



Best Practice Technische isolatie

1. Inleiding

Deze beste practice geeft informatie over het isoleren (warmte en koude) van industriële- en gebouw gebonden installaties. Het isoleren van gebouwen is niet in deze best practice opgenomen.

Installaties die warmer zijn dan hun omgeving verliezen warmte; installaties die kouder zijn dan hun omgeving verliezen koude en warmen op. In beide gevallen is er sprake van warmtetransport van een hoge temperatuur naar een lage temperatuur. Warmtetransport vindt plaats door:

- Geleiding (warmtetransport door een materiaal);
- Convectorie (warmtetransport door luchtstroming langs een oppervlak);
- Straling (warmtetransport door straling van een warm oppervlak, zoals de zon).

Het verwarmen van een ruimte door een radiator gebeurt door een combinatie van alle drie vormen van warmtetransport. Het metaal van de radiator geleidt de warmte, waardoor de hele radiator warm wordt. Door de luchtstroming langs de radiator wordt de lucht opgewarmd. Vaak wordt deze convectieve warmteoverdracht vergroot door het aanbrengen van extra oppervlak tussen de panelen. Aan de voorzijde van de radiator is met name bij een hoge radiator temperatuur de warmteafgifte door straling merkbaar.

Bij een radiator is de warmteafgifte gewenst. Op plaatsen waar dit niet is gewenst, spreken we van warmteverlies dat kan worden beperkt door isolatie. Isolatie heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt, uitgedrukt met een Lambda-waarde in W/(mK). Door het warme oppervlak te isoleren (met een materiaal met een lage Lambda-waarde), verlaagt de oppervlaktetemperatuur, waardoor het warmteverlies door convectorie en straling afneemt.

Onnodig warmteverlies bij industriële- en gebouw gebonden installaties vindt plaats bij:

- ongeïsoleerde leidingen, appendages en apparatuur;
- beschadigde isolatie;
- warmtebruggen;
- te geringe isolatiedikte (zie ook economische isolatiedikte);
- te groot gedimensioneerde leidingdiameter (daardoor een te groot buitenoppervlak).

Ter illustratie: in de petrochemische industrie beslaat de post "isolatie" circa 3% van de totale projectkosten. In het onderhoudsbudget van dergelijke fabrieken kan die kostenpost oplopen tot 5 - 8%.

Er is een aantal aspecten bij isolatie waarmee rekening moet worden houden:

- keuze van de isolatiematerialen en hun afwerking;
- corrosie onder isolatie;
- isoleren en onderhoud ervan in bestaande en nieuwe situaties;
- energie besparing en de economische isolatiedikte;
- het brandgedrag.

Bovenstaande aspecten worden nader toegelicht in de hoofdstukken 3 tot en met 6.

2. Vuistregels

Enkele eenvoudige vuistregels om te beoordelen of de isolatie aandacht nodig heeft. Bijvoorbeeld:

- hoge oppervlaktetemperatuur van de isolatie;
- visuele inspectie: beschadigingen, inwateringen;
- terugverdientijd van isolatie is bijna altijd minder dan 5 jaar;
- rendement isolatie van leidingen ca. 50-70%;
- rendement isolatie van appendages ca. 70%;
- appendages; verlies gelijk aan 2 meter leiding;

Juli 2015



- flenzen; verlies gelijk aan 0,6 meter leiding.

3. Keuze van isolatiematerialen en hun afwerking

Onderstaand zijn de meest voorkomend isolatiematerialen kort beschreven:

- *Glaswol*. Glaswol is een silicaat dat gebruikt wordt als isolatiemateriaal. Het is een product dat vervaardigd wordt uit zand en gerecycleerd glas. Het is niet brandbaar en niet oplosbaar in water, en daardoor erg geschikt als isolatiemateriaal.
- *Steenwol*. Steenwol of rotswol is een isolatiemateriaal dat wordt vervaardigd uit diabaas of basalt. Bij 1400°C wordt de steenmassa gesmolten en wordt vervolgens met een zogenaamde spinner weggeslingerd
- *Cellulair glas* (foamglas). Dit wordt vervaardigd van glaspoeder van chemisch zuiver borosilicatenglas, vermengd met koolstof. Het product is ondoordringbaar voor water en waterdamp en bezit een grote drukvastheid.
- *Aluminiumsilicaat*. Aluminiumsilicaat wordt gemaakt door zuiver aluminiumoxide en siliciumdioxide in een elektrische oven te smelten bij 2000°C. Toepassing met name voor het isoleren van afgasschoorstenen.
- *Calciumsilicaat*. Calciumsilicaat is een chemische verbinding van calcium en silicium. Toepassing bij hoge temperaturen; zoals bij ovens.
- *Vermiculite*. Vermiculite is een gezuiverd erts; wordt voornamelijk toegepast bij hogere temperaturen voor stoomketels en brandbescherming van staalconstructies.
- *Polyurethaan (PUR)*. Polyurethaan is een kunststof die wordt gevormd door een chemische reactie tussen een polyol- en een polyisocyanaat.
- *Polyisocyanuraat (PIR)*. Polyisocyanuraat is een gemodificeerd Polyurethaan met verbeterde temperatuurbestendigheid en brandwerende eigenschappen. Voor deze toepassing heeft het betere eigenschappen dan polyurethaan. PIR kan worden beschouwd als de tweede generatie PUR. Bij omgevingstemperatuur is de thermische geleidbaarheid gelijk aan 0,025 W/(m·K).
- *Resolhardschuim (PF)*. Resolhardschuim is een CFK- en HCFK-vrij isolatiemateriaal met als basisgrondstof bakeliet. Resolhardschuim is een brandveiliger en beter isolerend materiaal dan de traditionele isolatiematerialen. Het heeft een lambdawaarde (warmtegeleidingscoëfficiënt) van 0,021 W/m·K. Het resolhardschuim heeft een gesloten celstructuur en wordt tijdens het productieproces uiteindelijk tot schuim gevormd.
- *Geëxpandeerd polystyreen (EPS)*. Polystyreen wordt ook vaak als schuim geproduceerd door toevoeging van CO₂. Dit geëxpandeerd polystyreen is algemeen bekend als tempex of isomo. In de volksmond zegt men meestal piepschuim.
- *Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)*. Geëxtrudeerd polystyreen of XPS wordt net als EPS op veel plaatsen toegepast als isolatiemateriaal. Voordeel van XPS boven EPS is onder meer dat het een hogere toelaatbare druksterkte heeft en een gesloten celstructuur, waardoor het minder gevoelig is voor wateropname. De dichtheid van XPS bedraagt tussen 28 en 45 kg/m³ en de thermische geleidbaarheid bedraagt tussen de 0,029 en 0,038 W/m·K.
- *Elastomeren*. Elastomeren zijn polymeren met rubberachtige eigenschappen. Voorbeelden van elastomeren zijn: EPDM-rubber, Isopreenrubber (IR), Isopreen-butylrubber (IIR), Polyurethaan (PUR)

