



Stichting  
Erkende  
Restauratiekwaliteit  
Monumentenzorg

*Praktische  
tips voor  
verduurzaming*

# Uw monument energiezuinig



## Colofon

### **Uitgave:**

Stichting Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg

Postbus 420

2800 AK Gouda

T 085 - 4862480

E [secretariaat@stichtingERM.nl](mailto:secretariaat@stichtingERM.nl)

W [www.stichtingERM.nl](http://www.stichtingERM.nl)

In de Stichting Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg (ERM) stellen opdrachtgevers, opdrachtnemers en overheden kwaliteitsrichtlijnen op voor het onderhouden en restaureren van monumenten.

**Tekst:** Evert Jan Nusselder, Dick van 't Slot

**Eindredactie:** Theo van Oeffelt

**Fotografie en illustraties:** Evert Jan Nusselder, tenzij anders vermeld

**Vormgeving:** Van Lint in vorm, Burgh-Haamstede

**Druk:** Quantes, Rijswijk

4<sup>e</sup> geactualiseerde en uitgebreide uitgave

© Stichting ERM, 2020

# Duurzame monumentenzorg

Goed monumentenbehoud en het aanpassen aan hedendaagse gebruiksnormen vinden we lastig te combineren. Gaat het om prestaties op het gebied van gebruikscomfort en duurzaamheid, dan hebben monumenten de beeldvorming vaak tegen. Isolatie-initiatieven stuiten bijvoorbeeld vaak op bezwaren van monumentenzorg. Nieuwe energiezuinige technieken en installaties lijken doorgaans niet goed inpasbaar. Maar dankzij de beschermde status van monumenten is sloop of vervanging niet aan de orde en scoren zij in materieel opzicht hoog op de duurzaamheidsschaal. Hun bouwstoffen hebben al een lange levensduur en zullen niet snel als sloopmateriaal het milieu belasten.

## Wel hoge energiekosten

Bij monumenten zijn meestal geen isolatietechnieken en moderne isolatiematerialen toegepast. De gebouwschil - begane grond, buitenmuren, vensters en deuren, daken - houdt de warmte vaak slecht binnen (zie waaierblad 13). Verouderde verwarmingsinstallaties en een ontoereikend elektrasysteem verhogen het ongemak. En dan zijn (of lijken) er de beperkingen voor benutting van duurzaam opgewekte energie, zoals zonne- en windenergie. Benutting van bodemwarmte en inzet van lage temperatuur-verwarming (LTV) heeft meestal nog niet plaatsgevonden.

Thermische verbetering van de gebouwschil biedt kansen, maar standaardoplossingen daarvoor zijn vaak niet mogelijk vanwege het monumentenzorgbeginsel van beeld- en materiaalbehoud. Ook de bouwfysische effecten van een toegevoegde isolatielaag zijn riskant. Vochtbelasting door condensvorming, na onoordeelkundige isolatie, vormt een groot schaderisico.

Desondanks is met passende kennis van zaken (monumenteninstandhouding, bouwfysica en installatietechniek) meestal goede milieuwinst en energiebesparing te bereiken. Door slimme aanpassing of vervanging van installatietechniek kan de energie-efficiëntie extra worden verhoogd. Ook behoort duurzame energieopwekking soms tot de mogelijkheden. Het gebouw zelf bepaalt daarbij steeds de kansen en beperkingen: het gaat altijd om maatwerk.

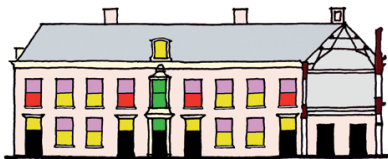
## Gebruik natuurlijke momenten

Verduurzamingsmaatregelen zijn het beste uit te voeren tijdens een restauratie of onderhoudsbeurt. Dan kunnen ingrepen gecombineerd worden en ontstaat integrale en 'toekomstbestendige' kwaliteit van monumenteninstandhouding. Deze aanpak is ook het meest kosten-efficiënt.

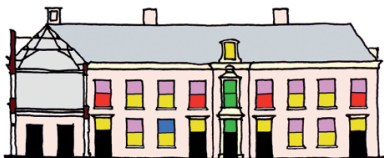
# Inventarisatietekening met kleurcodering van technische kwaliteit energetische verbeteringsopties van gevelopeningen bij een te verduurzamen hofje



noord- of voorgevel



hofgevel westzijde



hofgevel oostzijde



achtergevel of hofgevel noordzijde

















# Indicatie van het effect van maatregelen en gebruikersgedrag

De waaierbladen die besparende maatregelen behandelen, bevatten een informatieveld waarin een indicatie wordt gegeven voor het effect van de betreffende maatregel op:

1. de comfortverbetering in vier niveaus van matig , redelijk  , goed    tot uitstekend    
2. de mate van energiebesparing, eveneens in vier niveaus van matig , redelijk  , goed    tot uitstekend    
3. de ordegraote van de terugverdientijd (TVT) in jaarblokken tussen - jaar of meer
4. de waaierbladnummers van maatregelen waarmee de behandelde maatregel bij voorkeur of met gunstig effect is te combineren.

Het informatieveld ziet er als volgt uit:

Een ingevuld schema, waarbij een matige comfortverbetering, goede energiebesparing, terugverdientijd van vijftien jaar en combinatie met maatregelbladen 15, 19 en 21 is weergegeven, ziet er dan als volgt uit:

comfortverbetering  t/m      
energiebesparing  t/m      
terugverdientijd - jaar  
combineren met waaierblad pag.nr.

comfortverbetering   
energiebesparing     
terugverdientijd - jaar  
combineren met p. 15/19/21

## Gebruikersgedrag

De gegeven indicaties gaan uit van permanent en normaal gebruik van het monument gedurende het jaar. Wanneer de bewoners meer of juist minder intensief gebruik van het gebouw maken, veranderen de verbeteringsscores en terugverdientijden aanmerkelijk. Bij een als zomerverblijf gebruikt buitenhuis zijn amper energiebesparingen met isolatiemaatregelen te boeken. Terugverdientijden van een verbeterde verwarmingswijze zullen zeer lang zijn. Andersom kunnen bij een bovenmatig intensief gebruikt monument de besparingen met de behandelde maatregel flink toenemen. De terugverdientijden zijn in dat geval veel korter. Het gebruik bepaalt dus in hoge mate de feitelijke effecten van besparingsmaatregelen.

Appartement onder een laat middeleeuwse kap; de doos-in-doos formule zorgt voor comfort, duurzaamheid en cultuurwaardenbehoud



# Aanraakbaarheid en cultuurwaarden

Monumentenzorg staat voor behoud van het gebouw. Maar niet alle onderdelen van het monument zijn even waardevol. Soms zijn in het verleden ingrepen gedaan waarvan enkele van belang, en andere meer als verarming zijn te beschouwen. De 'aanraakbaarheid' van het gebouw en zijn onderdelen is daardoor per pand wisselend en divers. Dat heeft als gevolg dat aanpassingen ten behoeve van energiebesparing en verduurzaming soms wel en soms niet mogelijk zijn. Monumentenverduurzaming gaat dus altijd om gebouw-gebonden maatwerk.

## Bouwhistorische analyse vooraf

Een gekwalificeerd bouwhistoricus kan per onderdeel een goede indicatie geven van de cultuurwaarden van het gebouw, en daarmee van de belemmeringen en mogelijkheden voor verduurzamingsmaatregelen.

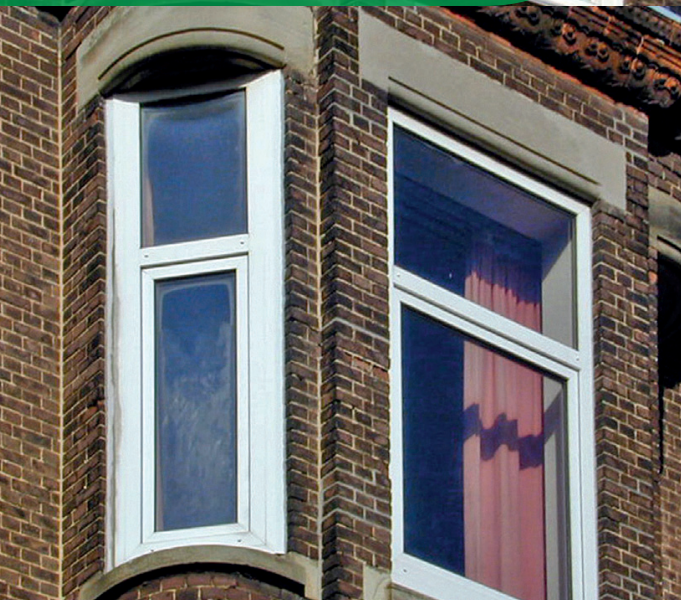
Een monument met veel en kwetsbare cultuurwaarden heeft minder mogelijkheden voor toepassing van energiebesparingstechnieken. En een, qua cultuurwaarden enigszins geïrodeerd pand, kent meer mogelijkheden tot verduurzaming. Voor monumenten ontwikkelde meetinstrumenten zoals Duurzame Monumentenzorg (zie: Stichting ISSO/[www.issso.nl](http://www.issso.nl)) betrekken die cultuurwaarden nadrukkelijk in de duurzaamheidsdoormeting van het gebouw. Daarmee wordt voorkomen dat monumenten die nauwelijks 'aanraakbaar' zijn, steevast een laag duurzaamheidslabel krijgen. Maar ook dat kansrijke opties tot verbetering door onterechte waardentoekenning worden geblokkeerd.

## Verduurzamingsplannen en gebouwmogelijkheden zijn interactief

De uitkomst van zo'n DuMo-doormeting laat zien welke verduurzamingsopties er voor het pand zijn en welke duurzaamheidswinst daarmee is te boeken. Het gaat dan om elementen van de gebouwschil, waarbij de aanraakbaarheid van die bouwdelen aan de binnen- en buitenzijde beoordeeld wordt. Daarbij reikt het gebouw vaak zelf al specifieke verbeterkansen aan. Behalve de gebouwschil kan het ook om andere bouwelementen gaan waar duurzaamheidsmaatregelen kansrijk zijn. Wanneer bijvoorbeeld het plan is om met lage temperatuurverwarming te gaan werken - wat meer radiatoroppervlak of vloerverwarming vereist -, dan is bouwhistorische waardenbepaling nodig van alle interieurdelen die bij plaatsing van verwarmings-elementen en leidingdoorvoer kans op verstoring lopen.



