

Maatschappelijke overwegingen bij het aanbrengen van PUR-isolatie aan de bovenzijde van ruwe vloeren

Definitief



Auteur(s): ir. J.P.Bovenlander

Opdrachtgever(s): geen

Dossier: 120513-PUR-nieuwbouw.doc

Muiden, maart / mei 2012

Correcties: 13 mei: verantwoording geschreven, en milieugegevens aangepast. Naam bekende leverancier van PUR-schuim componenten op verzoek verwijderd

Dit document is beschermd door Copyright © 2004-2012 GRID Consult.

Publicatie en citeren door commerciële partijen is alleen toegestaan na toestemming van de auteur.

Dit rapport en de bijlagen zijn te downloaden van www.grid-consult.nl/rapporten

Deze studie heeft tot doel te onderzoeken in hoeverre de veelvuldig in Vlaanderen op ruwe vloeren opgespoten polyurethaan(PUR)-isolatie optimaal een milieutechnisch en maatschappelijk doel dient. Deze studie is een vervolgstudie op de studie betreffende het in-situ spuiten van PUR schuim aan de onderzijde van vloeren, in de kruipruimte, bij bestaande bouw.
Mogelijke bezwaren tegen het in-situ aanbrengen van PUR schuim zijn hieronder aangeduid als 'claims'.

Inhoud:

1	Inleiding en aanleiding.....	3
2	Verantwoording	3
3	Claims:	4
3.1	De isolatiewaarde van PUR-Schuim is slecht gedefinieerd	4
3.2	Grondstof- en energieverbruik en milieubelasting over levenscyclus is ongunstig:	6
3.2.1	Internationale situatie.....	9
3.3	We zadelen toekomstige generaties op met een levensgroot afval probleem.	10
3.4	Verbranding levert levensgevaarlijke gassen op.	12
3.5	Tijdens het aanbrengen, en dagen daarna moet de woning ontruimd worden.	13
3.6	Overige claims	14
4	Een alternatief	15
5	Conclusie.....	16
6	Literatuur en Bronnenlijst:	17

Bijlagen (2): NIBE-PUR-Schuim Milieugegevens

“Prüfbericht” van het “Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.” te München

1 Inleiding en aanleiding

Vloerisolatie is nodig teneinde energie te besparen en het wooncomfort te verhogen. In Vlaanderen is deze maatregel noodzakelijk teneinde het wettelijk vereiste isolatiepeil te behalen.

Met betrekking tot het isoleren van vloeren in de nieuwbouw is het in-situ sprayen van polyurethaanschuim op de ruwe vloer een gebruikelijke methode. Daarover komt de afwerkvloer (chape), al dan niet voorzien van vloerverwarming.

Tijdens mijn werkzaamheden als energieprestatieadviseur werd ik geconfronteerd met argumenten die tegen deze methode pleiten. Tegenstanders van het aanbrengen van polyurethaanschuim gaan zelfs zover dat zij deze methode 'onmaatschappelijk' en 'milieuonvriendelijk' noemen. In Nederland, waar in de bestaande bouw deze methode wordt gebruikt voor het na-isoleren van de vloer in de kruipruimte, herkent de branche zelf zich echter geenszins in deze stelling. De energiemaatschappij NUON, die deze methode promoot, noemt haar zelfs 'milieuvriendelijk'. Reden om een aantal 'claims' die tegenstanders van het in-situ sprayen van polyurethaanschuim daartegen in stelling brengen nader te onderzoeken.

2 Verantwoording

De auteur dezes heeft, naar eer en geweten, gebruik gemaakt van alle openbare en hem beschikbaar gestelde informatie om dit rapport te schrijven. Voor dit volstrekt onafhankelijke rapport is géén opdracht gegeven, de auteur dezes heeft het opgesteld om de discussie over de maatschappelijke en milieutechnische implicaties van isolatiemethodes te voeden. De verschillende geraadpleegde bronnen zijn uiteraard met elkaar in verband gebracht, en de gegevens daaruit zijn doorgerekend. Daarmee berust dit rapport op een zogeheten 'meta-onderzoek'.

Het eerste conceptrapport is op 15 april 2011 besproken met vertegenwoordigers van de hardschuim-branche, namelijk de directeur van de NVPU (de Nederlandse Vereniging van Polyurethaan Hardschuim Fabrikanten), een tweetal vertegenwoordigers van een Belgische hard-schuim fabrikant (die later te kennen gaf onbekend te willen blijven), en de onderzoeksmanager van een Nederlandse leverancier van de grondstoffen voor de PUR-vloerspraysystemen (die ook, één jaar na dato, aangaf onbekend te willen blijven). Het gesprek vond plaats ten kantore van de laatst genoemde firma. Voor zover ter zake doende zijn de opmerkingen die door dit viertal gemaakt zijn verwerkt.