Afhankelijk van de bedrijfstemperaturen zal het meest geschikte isolatiemateriaal gekozen worden.



In onderstaande tabel is van een aantal isolatiematerialen de technische eigenschappen samengevat.

θ_{\max} = maximale gebruikstemperatuur [°C] θ_{\min} = minimale gebruikstemperatuur [°C] λ = warmtegeleidingscoëfficiënt bij 20 °C. [W/(m·K)] ρ = soortelijke massa [kg/m ³] μ = diffusieweerstandsgetal [-]							
materiaal	θ_{\min} [°C]	θ_{\max} [°C]	λ [W/(m·K)]	ρ [kg/m ³]	brand- klasse [-]	rook- getal [-]	μ [-]
glaswolschalen*	-	450	0,035	50	1	< 1	1
glaswoldeken * (apparaten)	-	500	0,034	55	1	< 1	1
glaswoldeken (kanalen)	-	125	0,038	16	2	< 1	1
glaswolplaat *	-	150	0,036	16	1	< 1	1
steenwolschalen (C.V.) *	-	250	0,034	100	1	< 1	1,5
steenwolschalen (industrieel)*	-	600	0,036	120	1	< 1	1,5
steenwolgaasdeken *	-	750	0,039	80	1-2	< 1	1,5
steenwollamellendekken	-	250	0,037	40	2-3	< 1	1,5
steenwolplaat*	-	250	0,037	33	1	< 1	1,5
brandplaat *	-	750	0,035	120	1	< 1	1,5
glasschuimschalen	-260	430	0,05	130	1	< 1	70000
PUR-schalen	-150	120	0,025	35/120	2-5	>200	50
PIR-schalen	-200	140	0,025	32/36	1-4	>100	50
polyethyleen (geëxtrudeerd)							
- slangen	- 45	105	0,04	30	4-5	38	7500
- platen	- 80	100	0,04	30	4-5	38	7500
synthetisch rubber							
- slangen	- 75	105	0,037	90	2-5	25	2500
- platen	- 75	85	0,039	110	2-5	25	2500
kurk, geëxpandeerd	-250	120	0,035	ca. 120	4-5	>100	15
vermiculite (niet gebonden)	-	1000	0,034	ca. 300	1	-	-
calciumsilicaat	-	800	0,066	190/220	-	-	-
aluminiumsilicaat (bij 315 °C)	-	1250	0,07	65/120	-	-	-

*) zonder afwerklaag

Tabel 1: Technische gegevens van diverse isolatiematerialen. Bron: [3].

Voor het isoleren van appendages zijn er 3 systemen.

1. *Geprefabriceerde PU en EPP isolatie.* Er zijn geprefabriceerde en demonteerbare schalen voor bepaalde type afsluiters. De schalen zijn o.a. gemaakt van PUR (Polyurethaan) en EPP (Expanded Poly Propylene). Gezien de maximale temperatuurbestendigheid is dit systeem alleen geschikt voor CV en warm tapwater. Een nieuwe CV-verdeler bestaat over het algemeen uit diverse CV-groepen (kringen). Deze kringen zijn gevormd door verschillende type afsluiters, driewegkleppen, drukregelventielen, terugslagkleppen en pompen, met vervolgens ook nog onderling verschillende DN maten. Afhankelijk van de ruimte worden de lastige leidinggedeelten, welke dicht bij een afsluiter of appendages zitten wel, niet of slechts gedeeltelijk geïsoleerd met standaard leiding isolatie. Vaak is er geen geïsoleerde schuimkap voor driewegkleppen, vlinderkleppen en pompen beschikbaar. Als er wel afsluiters in de CV-verdeler worden gebruikt waarvoor een isolatiekap beschikbaar is, moet de aanwezige leidingisolatie perfect aansluiten op deze isolatiekap. Voordeel van het toepassen van geprefabriceerde schalen is de snelle en eenvoudige montage. Nadeel is dat deze schalen niet voor alle afsluiters en appendages beschikbaar zijn.



2. *Aluminium plaatkappen.* Deze isolatievorm heeft het voordeel ten opzichte van de PUR kappen dat een aluminium plaatkap maatwerk is. Meestal wordt gebruik gemaakt van eierkistsluitingen om een en ander demontabel te maken. Enkele beperkingen kunnen zijn:
 - Warmtegeleiding door contactwarmte met leiding of steunen..
 - Onvoldoende aandacht voor de isolatie waarmee de aluminium plaatkap gevuld moet worden.
 - Lastig te demonteren, als er gebruik is gemaakt van popnagels en parkers tijdens de montage en dan ook lastig te herplaatsen..
3. *Isolatiematrassen.* Ten behoeve van operatie of onderhoud is het soms nodig dat regelmatig de isolatie van bepaalde onderdelen verwijderd moet worden. Dit kan worden uitgevoerd in wegneembare kappen om bijvoorbeeld afsluiters en flenzen. Maar voor bepaalde delen, zoals turbines, pompen, mangatdeksels, instrumentatie etc. kan overwogen worden om isolatiematrassen toe te passen. Het voordeel hiervan is dat matrassen volledig op maat gemaakt worden waarbij de matras de vorm van het object zo dicht mogelijk benadert en daarmee een optimale isolatie geeft die frequent en gemakkelijk hergebruikt kan worden..



