

Meer duurzaamheid? Isoleer je schip!

Onze schepen duurzaam maken is lastig, stelt Peter Jansen in Bokkepoet 220. Het isoleren van zo'n grillig, stalen object is inderdaad een uitdaging. Zeker als je ook nog wat leefruimte en stahoogte over wilt houden. Toch is er veel mogelijk om aan boord stookkosten te verlagen, comfort te verhogen en CO₂-uitstoot te reduceren.

Warmteweerstand op de wal

Gelukkig hoeven onze schepen (nog) niet aan het Bouwbesluit te voldoen, maar een vergelijking met bouwnormen geeft wel inzicht in waar we staan op de schaal van duurzaamheid. Meer duurzaamheid begint met goede isolatie, want in de meeste huishoudens is de verwarming de grootste energieverbruiker. Niet voor niets zijn in 2015 de normen voor thermische isolatie aangescherpt. Bij een nieuwbouwhuis moet de vloer nu een Rc-waarde van minimaal 3,5 m²K/W (Kelvin/Watt) hebben, de gevel 4,5 en het dak 6. Rc staat voor het warmte-isolerend vermogen van een constructie. Het is de opgetelde warmteweerstand (R) van de gebruikte materialen, bij een spouwmuur bijvoorbeeld is dat kalkzandsteen, isolatie, luchtspouw en baksteen. Deze materialen geleiden warmte, de een meer dan de ander. Die eigenschap heet de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ). Hoe hoger de warmtegeleidingscoëfficiënt, hoe beter de warmte wordt geleid en dus hoe lager de isolatiewaarde. Weet je de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal en de dikte (d, in meters), dan kun je de warmteweerstand berekenen: $R = d/\lambda$.

De bouw heeft het maar makkelijk: in een standaard tabel zoek je op hoe dik je moet isoleren om de norm te halen. Bij een spouwmuur zorgen kalkzandsteen, luchtspouw en baksteen voor een



Veilig werken met minerale wol: bescherm huid, longen en ogen

warmteweerstand van 0,38 m²K/W. Hierbij past een isolatielaag van 150 millimeter steenwol, goed voor $0,150/0,035 = 4,29$ m²K/W. Met een totale Rc van 4,67 is de bouwnorm voor de gevel gehaald, maar wil je een energieneutraal passiefhuis dan moet je de isolatielaag nog minimaal verdubbelen.¹

Van steen naar staal

Hoe vertalen we dit naar onze schepen? Een stalen romp in plaats van een stenen muur is ongunstig voor de warmteweerstand, want de R-waarde van het staal is nagenoeg nul. Een betimmering van bijvoorbeeld 15 millimeter multiplex doet ook weinig: $0,015/0,165 = 0,09$ m²K/W. Om een Rc-waarde van 4,5 te behalen is er dus $4,41 \times 0,035 = 155$ millimeter steenwol nodig. Een dak conform bouwnormen vraagt zelfs om 170 millimeter. Tel je spanten en schetsplaten (knieën) mee, dan wordt de laag nog dikker.

Het contrast met de huidige situatie aan boord van veel schepen is groot. Peter verwijst in zijn stuk naar een studie over energiebesparingsopties op woonschepen door EnergyGO en Waterloft. De daarin onderzochte schepen zijn geïsoleerd met PUR, PIR, steenwol en piepschuim met een dikte van 10 tot 60 millimeter. Dat is schrik-

barend weinig. Het rapport adviseert om met minimaal 50 millimeter te isoleren, maar waarop ze deze waarde baseren melden de schrijvers niet.

Wat is haalbaar op onze schepen? Dat verschilt. Een achteronder bijvoorbeeld biedt niet veel plek voor isolatie, soms inderdaad maar 50 millimeter. Maar veel scheepsruimen zijn prima met 110 millimeter in de zij en 80 millimeter op de den te isoleren. Bij een stalen dek of kap is in het plafond vaak 110 millimeter of dikker mogelijk. Daarmee is de huidige bouwnorm niet gehaald, maar met gemiddeld 100 millimeter steenwol haal je een redelijke Rc-waarde van bijna 3. Dan smokkelen we wel een beetje, want de spanten hebben we buiten beschouwing gelaten. Uiteraard is ook deze 100 millimeter een arbitrair getal, meer is uiteraard beter.

Isolatiematerialen

Over isolatiematerialen vind je een schat aan informatie op het internet, zoek maar eens op 'eigenschappen isolatiematerialen'. Let wel, er gaat veel geld om in de isolatiesector en niet alle informatie is even betrouwbaar. Soms lopen feiten en meningen door elkaar en zit achter een ogenschijnlijk onafhankelijke website toch een fabrikant of leverancier. We proberen hieronder de voors en tegens van veelgebruikte isolatiematerialen zo goed mogelijk weer te geven.

