wordt vernieuwd. De dakvloer bestaat uit ongeschaafde houten delen zonder messing en groef van minimaal 21 mm dikte. Bij zinken of koperen dakbedekking liggen de houten delen 10 tot 15 mm uit elkaar en bij loden dakbedekking aansluitend.
- 3. Houten regel** - De houten regels zijn geïntegreerd in het isolatiepaneel. Doordat deze op de isolatieplaat gelijmd zijn wordt een hogere isolatiewaarde gehaald dan bij isolatieplaten. De houten regels moeten minimaal 40 mm dik zijn. De dikte van de regels is afhankelijk van de vereiste hoogte van de ventilatiespouw. Indien nodig moeten de regels opgehoogd worden om aan de vereiste spouwhoogte te voldoen.
- 4. Waterkerende laag** - De waterkerende functie is geïntegreerd in het isolatiepaneel. Deze dient dampopen te zijn met een dampdiffusieweerstand $S_d < 0,2$ m.
- 5. Isolatiepaneel** - De isolatiepanelen worden op het dakbeschoot aangebracht en door de opgelijmde houten regels vastgeschroefd op de dakconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren. De renovatiepanelen zijn met name geschikt voor grotere eenvoudige dakvlakken.
- 6. Dampremmende laag** - Het dampscherm is doorgaans geïntegreerd in het isolatiepaneel en moet een dampdiffusieweerstand $S_d > 10$ m hebben.
- 7. Dakbeschoot** - Indien dakbeschoot aanwezig kan het in principe blijven zitten. Aangetaste delen kunnen vernieuwd worden. Indien geen dakbeschoot aanwezig dan moet dit aangebracht worden.
- 8. Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Buitenisolatie met sandwichpanelen



Beschrijving

Buitenisolatie is bouwfysisch de beste oplossing omdat koudebruggen worden voorkomen en het risico van condensatie in de dakconstructie wordt beperkt. Bij een niet geventileerd dak kunnen hiervoor sandwichpanelen worden toegepast. Deze zijn zelfdragend en worden direct op de draagconstructie aangebracht. De sandwichpanelen bestaan doorgaans uit isolatieplaten die aan de onderzijde zijn voorzien van een dampfolie en een dragende onderplaat en aan de bovenzijde van een bovenplaat. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, waardoor er vaak extra luchtverversing nodig is. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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. Sandwichpanelen zijn geschikt voor niet-geventileerde daken, vanwege de geïntegreerde bovenplaat waarop een structuurmat aangebracht kan worden. Bij niet-geventileerde metalen daken moet de dakbedekking goed regendicht zijn, omdat de waterafvoerende capaciteit van de structuurmat beperkt is. Deze oplossing is daarom niet geschikt voor lossanges en alleen toepasbaar bij gefelste of roevendaken. Sandwichpanelen zijn met name geschikt voor het volledig vernieuwen van grote eenvoudige dakvlakken zonder dakbeschot of indien het dakbeschot vernieuwd moet worden.

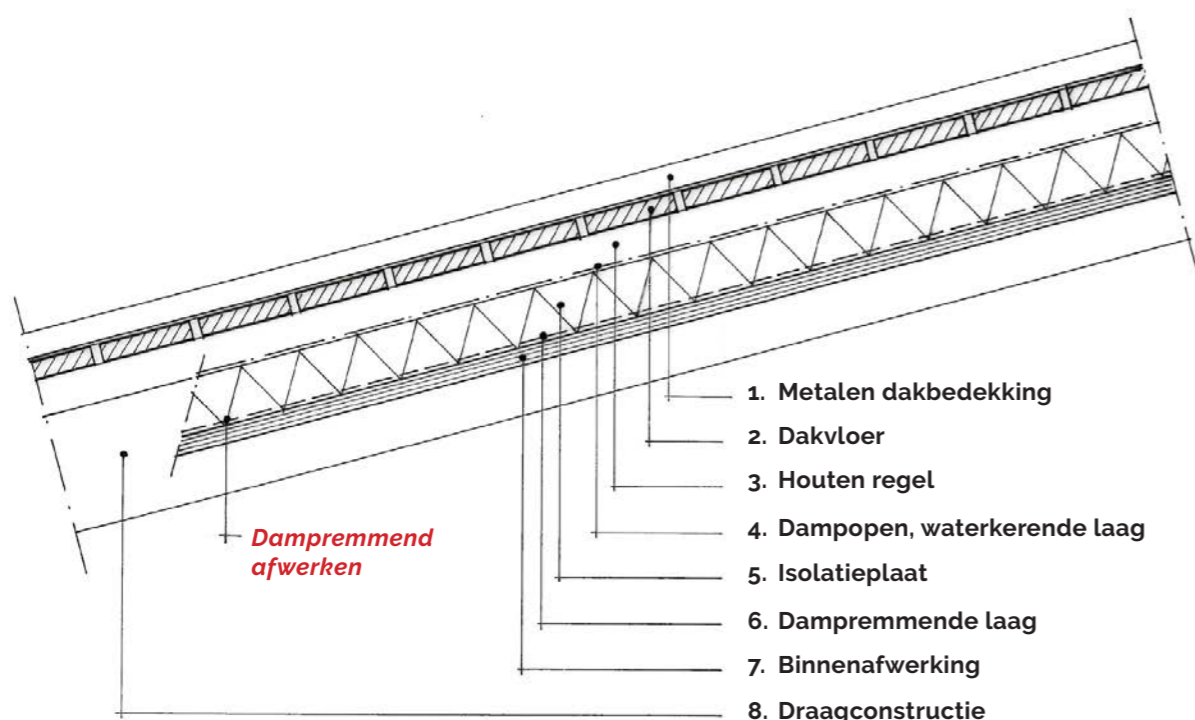
Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