*Figuur 1: geprefabriceerde
isolatieschalen.
Bron: Thermatras.*



*Figuur 2: isolatiematrassen.
Bron: Fw-products.*



*Figuur 3: aluminium beplating.
Bron: Thermatras.*

Pas bij buitentoepassingen isolatiematerialen toe met een afwerking die Ozon-, UV- en weerbestendig is.

4. Aandachtspunten bij bestaande geïsoleerde installaties (onderhoud en inspectie)

Corrosie onder de isolatie kan ontstaan door het transport van waterdamp (bij koude-isolatie) of door het indringen van vocht door bijvoorbeeld regenwater. 1% vocht kan al zorgen voor een halvering van de isolatiewaarde. Corrosie onder isolatie, afgekort CUI (Corrosion Under Insulation) is bij de meeste bedrijven de grootste kostenpost in het onderhoudsbudget. Zelfs bij roestvast stalen leidingen kan door vochtinwerking stresscorrosie optreden. Daarom is het noodzakelijk dat het isolatiesysteem droog blijft en de onderliggende leidingen en apparaten geconserveerd zijn. Zie ook hoofdstuk 5.

Probleem

Indien water kan binnendringen in de isolatie kunnen geïsoleerde apparaten en leidingen in het temperatuur gebied tussen -5°C en 150°C worden aangetast door CUI. Zuurstof opgelost in het water veroorzaakt de corrosie bij koolstofstaal. De aanwezigheid van chloriden en zwavel verbindingen in de isolatie versnelt de aantasting. Kort bij zee kan regenwater meer chloriden bevatten hetgeen hogere CUI corrosie snelheden geeft. In het temperatuurbereik tussen 70°C en 120°C kunnen CUI corrosie snelheden tot 1 mm per jaar optreden. Gemiddelde CUI corrosiesnelheden van 0,5 mm per jaar worden gerapporteerd in Nederland.



Bij temperaturen boven 150°C wordt zelden CUI gevonden, omdat bij deze hoge temperatuur de isolatie aan het staal oppervlak droog blijft. De meest kritische toepassingen voor CUI zijn voor koolstofstaal bedrijfsvoeringen waarbij organische verfsystemen beschadigd worden en bedrijfsvoeringen waarbij de temperatuur beneden het dauwpunt, tussen -5°C en 30°C ligt. Dit wordt "sweating service" genoemd.

Onderhoudskosten

De kosten door corrosie bedragen in Nederland ca. 4% van het BNP, of te wel 17,5 Miljard Euro. Hiervan had 30% voorkomen kunnen worden door simpele maatregelen en kennis van zaken. De Nederlandse Proces Industrie (NPI) rapporteert dat CUI een grote onderhoudskostenpost is en een groot aantal lekkages veroorzaakt. In alle stadia moet aandacht worden besteed aan het voorkomen van CUI: ontwerp, installatie, onderhoud en inspectie; zie NACE RP 0198-2004. Toestel en leiding details, zoals stempelen en ondersteuning moeten dusdanig ontworpen worden dat voorkomen wordt dat water kan binnendringen in de isolatie, ook als de isolatie ouder wordt.

Verfsystemen

Historisch zijn verfsystemen gebruikt om CUI te reduceren. Verfsystemen verouderen echter en na 5-15 jaar is de beschermende werking verdwenen en wordt het onbeschermd staal door CUI aangetast. Montagelassen die met kwalitatief minder goede oppervlakte voorbehandelingen en verfsystemen bijgewerkt worden kunnen reeds CUI vertonen na 4 jaar.

Niet - organische zink (IOZ) primers worden nog steeds door fabrikanten gebruikt voor CUI bescherming. IOZ is niet geschikt boven 60°C, omdat IOZ boven deze temperatuur kathodisch wordt t.o.v koolstofstaal en versnelde, lokale aantasting van koolstofstaal geeft.

Organische verfsystemen voor CUI preventie dienen geschikt te zijn voor toepassing met continue onderdompeling. Het meest geadviseerde organische verfsysteem voor koolstofstaal in het temperatuur gebied van -20°C tot 150°C is een 2 laag 150 µm epoxy-phenolic verfsysteem. Dit is een kostbaar verfsysteem dat ook een goede oppervlakte voorbehandeling vereist.

CUI inspectie strategie

Omdat organische verfsystemen slechts een beperkte levensduur van 5 tot 15 jaar hebben, dient een isolatie systeem minimaal na 10 jaar geïnspecteerd te worden voor CUI. Risk Based Inspection (RBI) werkprocessen kunnen worden gebruikt om de prioriteit van de inspecties te bepalen op basis van de risico indeling. Goede CUI inspecties zijn zeer kostbaar, vele malen duurder dan de kosten voor het originele isolatie systeem. Het is niet ongebruikelijk dat 50% van de CUI lekkages gemist worden bij een slecht uitgevoerde CUI inspecties na 10 jaar operatie.

Voor installaties die gebouwd zijn conform specificaties die CUI preventie onderkennen, b.v. CINI (Commissie Isolatie Nederlandse Industrie) met een meer lagen epoxy-phenolic verfsysteem kan met een 10% isolatie verwijdering en visuele inspectie volstaan worden om een eerste indruk te krijgen. Helaas rapporteren de meeste NPI leden dat volledige verwijdering van de isolatie de enigste betrouwbare CUI inspectie strategie is. Dit is zeer kostbaar, waardoor er wordt gestreefd naar inspectie- en onderhoudsvrije isolatie systemen.