Minerale wol

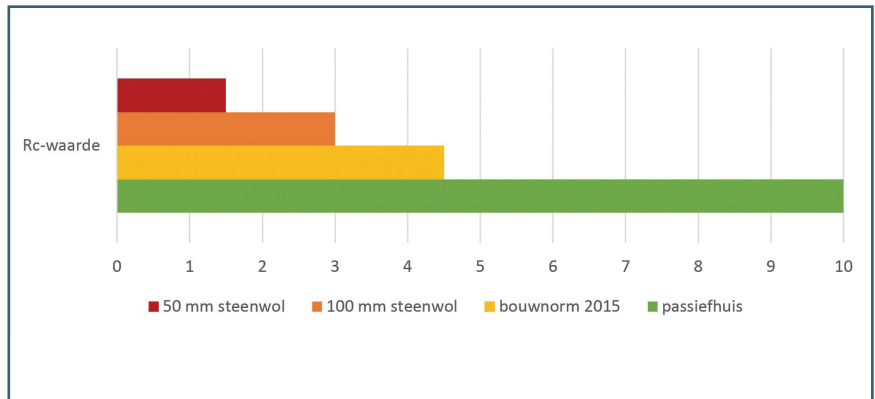
Veel scheepseigenaren kiezen voor glaswol of steenwol als isolatiemateriaal. Deze minerale producten zijn brandveilig en zijn goed tussen spanten en in ronde kimmen te verwerken. De isolatiewaarde is goed, hoewel andere materialen zoals PUR beter scoren. Steenwol verwerkt prettiger dan glaswol, omdat de vezels minder irriteren. Maar ook hierbij is bescherming van huid, longen en ogen tijdens het werk aan te raden. Steenwol is er in vele soorten en maten, met of zonder top-laag en in verschillende persingen en diktes. De hardere persingen in plaatvorm zijn het meest waterafstotend en blijven het beste zitten, dekens en zachte persingen kunnen uitzakken. Er bestaan prikkers om minerale wol op zijn plaats te houden.

PUR

Anderen laten hun schip 'purren'. Een gespecialiseerd bedrijf spuit een laag tweecomponenten polyurethaanschuim op de huid, waardoor een aaneengesloten, waterbestendige laag ontstaat. Omdat het alle kiertjes vult en PUR een lage warmtegeleidingscoëfficiënt heeft, is de isolatiewaarde hoog. Nadelen zijn er ook: huid en spanten moeten schoon en vetvrij zijn, de kosten zijn hoog en bij een verkeerde mengverhouding hardt de PUR niet goed uit en komen er giftige stoffen vrij. In theorie kun je lassen aan het schip: doordat PUR zich hecht aan het staal kan er geen zuurstof bij en ontstaat er geen brand. In de praktijk laat de PUR soms los, waardoor lassen wel degelijk brandgevaar oplevert. En als je het schuim ooit wilt verwijderen, sta je voor een hels karwei.

Isolatieplaten

Harde isolatieplaten zijn niet flexibel genoeg voor tussen de spanten en bij ronde vormen, maar wel geschikt als laag over de spanten heen of als vloerisolatie. Ze nemen geen vocht op en hebben een zeer lage λ -waarde. Een bekend materiaal is polystyreen ofwel piepschuim, in de handel EPS en XPS genoemd. Het is de goedkoopste optie, maar vanwege de brandbaarheid en het brandgedrag (snelle branduitbrei-



Op de schaal van duurzaamheid

ding, druipen en giftige rook) is gebruik ervan op schepen af te raden. Platen van PUR of het iets brandveiligere PIR zijn een betere keuze. Dan is er nog resolschuim: van alle isolatieplaten het meest brandveilig en minst milieubelastend. Wel duur en wat lastig te verwerken omdat de platen gemakkelijk indeuken en afbrokkelen.

Natuurlijke materialen

Natuurlijke isolatiematerialen zijn onder andere vlas, hennep en schapenwol. Ze nemen gemakkelijk vocht op en staan dit ook weer af, maar dat laatste lukt alleen met een stenen muur en niet met een stalen scheepshuid. Plantaardige materialen blijven dan vochtig, isoleren minder goed en gaan rotten. Natuurlijke isolatiematerialen zijn duur en niet altijd milieuvriendelijker dan synthetische. Ook de extreme brandbaarheid maakt ze minder geschikt voor toepassing op schepen.