Dat wil geenszins zeggen dat beide firma's of de NVPU achter dit rapport zouden staan.

Integendeel, de NVPU laat ons weten dat heden "het NIBE (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie) meldt, in tegenstelling tot GRID Consult, dat PUR vanuit milieu hygiënisch oogpunt juist een goede keuze is. Alleen met het oog daarop zijn uw conclusies volstrekt onjuist."

De NVPU vergist zich. Want de door de NVPU bedoelde milieuclassificatie heeft betrekking op PUR-schuim platen, die geblazen zijn met Pentaan gas. Inderdaad is de milieuprestatie daarvan vergelijkbaar met die van andere plaatmaterialen, zoals Resolschuim en EPS-platen.

Dit rapport gaat daar helemaal niet over.

Dit rapport gaat over HFK-geblazen, met Isocyaan en Polyolen in-situ aangebracht PUR schuim. In de volgende hoofdstukken leest u wat de maatschappelijke consequenties daarvan zijn.

Na publicatie van het uiteindelijke rapport is daar van verschillende zijden inhoudelijk op gereageerd, en deze opmerkingen ("voortschrijdend inzicht") zijn weer verwerkt in een vervolg-rapport over de maatschappelijke en milieutechnische aspecten van in-situ gespoten PUR-schuim aan de onderzijde van vloeren.

Er is mij verzocht om dit rapport te betrekken op de in Vlaanderen gebruikelijke methode van vloerisolatie in de nieuwbouw, namelijk het in-situ aanbrengen van gespoten PUR-schuim aan de bovenzijde van de ruwe vloer. Het rapport, dat u nu voorligt, is het resultaat.

De onderzochte 'claims' zijn opgesomd in de inhoudsopgave, en worden in de volgende hoofdstukken behandeld. Daarnaast nemen wij de vrijheid – omdat daar veelvuldig naar werd geïnformeerd – een duurzamer alternatief voor te stellen voor het in-situ aanbrengen van PUR-schuim.

Er zijn ook aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek om kennishiaten te vullen die in het onderzoek van de claims naar voren zijn gekomen.

3 Claims:

3.1 De isolatiewaarde van PUR-Schuim is slecht gedefinieerd .

De isolatiewaarde van een isolatiemateriaal wordt uitgedrukt als de warmtegeleidingcoëfficiënt λ . Met betrekking tot de warmtegeleidingcoëfficiënt van PUR-schuim beschikken wij over tegenstrijdige informatie. De NVPU stelt echter dat er voldoende wetenschappelijke informatie is waaruit de uitstekende isolerende eigenschappen van PUR-isolatie blijken. Op ons verzoek deze aan ons kenbaar te maken is voldaan met een enkel "Prüfbericht" van het "Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V." te München en een KOMO-attest. Er werd, na ons verzoek, géén aanvullende informatie verstrekt.

Het "Prüfbericht" heeft betrekking op vers PUR-Schuim, met een λ (warmtegeleidingcoëfficiënt) van 0,021 W/mK. Deze waarde wordt tegengesproken in het KOMO-attest, dit gaat uit van een λ van 0,025 tot 0,027 W/mK, afhankelijk van de dikte van de aangebrachte laag. Om de verwarring compleet te maken, biedt het KOMO attest ook nog de mogelijkheid uit te gaan van de Norm waarde van 0,035 W/mK (norm NEN 1068 'Thermische isolatie van gebouwen').

In ieder geval is de waarde van 0,021 W/mK een zogenaamde initiële waarde, bij alle PUR producten loopt zij terug door diffusie van het blaasgas uit de cellen structuur. Dat blaasgas is immers verantwoordelijk voor de isolerende werking van PUR-isolatie. In het voor in-situ geblazen PUR-schuim zijn de cellen gevuld met HFK's, lucht en CO₂. De λ voor de verschillende blaasgassen bij standaardtemperatuur, dus dichtheid en druk, is (voor het stilstaande gas) :

- HCFK: 0,0101 tot 0,0107 (niet meer toegestaan)
- HFK: 0,0122
- Pentaan: 0,0150
- CO₂: 0,0163
- Lucht: 0,024

Het genoemde "Prüfbericht" met betrekking tot vers PUR-schuim geeft uitsluitend over de samenstelling van het in de cellen aanwezige gas:

- Lucht: 28%
- CO₂: 12%
- R 365mfc (blaasgas): 55%
- R 227ea (blaasgas): 5%
- (blaasgas totaal): 60%

Het gaat hier dus om vers PUR-schuim, met een λ van 0,021 W/mK.