Inspectie en onderhoud

Leidingen en apparaten met een temperatuur hoger dan de omgevingstemperatuur, verliezen energie. Door het aanbrengen van isolatie is dat energieverlies op een economische wijze te beperken. Het is dus aan te raden om regelmatig te controleren of ergens in de loop van de tijd de kwaliteit van de isolatie achteruit is gegaan, of waar ongemerkt energieverliezen optreden. Warmteverliezen zijn in de praktijk te detecteren door:

- controleren of de afwerking van de isolatie onbeschadigd is;
- met de hand voelen of de isolatiebeplating warmer is dan normaal: dit wijst meestal op water of vocht in de isolatie;
- infrarood foto's, waarop door kleurverschillen abnormale situaties zichtbaar worden. Het maken van deze foto's en de interpretatie daarvan is specialistenwerk.
- bij koude-isolatie te letten op condensatie- of aanvriespunten.



Controleer vocht in isolatie:

- 1% vochtaccumulatie kan leiden tot halvering van de isolatiewaarde!
- isolatiewaarde: 0,02 – 0,05 W/mK (bij 20°C);
- warmtegeleidingscoëfficiënt van water: 0,55 W/mK;
- vocht kan leiden tot corrosie onder isolatie vaak grootste kostenpost van het onderhoudsbudget voor isolatie.

Isolatiematerialen zijn zachte of kwetsbare materialen en worden afgewerkt met eveneens relatief kwetsbare materialen. Daarom is regelmatig inspectie en onderhoud nodig.

Er mag niet worden gelopen op de isolatie. Als door een mechanische beschadiging water kan binnen dringen in een warmte-isolatiesysteem neemt het energieverlies ongemerkt toe. Onderhoud aan warmte-isolatie kan worden uitgevoerd tijdens bedrijf, soms met aangepaste voorzieningen, tenzij de bedrijfstemperatuur te hoog is. Inspectie aan HD-stoomleidingen kan alleen maar worden uitgevoerd als de leiding buiten bedrijf is.

Onderhoud aan koude-isolatie kan alleen maar tijdens stops (uitgebruikname) correct uitgevoerd worden. Wel kunnen tijdens bedrijf inspecties worden uitgevoerd aan de primaire dampremmende laag en eventuele beschadigingen kunnen direct worden hersteld.

Bij het vaststellen van beschadigingen aan isolatiesystemen tijdens inspecties moet tevens de vraag worden gesteld wat de oorzaak van de beschadiging is. Op basis van die bevindingen moeten reparaties en/of verbeteringen worden uitgevoerd. Isolatieafwerking weer herstellen in de vorm zoals het was, is op lange termijn zinloos.

De kwaliteit van ontwerp en montage van isolatiesystemen is vastgelegd in het CINI Handboek en in de ISSO-64 publicatie. Daarmee is een norm aangegeven voor de diverse onderdelen van isolatiesystemen, die dient als leidraad voor zowel opdrachtgever, uitvoerende en inspecterende partijen.

Geen brandweeroefeningen houden op geïsoleerde tanks, vaten of leidingen

Inventariseer uw verliezen. Aanbevolen wordt om een inventarisatie te maken van de manco's in uw isolatie systemen. Op systematische wijze krijgt u snel inzicht in de warmteverliezen van diverse installatieonderdelen (bijv. afsluiters, pijpen en flenzen) en de extra energiekosten. Op eenvoudige wijze zijn terugverdientijden van herstellende (optimale) isolatie te berekenen.

5. Aandachtspunt bij nieuw aan te brengen isolaties (ontwerp, conserveren, isoleren)

Om bij een installatie een zo optimaal mogelijk energiegebruik te creëren en tevens de totale kosten te minimaliseren is meer aandacht voor technische isolatie nodig. Hiervoor dienen de disciplines vanaf ontwerp tot en met onderhoud geïntegreerd benaderd te worden. De vereiste *kwaliteit* van ontwerp en montage van isolatiesystemen is vastgelegd in het CINI Handboek 'Isolatie voor de industrie' en in de ISSO-64 publicatie 'Kwaliteitseisen isoleren'.

5.1 Ontwerp

De belangrijkste eigenschappen waarop thermische isolatiematerialen worden beoordeeld zijn:

- de warmtegeleidingscoëfficiënt λ in W/(m.K);
- de soortelijke massa in kg/m³;
- de toelaatbare temperatuur in °C;
- het waterdampdiffusieweerstandsgetal;
- het brandgedrag.

Er zijn twee belangrijke natuurkundige effecten bij isolatie:

1. vereffening van temperatuurverschillen. Is het object warmer dan de omgeving, dan is de richting van de warmtestroom van het te isoleren object af en wordt warmte-isolatie toegepast. Is



daarentegen de richting van de warmtestroom naar het object toe, dus is het object kouder dan de omgeving, dan wordt koude-isolatie toegepast.

2. met de warmtestroom treedt ook transport van waterdamp op.

Er is een essentieel verschil tussen warmte- en koude-isolatie. Bij koude-isolatie moet zowel het binnendringen van de warmtestroom als de waterdamp gekeerd worden en daarom moet de buitenlaag van koude-isolatie dampdicht zijn. Bij warmte-isolatie is deze noodzaak niet aanwezig; daar moet de isolatie alleen beschermd worden tegen het binnendringen van (regen)water.

Voor het ontwerp van een isolatiesysteem spelen de factoren: vocht, (omgevings) temperatuur en materiaalkeuzes een belangrijke rol. Vocht onder isolatie verkort de levensduur, verslechtert de isolatiewaarde en veroorzaakt corrosie en moet dus worden voorkomen. Maar ook factoren als leidingsteunen, doorvoeringen in beplating en het staan op isolatie zijn ontwerpaspecten. Inspectie en detectie naar CUI kan onderverdeeld worden in:

- indirecte methodes als *guided wave*, thermografie, en in
- directie visuele inspecties.