1. **Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd.
2. **Structuurmat** - De structuurmat wordt vernieuwd. De mat bestaat uit een mat van zwarte stugge kunststof krullen, die is bevestigd op een dampopen en tevens waterkerende vlieslaag.
3. **Bovenplaat** - De bovenplaat (doorgaans 22 mm multiplex) is geïntegreerd in het sandwichpaneel.
4. **Prefab sandwichpaneel** - De sandwichpanelen worden bevestigd op de draagconstructie. Het bevestigen en afwerken dient overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften van de leverancier te gebeuren. De voor deze toepassing geschikte sandwichpanelen bestaan uit: isolatiemateriaal, bovenplaat, onderplaat met afwerking en dampfolie.
5. **Dampremmende laag** - Het dampscherm is doorgaans geïntegreerd in het sandwichpaneel en moet een dampdiffusieweerstand $S_d > 150$ m hebben.
6. **Onderplaat met afwerklaag** - De onderplaat is geïntegreerd in het sandwichpaneel.
7. **Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Binnenisolatie en dampscherm tussen draagconstructie



Beschrijving

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Voor binnenisolatie is een zachte isolatieplaat het best geschikt om de ruimte tussen de balken goed te kunnen vullen. Als de draagconstructie in het zicht moet blijven wordt de isolatie én dampfolie tussen de balken aangebracht. De isolatie wordt in principe direct tegen het regelwerk aangebracht. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, hetgeen bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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.*

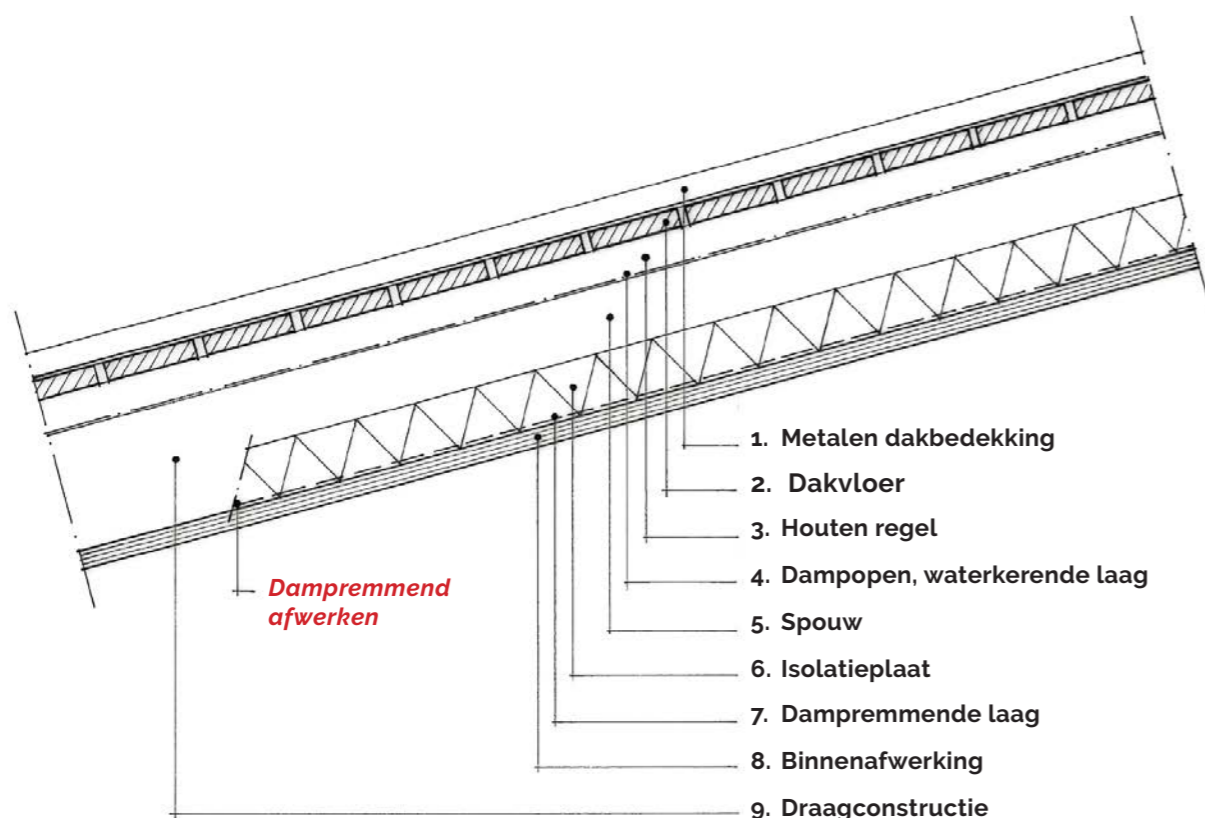
Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