Vensterpartij uit 1904 voor en na energiebesparende vervanging in kunststof en dubbelglas; succesvolle energiebesparing, maar fors cultuurwaardenverlies



# Wat heeft het monument van nature te bieden?

## Benut en herstel de eigen kwaliteiten van het monument op energetisch gebied

Ga na hoe het monument in het verleden aan de comfortbehoefte voldeed en energie gebruikte. Want ook eerdere bewoners hadden behoefte aan een behaaglijk huis. Niet alleen het herstel van vroegere bouwkundige kwaliteiten en het wegnemen van gebreken levert energiebesparing op. Ook kan herschikking van functies in het pand in hoge mate bepalen of het een energiezuinig en comfortabel verblijf biedt.

## Combineer restauratie en verbeterde energie-efficiëntie

Veel monumenten zijn door langdurig gebruik versleten geraakt. Zo kunnen ramen en deuren zijn gaan kieren of slecht sluiten, zijn pannendaken hun winddichte aansmering kwijtgeraakt of zijn oude houten beschietingen van de kap of van zolderkamers verdwenen. Oorspronkelijke houten begane grond vloeren kunnen zijn vervangen door steen of beton, kelders en kruipruimten kunnen zijn volgestort met puin. In de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw werden veel binnenwanden en suitedeuren gesloopt om een ruime 'living' te creëren. Ook verdwenen historische tochtpuien om een grotere entreehal te verkrijgen. Al deze manco's en wijzigingen zorgden voor forse stijging van stookkosten. Zorgvuldig herstel en reconstructie van mankerende gebouwdelen levert dan dubbele winst op: voor het cultuurwaardenbehoud en voor het energiegebruik.

## Laat geen 'low-tech' kansen liggen

Profiteer van de aanleg en oriëntering van het gebouw. Projecteer een nieuwe badkamer aan de warme kant van het pand, voorkom teveel zonbelasting door het planten van (lei-)bomen voor de gevel of herstel en gebruik historische binnen- en buitenluiken als warmtebuffer en zonwering. Voor goede ventilatie waren vaak slimme voorzieningen aanwezig; het weer functioneel maken van oude rook- en ventilatiekanalen kan gunstig bijdragen, zolang tocht wordt voorkomen. Bij dit alles is het de kunst mee te werken met de historische gebouwopzet en materialen. Ga er niet 'tegenin' met wezensvreemde bestemmingen, constructies, details en materialen.



Leilinden zorgen voor een ideale natuurlijke zonwering. Ze werken 'volautomatisch' en staan in de winter zonder blad buiten werking



# Gebouwschil

## Check de staat van onderhoud

Omdat het energiegebruik van het gebouw afhangt van de warmte-technische kwaliteit van de gebouwschil, is behalve een cultuurwaardenopname ook een goede indicatie nodig van de technische staat. Zo kan er sprake zijn van niet opgemerkte gootlekkage, waardoor natte buitenmuren zijn ontstaan. Gevolg is een extreem toegenomen energiegebruik voor verwarming; nat muurwerk laat veel warmte door en doordat het muurvocht richting het interieur uitdampst kost dat veel energie. Eerste zorg is dus een droge gebouwschil.

## Beoordeel isolatie-adviezen op hun relevantie voor uw pand

Als, na aanpak van eventuele bouwkundige gebreken, plannen voor 'schilverbetering' via isolatie en vochtbeheersing worden voorgesteld, is het verstandig de realiteitszin daarvan deskundig te toetsen. Soms is helemaal geen grote winst te boeken met extra isolatie. Bijvoorbeeld als er historische binnenbetimmeringen aanwezig zijn, of wanneer de buitenmuur grenst aan een niet verwarmde ruimte. Andersom kunnen als 'goed' beoordeelde bouwdelen bij nadere inspectie een tegenvallende warmte-technische kwaliteit hebben. Standaardplannen voorzien vrijwel nooit in het maatwerk dat een monument vereist.

## Neem tijdig de proef op de som

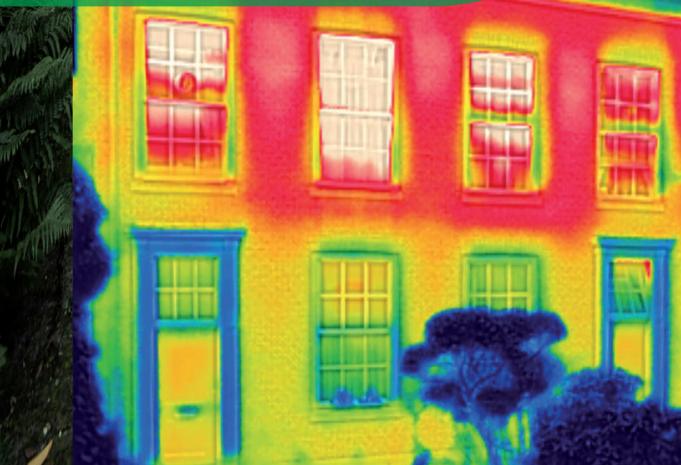
Het beoordelen van isolatieplannen voor monumenten is lastig. Maar het loont altijd de moeite ze te toetsen. Laat bij voorkeur middels thermografie (warmtebeeldopnamen) de warmte-technische gebreken in beeld brengen. Bij daarvoor geschikt koud en bewolkt droog weer, terwijl in het pand de verwarming al ruim een etmaal volop aan staat, komen dan de energetische manco's overtuigend naar voren. Zo'n specialistische opname en bijbehorende beeldinterpretatie kosten geld, maar dit verdient zich ruimschoots terug doordat 'isolatie-overkill' kan uitblijven en de echte warmtelekken vast komen te staan.

## Benut alternatieve kansen

Soms kan met relatief weinig middelen een flinke energiewinst en comfortverbetering worden verkregen, zoals door overkapping van een binnenplaats wanneer dat niet conflicteert met de cultuurwaarden.



Warmtebeeldopname van een monumentaal hofje. Verschillen in stookgedrag beneden en boven en het extra warmteverlies via het enkelglas van de vensters komen in beeld





# Waar verliest uw monument warmte en wat valt er te besparen?

Leveranciers van isolatiesystemen beloven soms meer energiebesparing dan haalbaar is. Een producent van vloerisolatiesystemen geeft aan dat 'tot 40% op stookkosten kan worden bespaard'. Nu verlaat in een doorsnee niet-geïsoleerd woonhuismonument nooit meer dan 5% van de verwarmingsenergie via de begane grond vloer het huis. Dus ook met de allerbeste vloerisolatietechniek is niet meer dan circa 4,5% besparing te bereiken.

## Waar blijft de warmte in huis?

Bij een 'doorsnee' woonhuismonument van 600 m<sup>3</sup>, dat nog niet is geïsoleerd, half vrijstaat en twee verdiepingen en een zolderruimte heeft, gelden globaal de onderstaande warmteverliespercentages per deel van de gebouwschil:

- begane grond vloer                      circa 5%;
- buitenmuren                                circa 25%;
- ramen                                         circa 30%;
- dak    circa 30%;
- kieren en ventilatie                        circa 10%.

De meeste besparingskansen liggen dus bij het dak en de vensters. Ook aanpak van de dichte muurdelen bespaart veel.

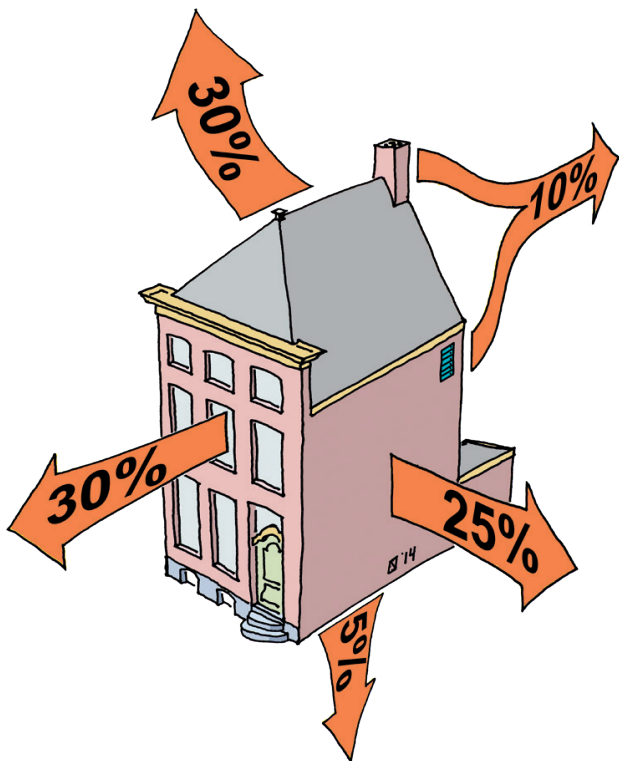
## Monumenten verschillen onderling

De indicatie betreft een gemiddeld woonhuismonument. Is er bijvoorbeeld veel meer glas in de gevels, zoals bij panden uit de periode van het Nieuwe Bouwen, dan komt het verlies via de ramen nog hoger uit. En bij een fabrieksgebouw van één bouwlaag met cementvloer en eenvoudig geconstrueerde sheddaken vertonen dak en vloer beide meer energieverlies.

## Partiële isolatie wijzigt de verliespercentages

Wanneer delen van het gebouw worden geïsoleerd, wijzigt de verdeling van energieverliezen. Bij het geïsoleerde deel van de gebouwschil zal het energieverlies flink afnemen. Bij de overige schildelen neemt het energieverlies verhoudingsgewijs toe. In absolute zin is dat niet zo, maar gevoelsmatig wel: na dakisolatie lijken bijvoorbeeld de ramen extra kou en energieverlies te geven. Het monument merkt dat ook: leefvocht-transport door de gebouwschil concentreert zich nu bij de niet-geïsoleerd gebleven delen. Daarom is isolatie liefst als integraal maatregelenpakket, inclusief goede ventilatievoorzieningen, uit te voeren.

Warmteverliezen bij een niet-verduurzaamd monument. Indicatie van de hoeveelheid warmte-energie die per gebouw-onderdeel naar buiten verdwijnt



# Kengetallen energieverbruik en -besparing

Voor het 'standaard-woonhuismonument' van het vorige waaierblad, dat door vier personen wordt bewoond, zijn de gemiddelde gebruikscijfers voor gas en elektra, de kosten daarvan en besparingsopties doorerekend. De basiskosten van energie zijn de volgende:

De gemiddelde huidige gasprijs is € 0,77 per m<sup>3</sup> inclusief BTW.