Visuele inspecties zijn duurder, denk maar aan het bouwen van noodzakelijke steigers. Maar bij gebrek aan historisch opgebouwde kennis en ervaring zijn de indirecte methodes voor veel bedrijven nog te onbetrouwbaar. Daarbij komt, dat niet alleen de kwaliteit van de coating maar ook de isolatie gecontroleerd moet worden.

In het ontwerpstadium dient rekening te worden gehouden met het toepassen van isolatie en de daarvoor benodigde ruimte. Uitgaande van de stelregel dat de minimale vrije ruimte om een geïsoleerde leiding 50-75 mm is, dient met een voorlopig ontwerp de breedte van bijvoorbeeld pijpenbruggen te worden bepaald.

Normering isolatie en brandveiligheid

Het brandgedrag waaraan isolatiematerialen moeten voldoen is vastgelegd in de EN 13501. Deze norm is vergelijkbaar met de Duitse norm DIN 4102.

Informatie over brandveiligheid en "brandveilige doorvoeringen" is te vinden in NEN-EN 1366 en Bouwbesluit 2012. Sinds 2013 zijn alle technische isolatieproducten CE-gemarkeerd (zowel AC/CV als industrie) de norm EN14303. Met deze norm laat de leverancier zien dat de producteigenschappen zijn gemeten volgens alle up-to-date normen, met recente metingen

Niet lopen op de isolatie!

Isolatie wordt nooit geplaatst om op te lopen en dit dient ook in de dagelijkse gang van zaken op een bedrijf voor een ieder duidelijk te zijn. Er kan enorme schade worden aangericht door (vaak onbewust) de isolatie kapot te lopen. Op 'oversteekplaatsen' in pijpentracés kan een bordes worden geplaatst of de zachte isolatie vervangen door harde/vormvaste isolatie met aan de bovenzijde een vormvaste afwerkplaat.

Monteer railingen op tankdaken op de juiste wijze!

Handrailingen op geïsoleerde tankdaken dienen niet op de dakrand te worden gemonteerd met kans op inwateren. Zij behoren aan de zijkant van de regenrand te worden aangebracht

Persoonlijke bescherming!

Uit onderhoudsoogpunt is het beter om isolatie voor persoonlijke bescherming zoveel mogelijk te vermijden. Beter is het om fysieke barrières te plaatsen in de vorm van geperforeerde plaat of een handrailing, waardoor corrosie onder isolatie niet kan optreden en de leiding of het onderdeel altijd toegankelijk is voor inspectie. Uiteraard is dit afhankelijk van met name de temperatuur.

Breng drainagegaten aan!

Op het laagste punt van warmte-isolatiesystemen moeten één of meer drainagegaten worden aangebracht, zodat binnengedrongen water niet accumuleert, bijvoorbeeld in afsluiterboxen, de onderste bocht van een standleiding. Ook koude-isolatiesystemen dienen deze drainagegaten te



hebben om eventueel condensatievocht aan de binnenkant van de ommanteling te kunnen laten weglopen. Let op dat hierbij de dampbarrière niet wordt doorbroken.

5.2 Conserveren (zie ook hoofdstuk 4)

Het is belangrijk dat de te isoleren oppervlakken volledig geconserveerd worden. Hierdoor wordt voor de meeste systemen het inspectie-interval vergroot, waardoor het plaatselijk of geheel verwijderen van isolatie uitgesteld kan worden. Conservering kan bestaan uit verfsystemen maar ook uit gespoten metaalapplicaties, galvaniseren of het inpakken van (rvs)leidingen met aluminiumfolie. Corrosie onder isolatie blijft een fenomeen waar goed aandacht aan besteed dient te worden. Zelfs bij roestvast stalen leidingen kan door vochtinwerking stresscorrosie optreden. Ook daarom is het noodzakelijk dat het isolatiesysteem droog blijft en de onderliggende leidingen en of apparaten gedegen geconserveerd zijn. Het CINI handboek voorziet in een apart hoofdstuk over deze materie waarbij zowel voor nieuwbouw als in onderhoudssituaties en voor koolstofstalen en roestvaststalen leidingen, systemen voorgeschreven worden in diverse temperatuur bereiken.

Thermisch gespoten aluminium voor koolstofstaal

Voor meer dan 15 jaar bescherming van koolstofstaal onder isolatie is een laag van 250 micrometer thermisch gespoten aluminium (TSA) de eerste keus. TSA is het enige systeem dat 30 jaar bescherming onder isolatie geeft in een temperatuur gebied van -100 °C tot 540 °C. Daarnaast is een klein defect in de TSA deklaag geen probleem omdat de kathodische werking van aluminium het staal ook onder het defect beschermt tegen corrosie. Voor vragen over de applicatie en toepassing van TSA zijn de Nederlandse Vereniging voor Thermische Spuittechnieken (VTS) en het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL) goede aanspreek punten.

Aluminiumfolie voor roestvaststaal

Organische verfsystemen zijn onvoldoende betrouwbaar voor langdurige bescherming. Vaak wordt gebruik gemaakt van aluminiumfolie ter bescherming van roestvaststaal. De aluminiumfolie wordt gewikkeld om het roestvaststalen toestel of leidingdeel. De elektrische koppeling aan het roestvaststaal geeft kathodische bescherming van het staal. Daarnaast, mits goed aangebracht voorkomt de aluminiumfolie ook inwatering tussen de aluminiumfolie en roestvaststaal. Aluminiumfolie geeft geen bescherming aan koolstofstaal. Indien roestvaststaal continue nat is (sweating service) is aluminiumfolie niet de eerste keus en is TSA beter om het onderdeel te beschermen tegen CUI.