Stilstaande lucht heeft een λ van 0,024 W/mK, het blaasgas de helft hiervan, 0,012 W/mK.

Daarmee is het duidelijk dat wanneer het blaasgas (gedeeltelijk) door lucht vervangen wordt, de λ zal toenemen, en daarmee de warmteweerstand afneemt. Het vervangen van blaasgas door lucht treedt op door diffusie door de celwand. CO₂ diffundeert aanzienlijk sneller naar buiten dan lucht naar binnen.

Daardoor kan krimp optreden, reden om het CO₂ gehalte te beperken. CO₂ ontstaat door de aanwezigheid van water, en is niet geheel te vermijden. Volgens een fabrikant van PUR-Schuim-spray componenten diffunderen HFK's niet naar buiten in de gebruiksfase, een rapport van het directoraat-generaal milieu van het Nederlands ministerie van VROM (maart 2010) spreekt dat tegen: het eerste jaar zou 5% van de HFK uit de cellen verdwijnen, de volgende jaren 1,2% per jaar. Deze cijfers gelden voor in-situ aangebracht PUR-schuim, en gaan uit van CFK als blaasmiddel, maar zullen voor HFK naar verwachting niet wezenlijk afwijken, aldus het rapport. Indien echter het vers aangebrachte PUR-schuim spoedig verpakt wordt in een luchtdichte bouwfolie, en er vervolgens een afwerklaag (chape) op aangebracht wordt, zal er weinig blaasgas uit de cellen verdwijnen. Maar dat blaasgas komt uiteindelijk wél in het milieu, daarover later meer.

Ten aanzien van het achteruitgaan van de λ van PUR is er een algemeen aanvaarde Europese norm gesteld. Als we uitgaan van een materiaaldikte van minder dan 80 mm (bij in situ gespoten PUR ten behoeve van vloerisolatie is 6 cm gebruikelijk) dan staat ontwerpnorm FprEN 14315 een achteruitgang van λ van ongeveer 0,006 toe voor pentaan of HFK geblazen PUR en 0,01 voor CO₂ geblazen PUR.

Deze waarde geldt voor 'open' materialen (dat wil zeggen niet bekleed, dus de situatie bij vers opgespoten PUR). De achteruitgang bij bekleed materiaal is aanzienlijk geringer. Indien beide zijden van het aangebrachte PUR-schuim diffusiedicht zijn (dus luchtdicht bekleed) wordt een normtoename van 0,0015 of 0,0025 gehanteerd, en 0,006 voor CO2 geblazen materialen.

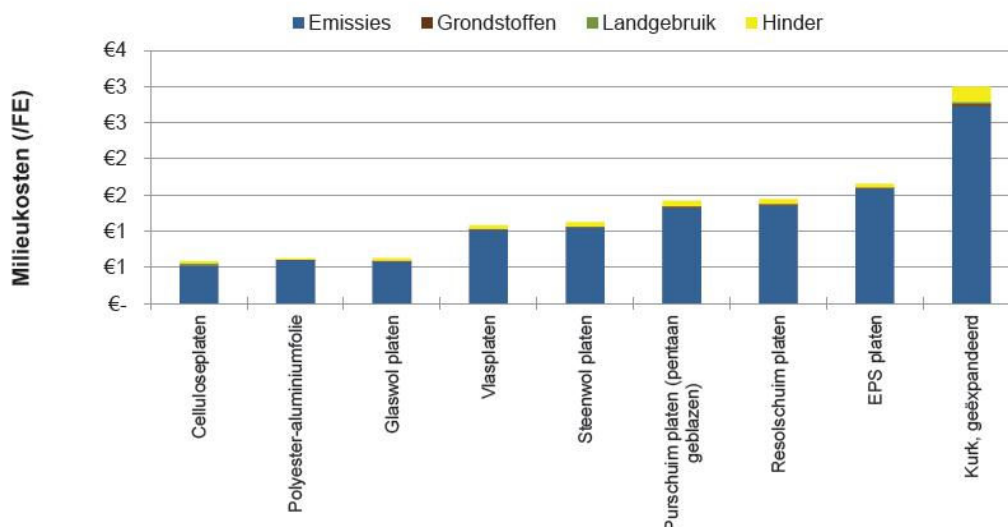
Deze normtoename is dus geenszins een verklaring voor de spreiding van de gedeclareerde waarden van gespoten PUR.