Bij warmtelevering, zoals stadsverwarming, wordt afgerekend in Gigajoules (GJ); daarvoor gelden de volgende richtprijzen:

1 GJ komt ongeveer overeen met 35 m<sup>3</sup> aardgas; of 100 m<sup>3</sup> gas = 3 Gigajoule.

1 GJ kost maximaal ca. € 26,- inclusief BTW.

De voor ons land gemiddelde elektraprijs is € 0,22 per kiloWattuur (kWh) inclusief BTW.

Boven 10.000 kWh/jr. wordt dat: € 0,15 en bij meer dan 50.000 kWh/jr. wordt de prijs € 0,11/kWh.

Eén kuub gas levert bij verbranding in een moderne HR-ketel evenveel warmte als 9 kWh elektrische energie.

**Conventioneel elektrisch verwarmen - dus niet met een elektrische warmtepomp - is voor kleinverbruikers dus bijna drie maal zo duur als met aardgas.**

Het schema aan ommezijde geeft de jaarlijkse energiebehoefte van ons voorbeeldpand. Het toont vervolgens de besparing bij inzet van enkele veel gekozen verduurzamingsmaatregelen, bestaande uit dak- en gevelisolatie met een isolatiewaarde (Rc) van ongeveer 2,5 m<sup>2</sup> K/W en raamisolatie met een U-waarde van ongeveer 3W/m<sup>2</sup>K. Daarnaast de elektriciteitsbesparing bij inzet van ongeveer 30 m<sup>2</sup> zonnepanelen (PV). Tenslotte is het effect van inzet van een warmtepompsysteem met lage temperatuurverwarming (LTV) bepaald.

De cijfers uit het schema veranderen wanneer uw pand groter of kleiner is dan het voorbeeld-woonhuismonument. Ook wijzigt de energielast bij meer of minder gebruikers en wanneer het pand niet als woonhuis, maar als kantoor wordt gebruikt.

Een monument met tweemaal zo grote inhoud (m<sup>3</sup>) zal ongeveer 60% meer verwarmingsenergie gebruiken. Boven vier personen is er bij een woning een extra jaarlijks gasgebruik van 70 m<sup>3</sup> en een extra elektriciteitsgebruik van 500 kWh per persoon.

Bij gebruik als kantoor daalt het gasgebruik naar circa 80% en stijgt het elektriciteitsgebruik naar circa 300%.

## Schema jaarlijks energiegebruik voor een gemiddeld woonhuismonument

**Jaarlijks energiegebruik standaard- woonhuismonument**  
*(600 m<sup>3</sup>, 4 personen; niet verduurzaamd). Kosten 'all in' inclusief BTW*

Energiedrager	Huidige situatie in energie en geld	Wordt bij isolatie o.b.v. Rc 2,5 en U=3	Isolatie + 30m <sup>2</sup> PV	En met inzet van warmte-pomp en LTV
<b>Gasgebruik</b>	3.600 m <sup>3</sup>	1.500 m <sup>3</sup>	Geen effect op gasgebruik	400 m <sup>3</sup>
<b>Gaskosten</b>	€ 2.770,-	€ 1.055,-	€ 1.055,-	€ 310,-
<b>Elektragebruik</b>	5.000 kWh	Geen effect op elektragebruik	500 kWh	2.900 kWh
<b>Elektriciteitskosten</b>	€ 1.100,-	€ 1.100,-	€ 110,-	€ 640,-
<b>Totaalkosten</b>	<b>€ 3.870,-</b>	<b>€ 2.250,-</b>	<b>€ 1.260,-</b>	<b>€ 950,-</b>

# Een aardgasloze toekomst

Het gebruik van fossiele brandstoffen, zoals aardgas, moet deze eeuw (grotendeels) uitgebannen worden. Huidige nieuwbouwprojecten krijgen geen gasaansluiting meer. Ook voor monumenten is een aardgasloze toekomst mogelijk, wanneer wordt ingezet op andere - duurzame - vormen van energieopwekking en energieopslag. Elektriciteit wordt belangrijker. Door slimmer gebruik van elektriciteit kunnen de meerkosten voor verwarming worden beperkt. Ook biobrandstoffen en waterstof kunnen een goede vervanger voor gas zijn.

Bij de aanleg van gasloze techniek in een monument geldt uiteraard de voorwaarde van cultuurwaardenbehoud.

## Schone stroom

Voor de opwekking van 'groene' elektriciteit kan zonne- en windenergie worden benut. Zonnecellen (PV) en zonnecollectoren leveren duurzame stroom en warm water. Bij voldoende dakoppervlak kan een monument zelfvoorzienend worden; met de huidige techniek is dat al goed mogelijk (zie waaierblad 49).

Qua windenergie-opbrengst zijn grote windmolenparken optimaal, maar soms kan windenergie ook op gebouwniveau worden benut. De foto op blad 18 toont een windturbine die ongeveer 1.000 kWh per jaar kan leveren. Waterkracht kan in gebieden met stromende beken met succes worden gebruikt voor de aandrijving van hydroturbines. De techniek verdwijnt bijna geheel onder water, zodat ook in historische setting geen visuele schade ontstaat.

## Energieopslag en slim stroomgebruik

Opslag van warmte en koude in de bodem (WKO), een warmtepompstelsel en toepassing van lage temperatuur verwarming (LTV) voor vloer- en wandverwarming zorgen in combinatie met elkaar voor een gasloos verwarmingsalternatief, dat bovendien de energiekosten helpt verlagen (zie waaierbladen 37, 41 en 43). Wanneer de daarbij benodigde elektriciteit schoon wordt opgewekt is sprake van een optimaal duurzaam, gasloos systeem.

## Biobrandstof

Wanneer wordt overgestapt naar een moderne ketel voor vergassing van houtachtige brandstof, kan ook een meer traditioneel verwarmingssysteem functioneren zonder aardgas. De techniek van bioketels is inmiddels zodanig dat het stookgemak van een gasketel wordt geëvenaard. De CO<sub>2</sub> uitstoot is hierbij 'kort-cyclisch' en minder milieubelastend (zie waaierblad 39).

Het verduurzamingsplan voor dit monumentale fabriekje voorziet in eigen energie-opwekking met een windturbine op de schoorsteen en zonnecellen op de zuidflanken van de sheddaken



Foto: R. Stenvert, bewerking E.J. Nusselder

# Vocht, ventilatie en gezondheid

## De oude situatie is niet altijd slecht

Door natuurlijke ventilatie kierende ramen, deuren en dakdelen raken niet-verduurzaamde monumenten hun leefvocht goed kwijt en komt verse lucht binnen. Afgezien van hoge stookkosten maakt ze dat gezond bewoonbaar. Ook voor behoud van het bouwmetaal - vooral de houten delen - is dat 'open' karakter van de gebouwschil goed. Maar het wooncomfort en energiegebruik zijn minder gunstig.

## Zorg voor ventilatie

Een professionele isolatieronde en kierdichting brengt verbetering, mits beheersing van vocht en ventilatie daar integraal onderdeel van uit maken. Want isolatie en kierdichting belemmeren de natuurlijke ventilatie. Dat ervaart de bewoner niet meteen. Hij is blij met het extra comfort en de lagere stookkosten. Maar het gebouw heeft wel meteen last van de gewijzigde bouwbiologie. Imperfecties in de isolatie veroorzaken 'koudebruggen' in de constructie waar leefvocht uit het pand condenseert. Vochtophoping in delen van de gebouwschil is het onzichtbare gevolg, met als effect aantasting door zwam van houten kozijnen en balken. Ook voor de bewoner is een met zwamsporen beladen binnenmilieu ongezond. Eenvoudige en effectieve methoden van ventilatie zijn dus essentieel. Het (weer) beweegbaar en goed functionerend maken van vensterdelen bijvoorbeeld, of het zorgen dat een ruitje of raampartij kan worden opengezet. Het benutten van historische rook- en ventilatiekanalen met hun 'natuurlijke trek' is ook een prima optie. Bij natuurlijke ventilatie is energieverlies onontkoombaar, maar ongecontroleerde warmteverliezen via grote kieren bij daken, deuren en vensters is te vermijden.

## Balansventilatie

Is een luchtbehandelingssysteem nodig, dan moet de vochtbelasting van de gebouwschil niet te hoog worden. Installatie-aansturing met hygrostaten (vochtsensoren) is daarbij aan te raden. Luchtaanvoer en -afvoer moeten goed op de behoefte worden aangepast. Balansventilatie biedt die afstemming en bij een grote gebouwinstallatie is dan tevens met warmteterugwinning (WTW) een flinke energiebesparing te bereiken.

Op eenvoudige manier kan met losse, bedienbare ventilatiepaneeltjes bij schuiframen een effectieve en braakvrije nachtventilatievoorziening worden verkregen. Mooi 'low tech' en op geen enkele manier conflicterend met het bestaande vensterdetail





# Isolatieproducten en -systemen

Beperking van geleidingsverliezen ('transmissieverliezen') is de meest effectieve maatregel om warmte binnen, en kou buiten te houden. Het liefst met materiaal dat bij geringe dikte zo goed mogelijk isoleert.

## Schuimproducten

Van de schuimsoorten die in plaat- of paneelvorm op de markt zijn, scoort resolschuim het beste, maar dat is bros en kwetsbaar. Praktisch inzetbaar is PIR-schuimplaat (poly-iso-cyanuraat). PIR-isolatie van 6 cm. dik isoleert even goed als 10 cm. dik EPS ('piepschuim'). De schuimpanelen zijn doorgaans voorzien van een laag folie aan de buiten en binnenzijde (caching). Bij de beste producten is dat een aluminiumfolie die extra warmtereflectie geeft. Voor hellende daken zijn er isolatiepanelen met opgelijmde tengelatten. Daardoor kan snel, en met minimale dikte-toename worden gewerkt, met behoud van de oorspronkelijke dakbedekkingsmaterialen. Schuimproducten zijn in de regel water- en dampdicht. Vochtregulatie kan daarom nooit via deze materialen, maar moet bewust gedetailleerd worden.