5.3 Isolatie aanbrengen

Kies het correcte type isolatiemateriaal!

Niet vochtabsorberend (zie ook hoofdstuk 3) isolatiemateriaal gebruiken in flensboxen bij kans op lekkende flenzen.

Gebruik prefab bochten en schalen!

Gebruik van prefab-bochten en schalen op leidingen geeft een robuuster isolatiesysteem waardoor het systeem langer in goede conditie blijft.

Het aanbrengen van isolatie moet vakkundig worden uitgevoerd. Er mogen geen open naden zijn tussen de isolatieschalen of -dekens en het isolatiemateriaal moet zodanig worden bevestigd dat het na verloop van tijd niet wegzakt. Ogenscheinlijk voor de hand liggende regels, maar in de praktijk moet hier nog steeds aandacht aan worden besteed tijdens de montage en voordat de afwerklaag wordt aangebracht. Het aanbrengen van de juiste afwerking op de juiste wijze vereist eveneens het nodige vakmanschap om tot een waterdicht resultaat te komen.

Ondersteuning van leidingen en van het plaatwerk dat de isolatie beschermt zijn nog steeds een bron van energieverlies. Bij warme leidingen steekt een stalen voet door de isolatie en deze rust op de ondersteunings-constructie. Veel warmte gaat ongezien verloren.



Bij koude-isolatie springt de ondersteuning wat sneller in het oog, omdat daar condensatie of ijsvorming optreedt als een steunpunt niet goed is geïsoleerd.

Hoewel er voor beide gevallen prefab-ondersteuning in de handel verkrijgbaar zijn, is in de praktijk de toepassing nog beperkt. Het CINI handboek geeft details voor ondersteuning.

Ook bij isolatiesystemen op warme leidingen wordt aangeraden om de afwerkbeplating te voorzien van drainagegaten aan de onderzijde, zoals ook aangegeven voor koude-isolatie. Bij deze laatste wordt uiteraard de dampdichte laag in tact gelaten. Op deze manier kan water, dat via lekken in de beplating het systeem is binnengedrongen, afgevoerd worden.

Een ander alternatief is om onder bepaalde omstandigheden beplating op horizontale leidingen of vlakken te vervangen door andere producten. Ondanks alle voorzorgen en onderhoud is het een utopie te veronderstellen dat beplating te allen tijde waterdicht is. Proeven zijn gedaan om warme-isolatie af te werken met een mastiek laag zoals bij koude-isolatie of met rubber mastiek band of glasvezelversterkte polyesterlaminaten. Het blijkt dat deze materialen goed voldoen en op langere termijn de isolatie een goede bescherming geven. Hoewel de initiële investering hoger is, zijn de 'life time costs' van dergelijke systemen zeker concurrerend met de traditionele systemen.

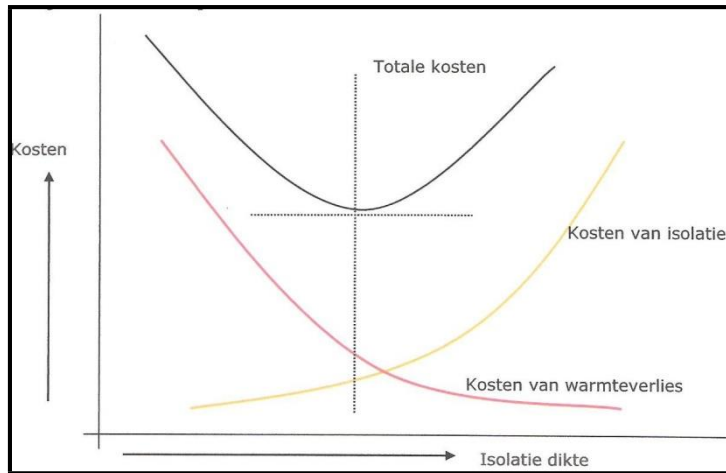
Koude-isolatie

Voor het aanbrengen van koude-isolatie is nog meer aandacht nodig. Het aanbrengen van de opeenvolgende lagen zonder open naden, maar vooral het installeren van de dampremmende lagen is van essentieel belang. Door de optredende onderdruk in het isolatiesysteem tijdens bedrijf, wordt door elke opening in de dampremmende laag waterdamp naar binnen gezogen. Bij systemen boven 0°C treedt accumulatie van vocht op met als gevolg energieverlies. Bij bedrijfstemperaturen onder 0°C treedt bevriezing op met als gevolg het kapot drukken van het isolatiesysteem. Slechte koude-isolatie van een leiding die een onderkoelde vloeistof transporteert, is de reden dat de vloeistof geheel of gedeeltelijk verdampt en zo transportproblemen veroorzaakt. Ook resulteert dit in een afname van de koudecapaciteit van het koelsysteem en zo in een energieverlies. Niet alleen vakmanschap, maar ook goede inspectie in het onderhoudsprogramma is hierbij noodzakelijk.

6. Energiebesparing en de economische isolatiedikte

Voor het bepalen van de optimale isolatiedikte zijn veel factoren van invloed.

Natuurlijk de energieprijzen en de kosten van de isolatie (zie Fig. 2), maar daarnaast ook de bedrijfstemperatuur en andere fysieke omstandigheden, het medium, de complexiteit van de te isoleren leidingen, aantal jaarlijkse bedrijfsuren, toekomstige onderhoudskosten, veiligheidsaspecten, etc. Daarnaast moet de ontwikkeling van de toekomstige energiekosten worden meegenomen. De kosten van een in later stadium aan te brengen extra isolatie zijn een veelvoud van de initiële isolatiekosten.



Figuur 4: Economische isolatie dikte, optimale balans tussen kosten en baten. Bron: [7].