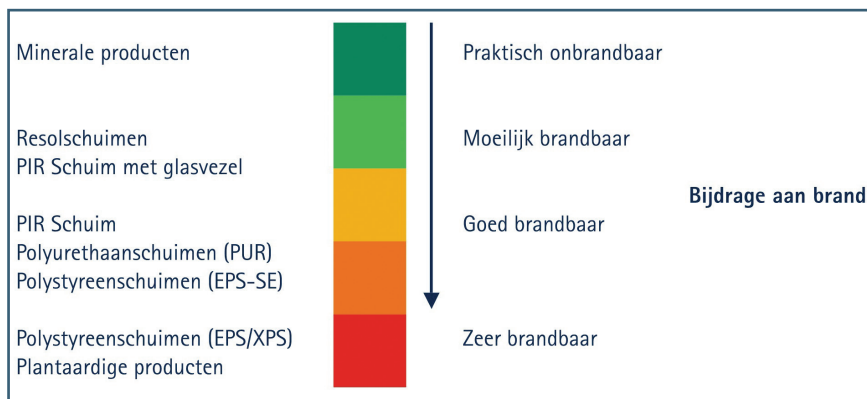
Reflecterende folies

Alle bovengenoemde materialen werken isolerend omdat ze de geleiding van warmte tegengaan. Maar warmteoverdracht vindt ook plaats via straling. De werking van reflecterende isolatiefolies berust op het tegenhouden van deze straling. Ze zijn verkrijgbaar van simpel luchtkussen met aluminium aan weerszijden tot multifolies met vele laagjes aluminium en wattering. Over de isolatiewaarde is veel discussie, de geclaimde λ -waarden blijken in de praktijk vaak niet realistisch. Een goede werking vraagt om een niet-geventileerde luchtpouw, in de bouw wordt 20 millimeter geadviseerd. Druk

je de folie plat dan wordt hij juist een uitstekende warmtegeleider. Vaak wordt een reflecterende folie gebruikt in combinatie met bijvoorbeeld steenwol, maar dan aan de binnenzijde en niet tegen de scheepshuid aan zoals in Peters artikel. Helaas branden isolatiefolies uitstekend.

Vocht is de vijand

Door ademen, zweten, koken en douchen produceer je woonvocht, vele liters per dag. Ventileren is dus belangrijk, zeker als je woont in een diffusiedichte cocon zoals een stalen schip. Isoleren en ventileren gaan hand in hand: beide moeten in orde zijn om condens te voorkomen. Bij onvoldoende isolatie condenseert vocht uit de warme woonlucht op of in de koude betimmering. Is de isolatie voldoende, dan blijft het vocht in de lucht en kan het worden afgevoerd door te ventileren. Condens is schadelijk: de betimmering neemt vocht op en gaat schimmelen. Vocht trekt bovendien in het isolatiemateriaal, condenseert op de scheepshuid en verzamelt zich op het vlak. Zo roest het schip ongemerkt van binnenuit weg. Ventileren is dus essentieel, maar helaas verlies je daarmee ook warmte. Mechanische ventilatie met een warmteterugwin-unit lost dat probleem op, maar zo'n installatie is groot en complex om aan te leggen. Ventileren alleen is niet genoeg, ook een dampdichte laag tussen isolatie en betimmering is noodzakelijk. Maar dan ook echt dicht, dus een dampdichte bouwfolie en niet een willekeurig stuk plastic. Alle naden moeten met een speciale tape worden dichtgeplakt. Door schroeven en nagels is de folie



Het brandgedrag van veelgebruikte isolatiematerialen

nooit honderd procent dicht, dus het isolatiemateriaal moet evengoed vochtbestendig zijn. Er bestaan ook speciale vochtregulerende folies die reageren op de relatieve luchtvochtigheid en daardoor dampdicht zijn in de winter en dampopen in de zomer. Geschikt, maar erg prijzig. Folies weren niet alleen vocht, ze voorkomen ook warmteverlies via convectie en hebben vaak een aluminium laag die warmte reflecteert. Brandveilig zijn ze niet, daarom moet er rond kachels afgetimmerd worden met brandwerend materiaal zoals gipsvezelplaat. Over de zin en onzin van een luchtspouw tussen romp en isolatie lopen de meningen uiteen. Voordeel van een spouw is dat eventueel vocht niet in de isolatie, maar op de romp condenseert. Daardoor blijft het isolatiemateriaal droog. Ventilatieer je bovendien de spouw, uiteraard met buitenlucht, dan kan het vocht ook weg. De ventilatie moet wel dicht of uit kunnen, want je wilt niet dat in het voorjaar het vocht uit de warme buitenlucht op de koude scheepshuid condenseert. Bezwaren tegen een geventileerde spouw zijn dat je gaten in je schip moet maken of mechanisch moet ventileren. Maar belangrijker: er lekt warmte weg. In sommige berekeningen leidt dit soort convectie zelfs tot halvering van de Rc-waarde. Een extra folie (dampopen!) tussen spouw en isolatie helpt, maar het blijft een warmtelek.