## Droge, stilstaande lucht

Er zijn enkele producten op de markt voor bijvoorbeeld begane grond vloerisolatie, die als foliepakket 'op de rol' worden aangeleverd en na plaatsing worden gevuld met droge omgevingslucht. Het systeem is redelijk snel te plaatsen en in het begin effectief. Maar het is kwetsbaar en na beschadiging is het isolerend effect weg.

## Dampopen isolatiemateriaal

Schapevool, gerecycleerde textiel, cellulosevlokken en houtvezelproducten zijn voorbeelden van dampdoorlatende isolatieproducten op basis van natuurlijk materiaal of hergebruik. Voldoende en aantoonbaar brandpreventief behandeld werken zij goed. Toepassing van schapevool wordt evenwel afgeraden vanwege de hoge milieubelasting. Bij koudebrugsituaties kan onzichtbare vochtbelasting en aantasting van (hout)constructies ontstaan. Goede ventilatie is dus nadrukkelijk nodig.

## Meerlaags-reflectiefolie

Van dunne meerlaags-isolatiesystemen berust de werking op beperking van stralingsverliezen. Bij koude begane grond vloeren kan een stralingsremmer effectief zijn. Ook bij zonbelaste daken werkt een reflectielaag tussen pannen en dakbeschot aanvankelijk goed. Zodra deze folies vervuild raken - en dat kan binnen enkele seizoenen - is dat effect echter tenietgedaan. Zij helpen slechts marginaal tegen transmissieverliezen.

Voor buitendakse isolatie zijn er hoogwaardige en effectieve isolatie-schuimpanelen op de markt, zoals deze PIR-platen met opgelijmde tengellatten



# Dakisolatie, hellend dak

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



10-20 jaar

gevelisolatie p. 27  
raamisolatie p. 31

## Dakzone is vaak een grote verliespost

Veel warmte-energie gaat via de dakzone van een gebouw verloren. Isolatie biedt hier dan ook veel kansen en bij correcte uitvoering kan tot 30% op verwarmingsenergie worden bespaard. Dakisolatie werkt ook andersom: in de zomer behoren bloedhete zolderkamertjes tot het verleden.

## Eenvoudigste optie: zoldervloerisolatie

Wanneer de kapruimte niet of nauwelijks wordt gebruikt, is dakisolatie helemaal niet nodig. Door op de zoldervloer een isolatiepakket te leggen blijft de zolderruimte buiten de verwarmde zone en wordt energieverlies via de kap beperkt. Wanneer de zoldervloer beloopbaar moet blijven kunnen sandwich- hardschuimisolatiepanelen of dito tegels worden gebruikt met een harde, stevige toplaag. Om te voorkomen dat bij aansluitingen op de bouwmuur of kapvoet condensproblemen ontstaan moet de isolatievloer rondom een kleine decimeter vrij van de draagconstructie blijven. Bij trapgaten en lichtschachten moet natuurlijk een geïsoleerd luik of omtimmering met deur worden gemaakt om warmteverlies langs die weg te beperken. Zorg daarbij ook voor goede kierdichting.

## Buiten-beschot isolatie

De enige vocht-technische, bouwfysisch betrouwbare en effectieve dakisolatie is die waarbij aan de buitenzijde van het historische, behoudenswaardige dakbeschot en/of op de plaats van tengels en panlatten een hoogwaardig isolatiepaneel komt. Panelen met aan beide zijden een infrarood reflecterende, beschermende aluminiumafdekking ('caching') en met fabrieksmatig opgelijmde tengellatten aan de buitenzijde, voldoen het beste. Over de tengels komt dan bij voorkeur tevens een dampopen, maar waterdichte folie, waarover vervolgens de panlatten komen. Dat levert een extra isolerende spouw in de dakhuid op. De oude pannen kunnen daarna terugkeren op het dak (er zijn echter wel extra pannen nodig omdat het dakoppervlak iets toeneemt door het isolatiepakket). Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat de dakaansluitingen bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten behoorlijk en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Het dakvlak komt immers meer naar buiten te liggen en dat moet technisch en vooral ook in termen van cultuurwaardenbehoud wel kunnen.

Uitvoering van een dakisolatieproject  
bij een achttiende-eeuws hofje.  
Buitenbeschotsysteem met 6 cm.  
PIR-schuimplaten + tengellatten  
en dampopen deken



# Dakisolatie binnendaks en bij platte daken

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



5-20 jaar

gevelisolatie p. 27  
raamisolatie p. 31

## Binnendakse isolatie

Isolatie aan de interieurzijde van het dak moet bij houten dakconstructies als regel worden vermeden. Doordat bij een dergelijke aanpak historische onderdelen van de kap- en dakconstructie achter de isolatielaag of binnenafwerking verdwijnen komen zij precies in de condens-gevaarzone terecht. Bovendien is de kapconstructie dan aan het zicht onttrokken. Dit is in strijd met het cultuurwaardenbehoud. De kapconstructie is ook niet langer te inspecteren op eventueel aanwezige vormen van aantasting, wat nadelig is voor goede instandhouding.

Leveranciers van isolatiesystemen geven vaak aan in staat te zijn de afwerking van een aan de binnenkant te isoleren dak goed dampdicht te kunnen en zullen afwerken. De bittere ervaring leert dat dergelijke beloften niet realiseerbaar zijn. De dampdichte afwerking zal op korte of wat langere termijn loskomen van de houten kapconstructiedelen - die immers blijven 'werken' - met als gevolg dat er onopgemerkt vochtconcentratie en houtaantasting ontstaat. Als daarvan aan de interieurzijde symptomen merkbaar worden - natte plekken of schimmelsporen - is het voor de draagconstructie van de kap vaak allang te laat en zal grootschalig kapherstel nodig zijn. Toepassing van binnendakse isolatie bij woonhuizen en panden waar (leef) vochtproductie speelt wordt daarom afgeraden.

## Platte daken

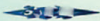
Bij platte daken en dakdelen is een eenvoudige buitendakse isolatievorm mogelijk in de vorm van het zogenaamde 'omkeerdak'. Voorwaarde is dat het dakvlak bestaat uit een bitumineuze of kunstrubber-laag, waarop in de bestaande situatie grindballast, tegels of een lattenrooster ligt. Na afnemen van de ballastlaag en eventueel herstel of vernieuwing van het dakleer komen op het dak vervolgens weerbestedende hardschuimisolatiepanelen met geïntegreerde of los te leggen ballastlaag. De ballastlaag voorkomt opdrijven en wegwaaien van het isolatiemateriaal. Een combinatie met de aanleg van zonnepanelen of zonnecollectoren is goed mogelijk. Ook kan omwille van duurzaam waterbeheer een sedumbedekking op de isolatielaag worden aangebracht. Binnendakse isolatie moet ook bij platte daken met nadruk worden afgeraden.



Omkeerdak in de maak. Op de voorgrond de bitumineuze dakbedekking. De blauwe panelen zijn van hoogwaardig kunststofschuim dat bestand is tegen blootstelling aan weer en wind. De drainagetegels vormen de ballastlaag en maken het dak naderhand goed beloopbaar



ROOFM  
© THE ROOF CHEMICAL COMPANY  
of affiliated companies



WHITE TMA SL-X

Ook buitenmuren zorgen voor warmteverlies, tot wel zo'n 30% van het totaal. Afhankelijk van onder andere de detaillering van de gevels zijn er uiteenlopende mogelijkheden voor energiebesparing. Voorkomen van het ontstaan van zogenoemde 'koudebruggen' en de effecten op het vochtgedrag daarvan is het eerste aandachtspunt.

## Herschikking van gebruiksfuncties

Soms kan een andere functionele indeling warmteverlies tegengaan. Langs koude buitenwanden geen verblijfsfuncties, maar verkeerszones of onverwarmde ruimten. Zij vormen zo een isolerende overgangszone.

## Binnenisolatie

Bij historische buitenmuren is isolatie aan de buitenzijde bouwfysisch 'veilig en effectief'. Maar meestal laat het cultuurwaardenbehoud dat niet toe. Wanneer er aan interieurzijde betimmeringen en wandbespanningen zijn, kan het isolerend effect dat daarmee wordt verkregen soms worden versterkt door toepassing van een voor de situatie passend isolatiepakket. Aandachtspunt moet steeds zijn dat het ontstaan van condensvocht bij houten gebouwdelen in of tegen de buitenmuren wordt voorkomen. Isolatie van binnenstucwerk is soms mogelijk door toepassing van isolerende, vochtregulerende kalkpleistersystemen als vervanging van de bestaande pleisterlaag, mits deze niet van historische waarde is. Soms kan een voorzetwandstelsel met isolerende sandwich-stucpanelen worden toegepast. Isolatie met naadloos op balken, vloeren en kozijnen aansluitende schuimpanelen moet beslist worden vermeden, vanwege het grote condens- en houtaantastingsrisico dat daardoor ontstaat.

## Buitenisolatie

Bij gepleisterde gebouwen, zoals monumentale fabrieken en in beton opgetrokken utiliteitsgebouwen, biedt een isolerende bekleding met hoogwaardig kunststofschuim, afgewerkt met een dunne gewapende pleisterlaag, kansen. Extra voordeel van een buiten-isolatiepakket is dat de hele gevelconstructie van het gebouw wordt ingepakt, beschermt raakt tegen weer en wind en als bouwmasse in het interieur terecht komt met bufferend effect op de stook- en koel-behoefte van het gebouw. Bij gepleisterde of betonnen woonhuizen, uit bijvoorbeeld de periode van het Nieuwe Bouwen, is toepassing niet wenselijk. Door de isolerende bekleding zou de architectuur zijn kenmerkende rankheid verliezen.

Soms kan een isolerende buitenbekleding zonder veel schade voor het historische architectonische beeld worden toegepast, zoals bij deze tot woongebouw herbestemde fabriek aan de Zaan





## Niet te dicht!

Daken en gevels zijn bij monumenten meestal flink 'ademend'. Dat komt deels door hun bouwtrant en deels doordat oorspronkelijk goed gedetailleerde aansluitingen versleten zijn, of door verkeerde behandeling falen. Dat ademen is cruciaal voor het behoud van het gebouw, vooral wanneer hout een belangrijk deel van de constructie en gevelelementen vormt. Ook voor een gezond binnenklimaat is een zekere mate van natuurlijke luchtverversing nodig. Maar te veel tocht en kieren maken het oncomfortabel en leiden tot forse stookkosten. Kierdichting is dus aantrekkelijk, zolang het gebouw niet 'potdicht' wordt gemaakt. Met kierdichting kan, afhankelijk van de situatie 5 - 10% energie worden bespaard.