Al deze overwegingen dienen te worden meegenomen in de beginfase van een project. Bij isoleren wordt overigens het verlies niet helemaal tot 0 teruggebracht. Bij leidingen mag er vanuit gegaan worden dat het verlies met 90 tot 95% wordt teruggebracht. Bij appendages ligt het rendement op 80 tot 85%.

Om het warmteverlies te berekenen, wordt onderstaande formule gehanteerd:

$$Q_v = (2 * \pi * \lambda * (T_h - T_{min})) / (\ln(D/d))$$

Q_v	warmteverlies (W/m)
λ	isolatiefactor (W/mK)
T_h	houdtemperatuur (°C)
T_{min}	minimale omgevingstemperatuur die optreden kan (°C)
\ln	natuurlijke logaritme
D	leiding-buitendiameter met isolatie (mm)
d	leiding-buitendiameter zonder isolatie (mm)



Ongekende terugverdiertijden!

Een niet geïsoleerde buitenleiding van 150mm met een temperatuur van 220°C verliest per jaar €1.200/m¹ aan energie en heeft een CO₂ uitstoot van 7.000kg per meter!, een binnenleiding verliest €450/m¹; Isoleren van deze leiding kost ca. €100/m¹.

Niet geïsoleerde afsluiters, filters of regelkleppen verliezen net zoveel energie als 2m leiding van gelijke diameter. Een afsluiter van 150mm, 220°C verliest buiten €2.400/jaar en binnen €900/jaar; Een afsluiter isoleren van een 150mm leiding kost ca. €200.

Een flensverbinding verliest evenveel energie als 0,6m leiding van gelijke diameter, een flens van 150mm, 220°C verliest buiten €695/jaar en heeft een uitstoot van 4.075 kg CO₂ per flens!. Een flens van een 150mm leiding isoleren kost €100

Ongeïsoleerde tanks, 60°C product, verliezen ca. €250/m²/jaar aan warmte-energie. Isoleren van deze tankwand is in minder dan een half jaar terugverdiend. Bovendien levert bijvoorbeeld bovenstaande tank met een diameter van 24m zonder isolatie een jaarlijkse CO₂ uitstoot op van ruim 67.000kg.

(uitgaande van 8.500 bedrijfsuren en een gasprijs van €0,30/m³)

Bron: [7].

Economische isolatiedikte

Bij een sterke stijging van de energieprijzen zal een groot deel van de isolatie van leidingen en apparaten. niet meer voldoen aan de kwalificatie van economische isolatiedikte. Bij een historische gasprijs van €0,13/m³ is de economische isolatiedikte zeker niet meer correct als de prijs stijgt naar €0,30/m³. Voorbeeld: Bij een stoomleiding DN100, met een stoomdruk van 7 bar en een stoomtemperatuur van 170°C, uitgaande van een bedrijfstijd van 8.500 uur per jaar, een isolatiedikte van 40mm en een gasprijs van €0,13/m³, kan worden berekend dat het energieverlies per strekkende meter €14,25 per jaar bedraagt. Als de gasprijs stijgt naar €0,30/m³ loopt dit verlies op naar €33,00 per strekkende meter per jaar. Bij enkele (tien)duizenden meters aan leiding levert dit dus een forse verliespost op indien de isolatiedikte niet wordt aangepast. Toch wel iets om over na te denken....

A	B	B1	C	D	E
Isolatiedikte	Warmteverlies	Energieverlies	Energiekosten	Isolatiekosten	Totale kosten
	W/m	GJ/jaar/m	€/m/jaar	€/m	€/m
50 mm	100	3,06	18,36	6,00	24,36
100 mm	73	2,23	13,38	10,00	23,38
200 mm	51	1,56	9,37	16,00	25,37
300 mm	43	1,31	7,86	25,00	32,86

Uitgangspunten: leidingdiameter: 100mm, Tp: 250°C, To: 10°C, Energiekosten: 6€/GJ, 8.500uur/jaar.

Tabel 2: voorbeeld berekening economische isolatiedikte, in dit rekenvoorbeeld 100 mm. Bron: [7].

Energiebesparing voor koelwaterleidingen							
Mediumtemperatuur 6°C. Omgevingstemperatuur 24°C, RH 70%, CO ₂ emissiefactor 0,68 kgCO ₂ /kWh, stroomkosten: 0,20€/kWh							
DN40 (48,3mm) per strekkende meter							
Isolatiedikte	mm	9,0	14,0	16,0	20,5	27,5	37,5
Stroombesparing per jaar (seizoen)	kWh/m		3,88	4,90	6,60	7,62	9,19
CO ₂ emissie reductie per jaar	kgCO ₂ /m		2,65	3,34	4,51	5,20	6,28
DN80 (88,9mm) per strekkende meter							
Isolatiedikte	mm	9,5	14,5	17,5	22,5	30,5	41,5
Stroombesparing per jaar (seizoen)	kWh/m		6,70	9,24	12,21	14,17	16,76
CO ₂ emissie reductie per jaar	kgCO ₂ /m		4,58	6,31	8,34	9,68	11,44

Tabel 3: Energiebesparing en emissiereductie bij koelwaterleidingen. De economische isolatiedikte ligt hier tussen de 20 en 30 mm. Bron: lit.[7].



Indicatieve berekeningen warmteverlies De VDI-Wärmeatlas is een veel geraadpleegd standaardwerk voor warmteverliesberekeningen. Deze hanteert als vuistregel dat, bij niet geïsoleerde leiding, het warmteverlies 50-70 % bedraagt (afhankelijk van de diameter). Het warmteverlies van een niet geïsoleerde afsluiter bedraagt 2 à 3 maal het verlies van een niet geïsoleerde flens. Dit komt overeen met het warmteverlies van 1,5 à 2 meter niet geïsoleerde leiding. Met isoleren kan het energieverlies flink worden teruggebracht. Bij isolatie van leidingen mag er vanuit worden gegaan dat het verlies ten opzichte van de ongeïsoleerde leiding met 90 tot 95 % wordt teruggebracht. Bij appendages ligt dit rendement op 80 tot 85 %. Lit.[3].