Tips en inkoppers

Zoals de afbeeldingen in Bokkepoot 220 mooi illustreren, is het belangrijk koudebruggen te vermijden. Dus niet

alleen tussen, maar ook over de spanten isoleren. En bakjes over de schetsplaten mee-isoleren, al is het maar met een spuitbus PUR. Ook de manier waarop de betimmering is bevestigd maakt uit. Grondhout evenwijdig aan en direct op de spanten vormt een koudebrug, net als doorstekende schroeven van betimmering naar staal. Patrijspoorten zijn beruchte warmtelekken. Een kunststof tussenblok in plaats van een laspoot met stalen flens is een mogelijke oplossing. Meer voor de hand liggende verbeterpunten zijn kieren dichtstoppen en de toegang tot de stuurhut afsluitbaar maken, zo voorkom je warmteverlies door convectie. Ook dubbel glas is een inkoopper, maar niet alle sponningen bieden daar ruimte voor. Dan is gelaagd glas of monumentenglas wellicht een optie, die isoleren minder goed dan dubbel glas maar alle beetjes helpen. Een lastige plek is de vloer. Deze isoleren is belangrijk, niet in de laatste plaats voor het comfort. Uiteraard moet het vlak bereikbaar blijven, dus dat vraagt om wat inventiviteit. Houten rachsels over de spanten met daartussen isolatieplaten van PIR of resol is een mogelijkheid, met erover een wegneembare afwerkvloer. Een andere optie is sandwichpanelen: grondhout, isolatie en afwerkvloer in één. Ook een houten luikenkap is een uitdaging. Toch is goed isoleren belangrijk, want via het dak verlies je de meeste warmte. Isoleren aan de buitenkant met een beloopbaar isolatiemateriaal is een optie, maar een dik pakket op de luiken ziet er niet zo fraai uit. Als de hoogte het toelaat, isoleer dan aan de binnenkant.

Bedenk dat bij houten luiken opgenomen vocht er wel uit moet kunnen, daarom is een volledig dampdichte laag aan de buitenkant (zoals EPDM in de 'Zo doe ik dat' in Bokkepoot 220) geen goed idee.

Warme voeten

De meeste woonschepen zijn slecht geïsoleerd. Dat zien wij in de praktijk en het onderzoek van EnergyGO en Waterloft bevestigt dit. Gelukkig neemt de bewustwording toe, gedreven door hoge stookkosten, zorgen om het milieu of vanuit de wens om comfortabel te wonen. Een paar warme sokken is fijn, maar met onvoldoende isolatie zit je binnen toch met koude voeten als het buiten vriest. En in de zomer blijkt je schip een effectieve oven te zijn. Een bestaande betimmering na-isoleren wordt lastig, maar bij het maken van een nieuwe betimmering is goed isoleren mogelijk en de moeite waard. Misschien lopen we wat achter bij de wal, maar een flinke stap zetten richting meer duurzaamheid aan boord van onze schepen, dat kan zeker.

De warmtegeleidingscoëfficiënt van verschillende materialen

Materiaal	λ (W/mK)
Staal	50
Kalkzandsteen	0,8 - 1,3
Multiplex	0,09 - 0,24
Steenwol en glaswol	0,032 - 0,040
PUR en PIR	0,023 - 0,026
Resol	0,021 - 0,028

NB:

Dit zijn algemene λ -waarden, per merk en type zijn er verschillen. De waarden gelden voor droge materialen, bij opname van vocht neemt λ toe en dus de isolatiewaarde af.

i

Dit is een versimpelde berekening van de Rc. Volgens norm NEN 1068 moet er gecorrigeerd worden voor convectie in de constructie en onnauwkeurigheden in materiaal en montage. Ook de thermische overgangswaarde naar de lucht binnen en naar de lucht, de grond of het water buiten wordt meegerekend. Meer informatie is te vinden op ekbouwadvies.nl; zoek op Rc-waarde.

Bronnen

onlinebouwbesluit.nl
joostdevree.nl
ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp
waterloft.nl
houhetwarm.nl
sbrurnet.nl
besparenvanenergie.nl
topteam.nl/uploads/preventie/Brandgedrag%20isolatiematerialen.pdf