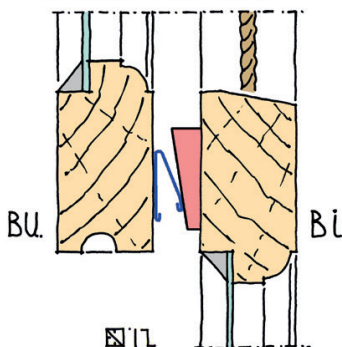
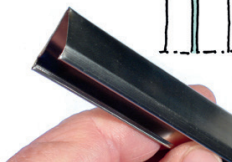
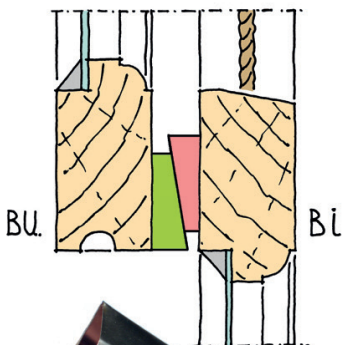
## Neem slijtage weg

Stap één is restauratief: vakkundig herstel van versleten onderdelen, aansluitingen, hang- en sluitwerk. Daarmee is meestal de ergste kwaal verholpen. Bovendien draagt deze aanpak bij aan goede instandhouding van het monument. Voor bepaalde aansluitproblemen van bijvoorbeeld schuif- en stolpramen zijn daarnaast goede moderne tochtweringstechnieken beschikbaar, die bij juiste detaillering lang blijvend effect sorteren.

## Aanvullende tochtwering

De bouwmarkt levert allerlei zelfklevende kunststofstrips die in noodgevalen kunnen helpen tochtproblemen weg te nemen. Door hun materiaal en bevestigingswijze hebben deze tochtstrips een beperkte levensduur (enkele seizoenen), waardoor het geen goede en lang standhoudende maatregel is. Nieuwe producten zijn erin bestendig materiaal, zoals dunne RVS-strips, die in meerdere tochtsituaties inzetbaar zijn en de in de auto-industrie al langer bekende butylrubber-profielen met langdurig blijvende flexibiliteit en afdichtingscapaciteit. Deze hoogwaardige tochtprofielen kunnen met enige creativiteit in verrassend veel situaties met succes worden ingezet. Een van de grootste manco's van schuiframen - de niet goed afsluitende wisseldorpel - kan uitstekend worden weggenomen door toepassing van een geschikt RVS-tochtprofiel. Ook kan de kantgeleiding van het schuivende onderraam ermee worden gedicht. Let wel steeds op voldoende ventilatie; losse CO- en CO<sub>2</sub> - sensoren, die alarmeren bij ongezonde binnenlucht, kunnen daarbij behulpzaam zijn.

De wissellatafdichting van schuiframen kan met succes onzichtbaar worden vervangen door toepassing van een geëigend RVS-profiel



17

# Ramen en isolatieglas

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



10 - 20 jaar

dakisolatie p. 23/25  
gevelisolatie p. 27  
kierdichting p. 29

## Raamisolatie

Voor enkel glas in houten of stalen ramen bestaan enkele verbeteropties:

1. toepassing van voor- of achterzetramen of achterzetbeglazing;
2. vervanging van de bestaande beglazing door dun dubbelglas;
3. toepassing van speciaal voor monumenten ontwikkeld meerlaags gelamineerd isolatieglas, passend in de bestaande, of iets uit te diepen ruitspanning. De tweede optie valt vanwege de diktemaat van het dubbelglaspakket en de aan exterieurzijde als storend ervaren dubbele reflectie van de beglazing vaak af.

## Voorzetramen

Toevoeging aan de buitenzijde van de vensters van een extra raam of glasmaag is zelden een reële mogelijkheid. Soms is het een optie bij historische utiliteitsbouw; lichte ventilatie - met buitenlucht! - tussen het nieuwe en oude raam is dan aandachtspunt.

## Achterzetbeglazing

Aan de interieurkant van historische vensters is extra beglazing of een extra raamvlak soms wel mogelijk. De cultuurwaardenstelling van de binnenafwerking bij de vensters bepaalt de mogelijkheid. Met achterzetbeglazing wordt het warmteverlies via de vensters ongeveer gehalveerd. Achterzetbeglazing met isolatieglas verbetert de energiebesparing extra.

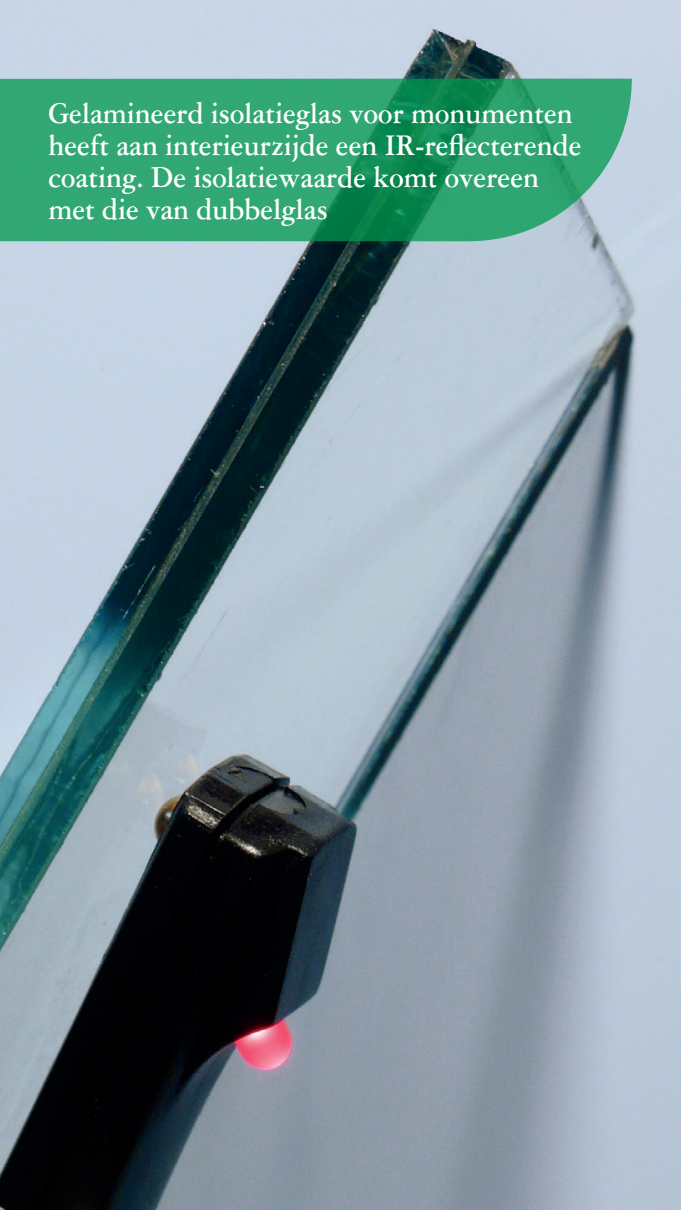
## Isolerend glaslaminaat

Bij schuiframen is achterzetbeglazing niet goed mogelijk. Vervanging van het bestaande glas door 'isolerend triplexglas' is een optie. Dit glaslaminaat heeft een infrarood-reflecterende coating aan interieurzijde. Het heeft een dikte van circa 6 - 8 mm, waardoor plaatsing in bestaande raamspanningen - eventueel na uitfrezen - meestal mogelijk is. Wel is vaak (deel)vervanging van het raamhout nodig vanwege de vereiste hogere sterkte door het extra glasgewicht. Tevens moeten de raamgewichten worden verzwaaard. Het glas is ook UV-werend en daardoor toepasbaar in museumsituaties. De buitenste glasmaag kan in getrokken glas worden uitgevoerd, zodat het buitenaanzicht een levendige spiegeling houdt.

## Zonwerende beglazing

Achterzetglas of -ramen kunnen ook in zonwerende uitvoering worden geleverd. Dit kan flink bijdragen aan comfortverbetering. Bij enkelglas kan zonwerende vitrage of gordijnvoering de zonne-warmte goed buitenhouden. Overigens is buitenzonwering altijd effectiever.

Gelamineerd isolatieglas voor monumenten heeft aan interieurzijde een IR-reflecterende coating. De isolatiewaarde komt overeen met die van dubbelglas





5-20 jaar

aardwarmte p. 43

vloerverw. p. 45

## Isolatie onder de vloerconstructie

Isolatie van de begane grond vloer boekt niet veel energiebesparing, maar draagt wel bij aan het wooncomfort. De energiebesparing door beperking van transmissieverliezen is weliswaar beperkt, maar door de comfortwinst kan een 'graadje' lager gestookt worden. Dat levert dan wel weer een flinke besparing op, mits de bewoners de thermostaat ook daadwerkelijk lager instellen. Net als bij dak- en gevelisolatie is de beste plaats voor vloerisolatie aan de koude zijde, zodat de bestaande vloer aan de warme kant van de isolatieschil komt. Een houten delenvloer kan vaak tamelijk eenvoudig worden voorzien van een isolatiepakket aan de onderzijde, met een dampdicht of dampopen systeem. Isolatie tussen de vloerbalken heeft de voorkeur, omwille van blijvende inspecteerbaarheid en goede ventilatie van de draagbalken. Belangrijk is dat warmteverlies door de vloer vooral via straling verloopt. Reflecterende lagen op het isolatiepakket zijn daarom effectief, mits de reflectielaag vrij ligt of aan enige centimeters luchtspouw grenst. Gezorgd moet worden dat de eerste reflectielaag - meestal aluminium opgedampt kunststoffolie - niet door stof zijn reflectievermogen verliest.

## Kruipruimte

De kruipruimte moet na vloerisolatie extra goed geventileerd worden om vochtophoping en houtaantasting te voorkomen. Ventilatioeroosters in de buitenmuren zijn vaak onzichtbaar te optimaliseren. Een goed tegen de muren aansluitende, stevige dampdichte folie over de kruipruimtegrond helpt tegen vochtverplaatsing naar de vertrekken erboven. Eventueel is vochtregulatie met een dik pakket gewassen schelpen te overwegen. Een vaak voorkomend misverstand is dat een vochtwerend bodem-isolatiepakket energiebesparend zou werken. Dat is niet het geval, vloerisolatie blijft nodig.