Terugverdientijd van isoleren van appendages in CV-installaties: 2-4 jaar

7. Referenties

Dit is een publicatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl).

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam "Leidraad voor energie-efficiency". In de reeks worden dertig verschillende bestaande praktische toepassingen beschreven van energiebeheer in chemische bedrijven. Deze publicatie, 'Best Practice Technische Isolatie' is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Isolatie, ee4.

De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE. Als onderdeel van de samenwerking met de VNCI is besloten het merendeel van deze Best Practices geactualiseerd opnieuw te publiceren. Deze Best Practice Technische Isolatie is geactualiseerd met medewerking van Industrial Energy Experts.

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam 'Leidraad voor energie-efficiency'. Als onderdeel van de samenwerking met VNCI heeft RVO.nl een actualisatie van een deel van de documenten uitgevoerd. Deze Best Practice is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Isolatie', ee4.

De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE en met medewerking van Industrial Energy Experts.

De meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven, instellingen en gemeenten. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) stimuleren met deze afspraken het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de meerjarenaafspraken.

7.1 Weblinks

[Isolatie video](https://www.youtube.com/watch?v=SoACZbx0-S4) <https://www.youtube.com/watch?v=SoACZbx0-S4>

Vanuit de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is er een video over isoleren in het bedrijfsleven geproduceerd waarin de kennis uit de Best Practice zichtbaar wordt.

[Isolatiescan](http://www.rvo.nl/file/praktijkvoorbeeld-isolatiescan-2mjap1103pdf) <http://www.rvo.nl/file/praktijkvoorbeeld-isolatiescan-2mjap1103pdf>

RVO.nl biedt een isolatiescan aan om het energieverlies door lekkage van warmte inzichtelijk te maken en aanbevelingen te doen voor verbetering. In deze scan wordt op een gecomprimeerde manier de conditie van de isolatie geïnspecteerd. Dit om zo een schatting te maken van de mogelijke energieverliezen en de corrosieproblematiek. Enkele bedrijven hebben hiermee inmiddels ervaring opgedaan, dit kunt u nalezen op de pagina praktijkverhalen.

[Isolatieberekening](http://rockassist.software.informer.com/) <http://rockassist.software.informer.com/>

Rockassist, berekening voor het bepalen van de economische isolatiedikte.

[CINI](https://www.cini.nl/nl/) <https://www.cini.nl/nl/>



Commissie Isolatie Nederlandse Industrie

[Isolatie Magazine](#)

<http://www.isoleren.nl/content.php?pageID=11>

[Bouwbesluit](#)

<http://www.onlinebouwbesluit.nl/>

7.2 Literatuur

- [1] "Het Ketelhuis. Productie en gebruik van stoom in de praktijk", N.D. Duinkerken, ISBN 90-9021090-3 (Pagina 193 ev.).
- [2] Energie Zakboek, Prof. Ir. P.H.H. Leijendeckers, 3^e druk, Elsevier.
- [3] Handboek installatietechniek. Deel 1. Stichting ISSO, januari 2002.
- [4] DIN 4140 (Insulation work on industrial installations and building equipment - Execution of thermal and cold insulations). Standard by Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), 04/01/2014.
- [5] ISSO-64 publicatie 'Kwaliteitseisen isoleren', ISBN: 978-90-5044-095-0, 1 maart-2002.
- [6] VDI-Wärmeatlas, ISBN: 978-3-540-25504-8.
- [7] Bestpractice Isolatie in de industrie en utiliteitsbouw, SenterNovem, 2007

7.3 Netwerken en belangenorganisaties

- CINI (Commissie Isolatie Nederlandse Industrie); CINI is eind jaren tachtig opgericht en sindsdien uitgegroeid tot hét standaardisatie-instituut op het gebied van thermische isolatie voor de (petro)chemie, procesindustrie, elektriciteits-branche etc. CINI handboek 'Isolatie voor de industrie'. Zie [de internationale standaard voor technische isolatie](#) .
- [NCTI](#) (Nederlands Centrum voor Technische Isolatie); het onafhankelijke kennis- en adviescentrum op isolatiegebied heeft als taken kennis uit te dragen en te adviseren in industriële isolatie en/of technische isolatie en tevens ook utiliteitsbouwisolatie.
- ISSO (Instituut voor studie en stimulering van onderzoek op het gebied van gebouwinstallaties); ISSO stelt zich ten doel om de installatietechniek in de bouwkolom te versterken, de eenduidigheid te bevorderen en via normatieve richtlijnen de kwaliteit van installaties inzichtelijk te maken. Zij zorgt voor de daarvoor benodigde kennisontwikkeling- en verzameling en het draagvlak voor de richtlijnen en het technische kader voor certificatiesystemen. In samenwerking met CINI is de "ISSO publicatie-64" (kwaliteitseisen isoleren) uitgegeven die als richtlijn dient voor utiliteitsisolatie. ISSO-publicatie 25 bestaat uit een tabellenboek waaruit is af te lezen wat de optimale of benodigde isolatiedikte is om condensatie te voorkomen. Daarnaast bevat de publicatie een handberekeningsmethode voor het bepalen van de economisch optimale isolatiedikte en van de isolatie die nodig is om condensatie te voorkomen. Beide methoden zijn voorzien van tabellen en grafieken met informatie over de in te voeren gegevens.
- De [Stichting OOI](#) is het Opleidings- en Ontwikkelingsfonds voor de Isolatiebranche dat voor werkgevers en werknemers in het thermische isolatiebedrijf alle vormen van vakgerichte scholing en opleidingen aanbiedt, organiseert en verzorgt.



Colofon

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E info@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2015
Publicatienummer: RVO-125/1501/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan RVO.nl geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.