- 1. Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de dakbedekking.
- 2. Dakvloer** - De dakvloer wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de houten delen.
- 3. Houten regel** - Bestaande houten regels worden vernieuwd of blijven zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de houten regels. Indien niet aanwezig dan worden houten regels van minimaal 40 mm aangebracht.
- 4. Waterkerende laag** - De eventueel aanwezige waterkerende laag wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de waterkerende laag. Indien niet aanwezig dan wordt een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht.
- 5. Isolatieplaat** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de balken gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde isolatieplaat is wel mogelijk maar vraagt zorgvuldig werken en de naden en kieren moeten goed worden afgedicht. De dikte van de isolatie wordt zo gekozen dat de balken zichtbaar blijven na afwerking. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- 6. Dampremmende laag** - Tegen de isolatieplaat wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 80 \text{ m}$). De folie wordt tegen de sporen/gordingen omgezet en vastgeniet of vastgezet met een lat. De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 7. Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht tussen de balken. Hiermee blijft de structuur van de kap zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampfolie niet worden geperforeerd.
- 8. Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Binnenisolatie tussen en damp-scherm tegen draagconstructie



Beschrijving

Binnenisolatie kan bouwfysisch risicovol zijn, omdat de kans op condensatie in de dakconstructie toeneemt. Voor binnenisolatie is een zachte isolatieplaat het best geschikt om de ruimte tussen de balken goed te kunnen vullen. Als de draagconstructie niet in het zicht hoeft te blijven wordt de isolatie tussen en de dampfolie tegen de balken aangebracht. Omdat er in monumenten liefst niet te dik geïsoleerd wordt ontstaat er een spouw tussen isolatie en dakbeschoot. Een spouw kan echter negatieve gevolgen hebben in verband met convectief damptransport. Een dynamische dauwpuntberekening moet uitwijzen of dit isolatieconcept toegepast kan worden en welke materiaalspecificaties daarbij gelden. Isolatie vermindert de natuurlijke ventilatie en wijzigt de vochtbalans, hetgeen bij binnenisolatie tot vochtproblemen kan leiden. De ventilatievoorziening moet hierop afgestemd worden.

Randvoorwaarden 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.*

Geschiktheid voor isolatiemethode

✓ Dampdicht

Uitvoeringsinstructies

- 1. Metalen dakbedekking** - De dakbedekking wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de dakbedekking.
- 2. Dakvloer** - De dakvloer wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de houten delen.
- 3. Houten regel** - Bestaande houten regels worden vernieuwd of blijven zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de houten regels. Indien niet aanwezig dan worden houten regels van minimaal 40 mm aangebracht.
- 4. Waterkerende laag** - De eventueel aanwezige waterkerende laag wordt vernieuwd of blijft zitten afhankelijk van de andere werkzaamheden en de conditie van de waterkerende laag. Indien niet aanwezig dan wordt een dampopen waterkerende folie ($S_d < 0,2 \text{ m}$) aangebracht.
- 5. Spouw** - In de (eventueel met buitenlucht geventileerde) spouw worden latten tegen de balken aangebracht om de isolatieplaten te fixeren.
- 6. Isolatieplaat** - Een zachte isolatieplaat wordt met overmaat tussen de balken en tegen de latten gedrukt. Hierdoor wordt voorkomen dat kieren ontstaan. Een harde plaat is wel mogelijk maar vraagt zorgvuldig werken en de kieren moeten goed worden afgedicht. Bij zachte isolatieplaten moeten maatregelen worden getroffen om uitzakking van de platen te voorkomen.
- 7. Dampremmende laag** - Tegen de balken wordt een dampfolie aangebracht ($S_d > 80 \text{ m}$). De foliebanen moeten worden aangebracht met 100 mm overlap en worden afgetaped.
- 8. Binnenafwerking** - Tegen de isolatie/folie wordt een plaatafwerking aangebracht tegen de balken. Hiermee is de structuur van de kap niet meer zichtbaar. Bij het aanbrengen van de plaatafwerking mag de dampfolie niet worden geperforeerd.
- 9. Draagconstructie** - De sporen/gordingen of draagbalken blijven zitten.

Uitvoeringsrichtlijn

Deze brochure bevat onderdelen van URL 4011. 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.



*Samenwerken aan de hoogste
onderhoud- en restauratiekwaliteit*



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

Postbus 420, 2800 AK Gouda
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.*