## Isolatie op de vloer

Is de onderzijde van de vloer te bereiken noch te isoleren, zoals bij in de grond gelegde stenen vloeren of bij gewelfconstructies, dan biedt een dun isolatiepakket aan de bovenzijde, met daarop nieuwe bevloering, uitkomst. Moet een aanwezige historische bevloering behouden blijven, maar niet in beeld, dan kan dit dunne pakket van isolatie en nieuwe bevloering over de bestaande vloer worden aangebracht. Een combinatie van (lage temperatuur-) vloerverwarming met een isolatiepakket is een aantrekkelijke optie. Het levert dubbele winst op: extra energiebesparing en hoger comfort.

Eenvoudig vloerisolatiepakket onder tegen een houten begane grondvloer. De balken zijn daarbij vrij en te inspecteren gehouden





## Radiator-efficiëntie

Hoewel hun naam aangeeft dat zij via straling (radiatie) werken, verwarmen radiatoren vooral door luchtverplaatsing of convectie. Afhankelijk van aanleg en leeftijd van het cv-systeem, zijn verschillende verbeteringen en besparingsopties mogelijk. Zij komen alle neer op verbeterde warmteafgifte naar het interieur en beperking van opwarming van buitenwanden.

## Geef radiatoren lucht

Vaak staan radiatoren te dicht op wand of vloer, of te strak onder een vensterbank. Dit belemmert luchtstroming en warmteafgifte. Herpositioneren van de radiatoren helpt. Wellicht gelijk met vervanging door convectoren, die bij geringer afmeting meer convectiewarmte geven. Er zijn kleine panelen met ventilatortjes op de markt, waarmee extra convectielucht door de radiator wordt gezogen of geblazen; deze zijn zeer effectief en kosten nauwelijks stroom.

## Hoogwaardige radiatorfolie

Radiatoren stralen evenveel warmte naar voren als naar achteren. Er gaat dus ook warmte richting de buitenmuur, met energieverlies als gevolg. Hoogwaardige, infrarood-reflecterende isolatie achter de radiatoren reduceert dit verlies. Een isolatiepakket op basis van metallisch aluminium en kunststofschuim is effectiever dan radiatorfolie van de bouwmarkt. De radiatorfolie moet worden aangebracht op de buitenmuur in de contour van de radiator. De folie is dan deels in het zicht, wat voor het interieuraspect onwenselijk kan zijn. Het reflectiemateriaal is ook aan te brengen op de achterzijde van de (plaat)radiatoren (eventueel met magneten). Het is dan onzichtbaar, maar het radiatorvermogen - en het energiegebruik van de radiator! - neemt met 20 tot 30% af.

## Vermijd omtimmering

Radiatoren die zijn weggewerkt achter lambriseringen of vensterbank-uitbouwen, met roosters of gaas, verspillen energie. De temperatuur binnen de omtimmering is hoog, met extra verlies naar buiten als gevolg. Richting het vertrek is er juist beperkte warmteafgifte. Het maakt de radiatoren nauwelijks regelbaar en daarom staan ze vrijwel altijd vol aan. Ontmanteling en individuele regeling met thermostaatkranen levert steeds verbeterd comfort en hogere energie-efficiëntie. De hoogste besparing wordt bereikt bij gecombineerde toepassing van bovenstaande maatregelen.



De radiatoren zijn hier om esthetische redenen weggewerkt achter een omtimmering. Gevolg is dat nauwelijks warmte het vertrek inkomt en veel energie naar buiten verdwijnt





# Centrale verwarming en regeling

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



5-10 jaar

vloerisolatie p. 33

CV-radiat. p. 35

## CV-ketel

Bij een conventionele cv-ketel verdwijnt veel warmte door de schoorsteen. Vanuit energiebesparingsoptiek is iedere gasketel, ouder dan 10 á 15 jaar aan vervanging toe. Met een nieuwe HR-ketel bespaart men dan 15 á 30% energie.

## Lage temperatuurverwarming (LTV)

Die besparing loopt nog verder op wanneer gebruik wordt gemaakt van lage verwarmingstemperaturen, wat weer mogelijk wordt na gebouwschil-isolatie. Dan daalt de warmtevraag immers. Daarbij helpt de warmtefysica een handje, immers wanneer de temperatuur van het retourwater naar de ketel lager is dan 50°C kan de cv-ketel op een lagere temperatuur ingesteld worden. Hierdoor wordt de rookgastemperatuur ook lager en zullen de rookgassen condenseren. De condensatiewarmte levert 10% extra besparing op. Het rookkanaal moet hiervoor worden aangepast door in de historische schoorsteen een flexibel kunststof afvoer- annex condenskanaal te plaatsen. Binnen een oud rookkanaal van 10 x 10 centimeter is dit al mogelijk. Doordat de huidige ketels nagenoeg alle warmte afgeven aan het systeemwater en hun verbrandingslucht via het duo-kanaal aanzuigen, kunnen zij veilig in een kleine ruimte, zoals een wandkast, worden geplaatst. Wel is aansluiting op de binnenriolering nodig voor de afvoer van condenswater uit de rookgassen.

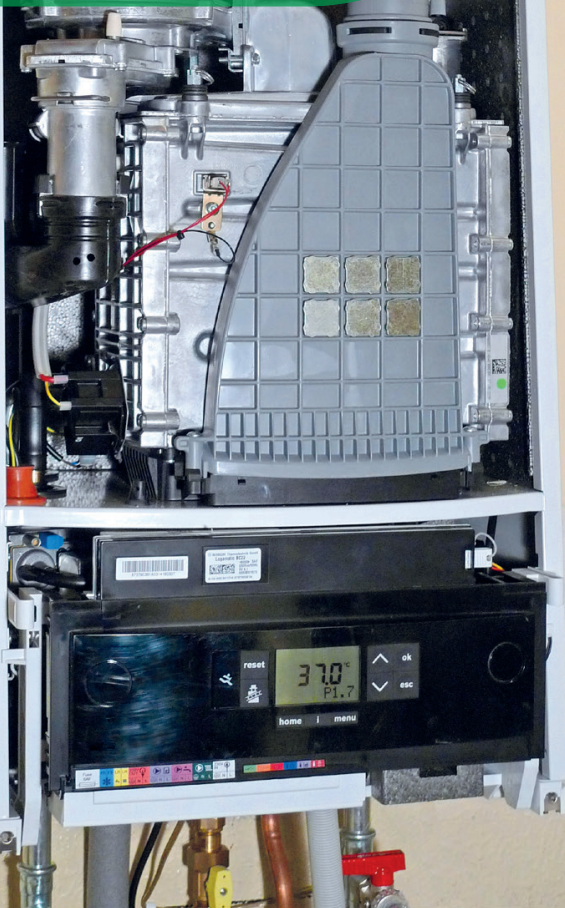
## Leidingisolatie

Onnodige warmteafgifte moet worden voorkomen, dat betekent immers energieverlies. Belangrijk daarbij is dat alle verwarmingsleidingen, die door kruipruimten, kasten of niet-verwarmde vertrekken, gangen en zolders lopen, hoogwaardig worden geïsoleerd, waarbij goede belemmering van warmte-uitstraling - aluminiumoppervlak - belangrijk is.

## Moderne CV-regeling

Een goede verwarmingsregeling bespaart net zoveel als een goede ketel. Verbetering begint met een weersafhankelijke regeling, die de stooktemperatuur aanpast aan de buitentemperatuur. Dat levert een hoger rendement en het warmteverlies gaat omlaag. Ook het comfort neemt toe, doordat de systeem-regelbaarheid beter wordt. Verwarm alleen ruimten waar dat nodig is. Door toepassing van draadloos bedienbare thermostaatkranen is moeiteloze aansturing per radiator mogelijk. De gebruiker kan dan zelfs op afstand met de smartphone elke radiator of ieder vertrek voor thuiskomst apart regelen.

Inwendige van een moderne dubbel  
hoog-rendement combiketel. Zeer hoog  
rendement door condenserende  
gasverbranding en slimme digitale  
aansturing. Kanaal bovenin combineert  
luchttoevoer en rookgasafvoer



## Hout

Een CO<sub>2</sub>-uitstoot beperkend alternatief voor het verwarmen met aardgas is het verstoffen van hout. Bij traditionele open haarden en houtkachels is de verbranding niet volledig, zodat energierijke houtgassen door de schoorsteen verdwijnen. Gevolg is een laag energetisch rendement en veel uitstoot van fijnstof en milieuvriendelijke gassen.

Moderne houtketels vergassen het hout, zijn volledig geautomatiseerd en kennen een rendement vergelijkbaar met dat van een gasketel. Belangrijke aandachtspunten zijn de beschikbare ruimte voor de ketel en de aanvoer en opslag van het hout. Dat gaat om grote hoeveelheden. Tegenover een gasketel die jaarlijks 4.000 m<sup>3</sup> gas verbruikt, vraagt een bioketel 8 ton of 15 m<sup>3</sup> (bij houtpellets) tot 12 ton of 60 m<sup>3</sup> (bij houtsnippers) aan stookhout. Moderne, gecertificeerde houtpellet- en houtsnipperketels voldoen aan wettelijke emissie-eisen. Voor de plaatsing en in bedrijfstelling ervan is een melding of - afhankelijk van het te installeren vermogen - een omgevingsvergunning nodig.

## Verschillende typen biobrandstof

Hout als brandstof kent een aantal vormen:

- **Houtpellets.** Deze worden geperst van bewerkingsafval uit de houtindustrie; pellets vormen een uniforme compacte brandstof die makkelijk getransporteerd en verwerkt kan worden. Houtpellets zijn een ideale brandstof voor automatische ketels. De stookkosten bedragen ongeveer 70% van stoken op gas.
- **Houtsnippers.** Afkomstig uit de bosbouw, plantsoenbeheer etc. Deze brandstof is lastiger te verwerken dan houtpellets, waardoor de automatische houtsnipperketels wat duurder zijn dan houtpelletketels. De stookkosten zijn nog lager: ongeveer 35% van stoken op gas.
- **Stukhout.** De goedkoopste vorm van houtstook is de toepassing van stukhout (houtblokken etc.) Automatische ketels bestaan hiervoor niet: de houtketel moet handmatig gevuld worden. Dat kan natuurlijk niet permanent, vandaar dat een stukhoutketel een eigen stookregime vergt. De ketel wordt enige malen per winterweek voluit gestookt en de warmte wordt opgeslagen in warmwaterbuffers. Flinker buffervaten maken dus verplicht onderdeel uit van het systeem.

Twee buffervaten verzorgen de warmwateropslag die vaak nodig is bij toepassing van een bioketel



# Warmtepomp

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



aardwarmte p. 43  
vloerverw. p. 45

## Laagwaardige warmte benutten

Bij toepassing van lage temperatuurverwarming (LTV), zoals wand- of vloerverwarming, kan een warmtepomp een forse besparing op het energiegebruik geven. Een warmtepomp - die het omgekeerde doet als een koelkast - zet zogenaamde 'laagwaardige warmte' met behulp van elektrische energie om in hoogwaardige warmte (40/50°C). Buitenlucht of bodem kunnen als bronnen voor de warmtepomp fungeren.

## Hoog rendement bij LTV

Hoe kleiner het verschil is tussen de temperatuur van de bron en de afgiftemtemperatuur van de verwarmingselementen in het gebouw, des te hoger is het rendement (COP: coefficient of performance) van de warmtepomp. Bij een dergelijke wijze van verwarming met relatief lage temperatuur is een COP van 3,5 à 4 haalbaar. Eén deel elektriciteit is nodig is om 3,5 à 4 delen nuttige warmte te produceren. Een forse energie-besparing, echter doordat elektriciteit per eenheid energie driemaal duurder is, levert een warmtepomp nauwelijks stookkostenbesparing op. Wekt men zelf duurzaam stroom op, dan is wel sprake van energiekostenbesparing.

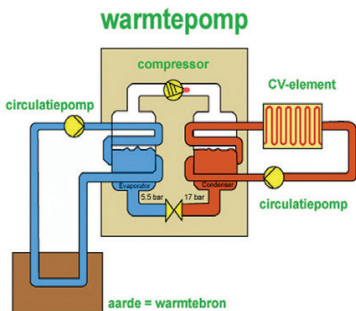
## Als basisverwarming

Omdat een warmtepomp relatief duur is en de kosten ervan toenemen met zijn vermogen, wordt deze meestal als basisvoorziening gebruikt. De warmtepomp wordt dan zo gekozen dat deze circa 30% van het voor het gebouw benodigde piekvermogen kan leveren. Bij grotere warmtevraag schakelt een HR-gasketel bij (bi-valent systeem). Liefst levert deze 'stand-by ketel' als HR-combiketel ook het warme tapwater. Voor de bereiding van warm tapwater zijn namelijk hoge temperaturen nodig (65°C), die door een warmtepomp alleen met een laag rendement zijn te bereiken.

## Ook koeling

Een voordeel van een warmtepomp is dat deze in de zomerperiode ook ingezet kan worden voor koeling van het pand. Als het verwarmingssysteem daarop wordt ontworpen (toepassing van vloerverwarming en radiatoren met ingebouwde ventilatoren) kan dat een flinke comfortverbetering betekenen. Een aandachtspunt is het voorkomen van condensatie (natte vloer of druipende radiatoren). Een vochtsensorschakeling kan hierin voorzien.

Warmtepompinstallatie met goed geïsoleerde systeemleidingen. Onderaan het werkingschema van een warmtepomp





10 - 20 jaar

warmtepomp p. 41  
vloerverw. p. 45

## Opslag van warmte en koude in de bodem (WKO)

Met de zomerwarmte kan een gebouw in principe een heel jaar worden verwarmd, met winterkoude een jaar lang gekoeld. Alleen lopen vraag en aanbod een half jaar uit de pas; er is dus een opslagprobleem. Opslag van warmte en koude vergt een groot buffervolume. In de bodem is dat voorhanden. Bij ondergrondse opslag wordt er in de zomer warmte aan het gebouw onttrokken en in de bodem opgeslagen. Het gebouw wordt zo gekoeld. In de winter verloopt het proces andersom. Een warmtepompsysteem is daarbij onontbeerlijk, omdat de temperatuur in de ondergrond vrij laag is (ca. 12°C). Er zijn twee aanlegprincipes:

### Gesloten bodemwisselaars

Door tot 100 meter diepe leidingen circuleert water dat 's-winters door de bodem wordt opgewarmd en 's-zomers wordt afgekoeld. Het water geeft zijn aanvoertemperatuur gedeeltelijk af aan de bodem, waardoor 's-winters koude en 's zomers warmte wordt opgeslagen in de bodem. Bodemwisselaars zijn geschikt voor woningen en kleine kantoren (tot ca. 2.500 m<sup>2</sup>).

### Open bronnen

Dit systeem omvat twee onttrekkingsbronnen waaruit het grondwater wordt opgepompt voor koeling en verwarming. Tijdens de zomer ontstaat een warme bel water in de ondergrond rond de ene bron; die warmte wordt in de winter gebruikt voor de gebouwverwarming. Bij de andere bron ontstaat een koude bel water die wordt benut voor koeling in de zomer. Het koelvermogen blijft zo het hele seizoen beschikbaar. Open bronnen zijn geschikt voor grotere gebouwen (kantoren vanaf 2.000 m<sup>2</sup>).

### Maatwerk en randvoorwaarden

Voor deze systemen is een vergunning of melding vereist (Milieuwetgeving). Ook moeten ontwerp en aanleg door erkende bedrijven worden uitgevoerd. Uitgezonderd individuele woningen geldt een verplichting tot jaarlijkse monitoring. Bodemsystemen renderen het best wanneer ook koeling plaatsvindt (terugverdientijd 10 - 15 jaar). Bij toepassing voor uitsluitend verwarming loopt de terugverdientijd op tot 15 á 20 jaar, mede afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid.



Inbrengen van de leidingen - in de vorm van een kunststofslang - in een geboorde bronput





# Vloer- en wandverwarming

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



15-20 jaar

vloerisolatie. p. 33  
warmtepomp p. 41  
aardwarmte p. 43

## Behaaglijk en energiezuinig

Vloerverwarming geeft precies waar nodig warmte af, op een laag punt midden in het vertrek. Toepassing van dit verwarmingsprincipe is daardoor flink energiezuiniger dan traditionele centrale verwarming, ook omdat vloerverwarming bij 2° C lagere temperatuur hetzelfde comfort levert. Vloerverwarming kan in de vorm van 'natbouw' of 'droogbouw' worden aangelegd.

## Natbouw

Bij natbouw worden de lusleidingen van het vloerveld tijdens het storten in een cementgebonden constructievloer opgenomen. Voor monumentensituaties is dat alleen mogelijk wanneer alle vloeren geheel of gedeeltelijk kunnen worden vervangen. Wandverwarming kent een vergelijkbare techniek met lusleidingen en nieuwe bepleistering.

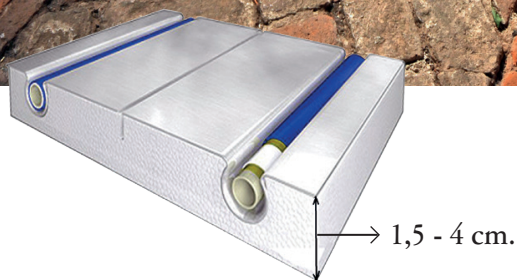
## Droogbouw

Hierbij wordt op de bestaande vloer een 'los' vloerverwarmingspakket aangebracht. Daarbij komt het vloerpeil 2,5- 5 cm. omhoog, wat bij naar binnen draaiende deuren met een opstapje is op te lossen. Voordeel van droogbouw is dat het verwarmingssysteem als na-installatie is in te passen en ook weer te verwijderen. Deze reversibiliteit maakt een droogbouwsysteem aantrekkelijk. Bij waardevolle historische bevloeringen is dit vanzelfsprekend geen optie.

## Combineer maatregelen en systemen

Wanneer het om de begane grondvloer gaat, is, ongeacht het aanlegprincipe, uitvoering op een goed isolatiepakket een voorwaarde voor energiebesparingssucces. Bij natbouw kan het isolatiepakket vaak meteen gebruikt worden als bekistingsbodem. Geschikte droogbouwsystemen hebben als basis een isolatie-kanaalplatenpakket, waarin vervolgens het warmte-afgevend leidingtracé komt. Daaroverheen kan vervolgens de vloerafwerking worden aangebracht. Omdat bij vloerverwarming het systeemwater een veel lagere temperatuur heeft dan bij radiatorverwarming, is combinatie met een warmtepomp en lage temperatuurverwarming (LTV) aan te bevelen. Vloerverwarming en LTV zijn het meest efficiënt als basisverwarming voor permanent te verwarmen ruimten. Op extra koude dagen kan de vaak toch al aanwezige radiator- of convectiverwarming met eigen CV-ketel bijspringen. Nodig is dan wel dat er slimme regeltechniek komt en dat het leidingsysteem wordt aangepast op het tweeledige werkingsprincipe. Vloerverwarming is ongeschikt voor snelle, kortdurende ruimteverwarming.

Vloerverwarming als na-installatie over een monumentale stenen vloer. Het vloerveld rond de schouw is in het zicht gelaten



Het enige cm. dikke verwarmingspakket met aluminium warmteverspreiders met leidingen in piepschuim kanaalplaten

# Elektriciteitsbesparing

comfortverbetering  
energiebesparing  
terugverdientijd  
combineren met



5-10 jaar  
-

## Verlichting

Verlichting vraagt veel energie. Gloei- en halogeenlampen geven goed licht, maar ook veel warmte en zijn dus niet zuinig. Goede alternatieven zijn:

- *Spaarlampen* of fluorescentielampen besparen tot circa 80% ten opzichte van gloeilampen. Nadeel is de opstarttijd van circa 30 seconden. De lampen gaan veel langer mee dan gloeilicht en de kleurweergave-index (hoe goed worden alle zichtbare kleuren weergegeven) is gelijkwaardig met gloeilicht.
- *Led-lampen* besparen tot 85% ten opzichte van gloeilampen. Zij branden direct op volle sterkte, hebben inmiddels een prima kleurweergave-index en hebben een (nog) langere levensduur dan spaarlampen. Wel zijn ze duurder.

Beide typen zijn rendabel en verdienen zichzelf snel terug. Ook voor aanlichting en terreinverlichting zijn ledlampen inzetbaar. Bij dit soort verlichting met fors vermogen betekent dat substantiële energiebesparing.

## Ventilatie

Goede ventilatie vraagt meestal permanente afzuiging. Oudere afzuiginstallaties werken doorgaans op wisselstroom. Vervanging door afzuigboxen op gelijkstroom levert meer dan 50% energiebesparing op.

## Huishoudelijke apparatuur

Belangrijke besparingsopties op dit punt zijn:

- *Standby-stand*. Veel apparatuur verbruikt in deze stand nog 5 - 10 W. Dit komt op jaarbasis neer op 50 - 100 kWh (€ 10 - 20 per jaar); uitschakelen helpt dus.
- *Koel- en vrieskasten*. Belangrijk hierbij is dat deze apparatuur zo koel mogelijk is opgesteld. Daarnaast is vervanging van apparatuur ouder dan vijftien jaar vrijwel altijd rendabel.
- *Warm tapwater*. In veel woningen zijn (close-in) elektroboilers te vinden voor warm tapwater. Warm water via een combi-gasketel is veel energiezuiniger. De besparing loopt op tot circa 500 kWh per jaar.
- *Wasdroger*. Was drogen 'buiten aan de lijn' is een goed alternatief. Dat bespaart tot 300 kWh per jaar.

Ledlampen zijn inmiddels in alle maten en vermogens leverbaar. Men bespaart er tot 85% mee op stroomgebruik en ze zijn binnen een of enkele jaren terugverdiend



# Zonne-energie



## Warmte

Voor het oogsten van zonne-energie zijn er twee typen collectoren, of een combinatie daarvan. Bij zonneshij is circa 3 m<sup>2</sup> zonnecollectoren voor een driepersoons huishouden voldoende voor de (voor)verwarming van warm tapwater. Op bewolkte dagen schakelt de ketel bij voor na-verwarming. Hoewel aantrekkelijk bij woonhuizen maken vooral de visuele effecten van zonnecollectoren ze op een monumentaal hellend dak minder geschikt. Bij platte daken zijn de toepassingsmogelijkheden groter. De terugverdientijd bedraagt circa 15 - 20 jaar.

comfortverbetering   
energiebesparing   
terugverdientijd  15 - 20 jaar  
combineren met dakisolatie p. 25

## Elektriciteit

Naast de gebruikelijke zonnepanelen, bestaan er panelen in de vorm van leien en dakpannen. Hoewel deze meestal geen historisch passende vorm hebben, kunnen zij soms een redelijk alternatief vormen. De economische haalbaarheid van zonnepanelen hangt af van het jaarlijks elektriciteitsgebruik. Bij maximaal 10.000 kWh geldt het hoogste energietarief en verdienen zonnepanelen zich terug in 5 - 8 jaar. Tussen de 10.000 en 50.000 kWh/jaar is de terugverdientijd 10 - 14 jaar. Meer dan 50.000 kWh per jaar geeft het laagste elektriciteitstarief, en daardoor de hoogste terugverdientijd: 15 jaar of langer. Voor grootverbruikers zijn er echter subsidiemogelijkheden.

energiebesparing   
terugverdientijd  5 - 20 jaar

## Toepassingscondities

1. Plaatsing van zonnecellen en zonnecollectoren op monumenten is vergunningplichtig.
2. Het dakoppervlak moet grotendeels schaduwvrij zijn en tussen zuidoost en zuidwest zijn gericht. Bij platte daken is oost-westplaatsing met flauw-hellende panelen het meest efficiënt; de PV-installatie is dan mooi laag en nauwelijks zichtbaar.
3. Er is ruimte nodig voor plaatsing van een omvormer. Dat kan soms ook op het dak per zonnepaneel. De omvormer gaat circa 15 jaar mee.
4. De meterkast moet een vrije groep hebben of krijgen waarop de installatie wordt aangesloten.

Op de markt zijn ook gecombineerde (PV-T) panelen. Deze wekken zowel elektriciteit als warmte op. Deze panelen zijn interessant wanneer er ruimtegebrek is voor beide typen afzonderlijk.



Zonnecellen hoeven niet steeds op het gebouw zelf opgesteld te zijn; creatieve plaatsingsopties en uitvoeringen maken toepassing op bijvoorbeeld een plantenkas mogelijk



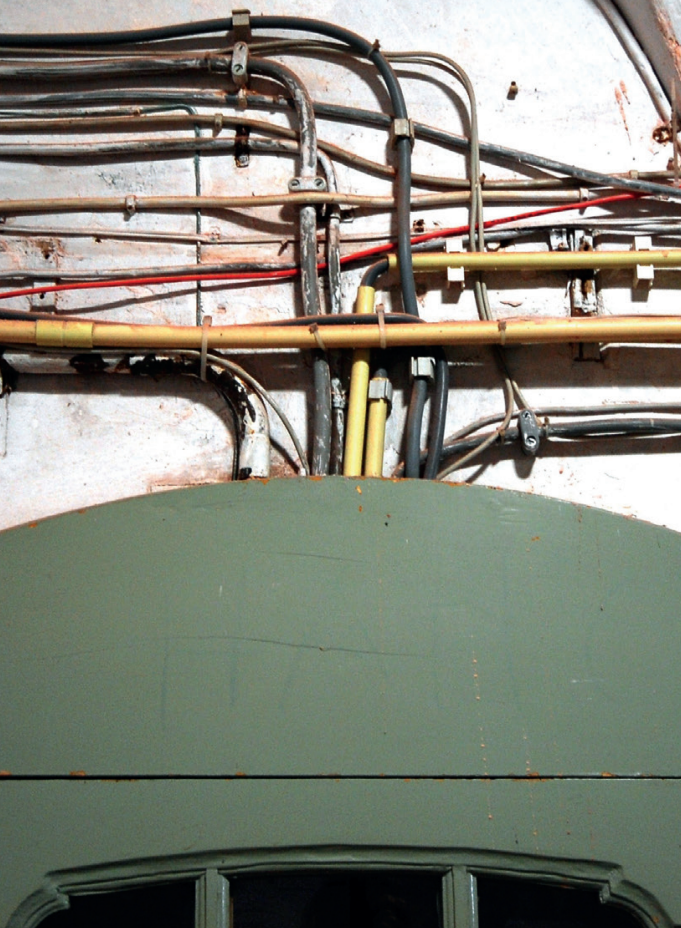




Vaak is er in de loop van de tijd in en aan een monument van alles veranderd. Dat gebeurde niet altijd even vakkundig. Of het monument bouwkundig en installatietechnisch voldoet aan eisen van functionaliteit en veiligheid wijst dan een integrale keuringsopname uit. Hierbij worden de kwaliteits- en veiligheidsaspecten beoordeeld. De belangrijkste elementen van zo'n toetsing zijn:

- *NEN 3140*. Toetst of de elektrische installatie voldoet. Vaak voorkomende en gevaarlijke gebreken zijn het blootliggen van spanningvoerende delen. Zijn die aanraakbaar, dan is er een veiligheidsrisico voor mensen. Meerdere blootliggende spanningvoerende delen kunnen kortsluiting en brand veroorzaken; dan is ook het monument in gevaar.
- *NEN 1078*. Stelt de eisen voor gasgestookte installaties. Vaak voorkomende afwijkingen zijn de afwezigheid van 'ploffvoorzieningen' in de stookruimte of het niet als zodanig herkenbaar zijn van gasleidingen.
- *Bouwbesluit*. De meeste monumenten zijn gebouwd op basis van natuurlijke ventilatie. Zeker wanneer er in de loop der jaren besparende maatregelen zijn uitgevoerd - zoals kierdichting en raamisolatie - is er kans dat de ventilatie onvoldoende is voor een gezond binnenklimaat. Onderzoek naar de luchtkwaliteit is dan aan te bevelen, inzet van CO<sub>2</sub>-sensoren eveneens.
- *Brandveiligheid*. Er kunnen niet-brandveilige situaties in het monument zijn ontstaan. Een specifieke inventarisatie kan aangeven hoe brandgevaarlijke situaties kunnen worden vermeden of opgelost en hoe voldoende voorzieningen zijn te treffen ter voorkoming van uitbreiding van brand.
- *Legionella*. Bij oudere warmtapwatersystemen zijn er vaak dode, of onvoldoende doorspoelde leidingen. Door dat circulatiegebrek in de warmwaterleidingen kan de temperatuur van het water tot een risicovol niveau dalen, waardoor legionellabacteriën zich vermenigvuldigen. Een gericht onderzoek levert inzicht in de risico's van het waterleidingnet in het gebouw. Niet alle risico's hoeven direct te worden verholpen. Maar bij een renovatie is het altijd aan te raden om misstanden op dit punt te kennen en weg te nemen.

Leidingsystemen in monumenten zijn vaak aandoenlijk oud. Zorg voor tijdige vervanging of alternatieve aanleg omwille van de veiligheid van bewoner en gebouw





## *Stichting ERM:*

# Samenwerken aan restauratiekwaliteit

ERM is opgericht om de kwaliteit van het restaureren van monumenten te bevorderen. Daartoe werken opdrachtgevers, overheden en bij het restaureren betrokken specialisten en bedrijven samen in deze stichting. Samen stellen zij kwaliteitsrichtlijnen op voor de uitvoering van een restauratie. Richtlijnen die alle betrokkenen houvast bieden. Die bijdragen aan efficiency, en dus tijd en geld besparen. En die het mogelijk maken om ons erfgoed te verzekeren van optimale zorg.

ERM staat voor *Restauratiekwaliteit* door:

- duidelijkheid en efficiency door normering;
- vakmanschap en ervaring;
- samenwerking tussen opdrachtgever, opdrachtnemer en overheid;
- uitwisselen van kennis en ervaringen, gericht op kwaliteitsbevordering.

ERM ontwikkelt en beheert deze richtlijnen en ziet toe op de onderlinge samenhang en inhoud. Alleen bedrijven en bureaus met een certificaat dat is afgegeven op basis van een richtlijn - die door het Centraal College van Deskundigen Restauratiekwaliteit van de ERM is goedgekeurd - mogen het logo Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg voeren.

*Voor meer informatie, de richtlijnen en een overzicht van erkende bedrijven: [www.stichtingERM.nl](http://www.stichtingERM.nl)*

Hoogwaardige instandhouding en  
verduurzaming in de uitvoeringsfase