De werkelijke waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt is de auteur dezes onbekend. Wij bevelen aan verouderde monsters van in-situ aangebracht PUR te onderzoeken. Een "gecontroleerde kwaliteitsverklaring" die gebruikt wordt voor het Nederlandse energieprestatie certificaat gaat conform de norm NEN 1068 uit van een $\lambda=0,035$ W/mK, en het genoemde onderzoeksrapport van 0,021 W/mK. Het lijkt erop dat alle waarden tussen 0,021 en 0,035 W/mK geciteerd worden.

De onderzochte claim is correct. Zonder aanvullend onderzoek is de warmtegeleidingcoëfficiënt onbekend. De gepubliceerde gegevens zijn verwarrend en tegenstrijdig.

3.2 Grondstof- en energieverbruik en milieubelasting over levenscyclus is ongunstig:

Het NIBE (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie) hanteert als norm 17 milieucriteria over een aangenomen gebruiksduur (levenscyclus) van 75 jaar voor een functionele eenheid, die bestaat uit 1 m² isolatie met een Rc van 3 m²W/K. Daarbij scoren PUR-schuimplaten voor wat betreft de milieukosten vergelijkbaar als andere plaatmaterialen, zoals Resolschuim of EPS.



De aanduiding 'pentaan geblazen' heeft betrekking op het blaasmiddel waarbij de celstructuur van het PUR bewerkstelligd wordt. Dit blaasmiddel vult de blaasjes polyurethaan. De cellenstructuur, gevuld met het blaasmiddel is verantwoordelijk voor de isolerende werking van het materiaal. Polyurethaan ontstaat uit de chemische reactie tussen isocyaanaten en polyolen.

Bij het in-situ aangebrachte PUR is echter HFK (en niet pentaan) gebruikelijk als blaasmiddel. En dat levert een geheel andere milieuclassificatie op.

HFK's (gehalogeneerde fluorkoolwaterstoffen) zijn koolwaterstoffen, waarbij enkele waterstofatomen vervangen zijn door een fluoratoom. De stoffen worden ook gebruikt als koelmiddel in koelkasten, in plaats van het ozononvriendelijke freon. Voor het in-situ aanbrengen van PUR-Schuim wordt HFK-365mfc (CF₃CH₂CH₂CH₃), HFK-245fa (CF₃CH₂CHF₂) en HFK-227ea (CF₃CHF₂CF₃) gebruikt.

HFK's laten de ozonlaag intact, maar hebben een sterk broeikasgas-effect, 800 tot 1300 maal groter dan CO₂. (bron: Artikel "Alternatieven voor HCFK", vakblad Kunststof en Rubber maart 2002)). Om die reden is ook terughoudendheid en voorzichtigheid bij de toepassing van dit blaasgas geboden. Een gedeeltelijke oplossing is om CO₂ als blaasmiddel aan te wenden. Het benodigde CO₂ ontstaat door het aandeel water en isocyaanaten in de receptuur te verhogen. Deze zogeheten watergeblazen methode is vooralsnog slechts heel beperkt bij in-situ geblazen PUR-schuim mogelijk.

Details betreffende de milieu-informatie van PUR-Hardschuimplaten, afkomstig van het NIBE, vindt u in de bijlage. Daarin leest u dat emissies verantwoordelijk zouden zijn voor 93% van de totale milieubelasting. Dit lijkt rijkelijk veel – immers, het volume van de blaasgassen is van dezelfde orde van grootte als het volume van het schuim, en van pentaan zijn beperkte broeikasgaseffecten bekend. Het NIBE is dan ook om commentaar verzocht. Het NIBE geeft als toelichting dat hier alle milieueffecten van emissies bij elkaar opgeteld zijn. Belangrijk is nogmaals op te merken dat het PUR uit de tabel betrekking heeft op onder gecontroleerde omstandigheden in een productieproces met pentaan geblazen PUR-platen.

De schadelijkheid van HFK als broeikasgas is echter tientallen malen groter dan van pentaan. En dat levert een ander beeld op: het broeikaseffect van 1 kg van bijvoorbeeld het bij het blazen van PUR-schuim gebruikelijke component HFK-227ea is ongeveer 2000 keer zo sterk als van 1 kg CO₂ (over een periode van 100 jaar, en van de component HFK-365mfc ongeveer 800 keer zo sterk als van 1 kg CO₂ (bron: praktijkboek voor de koudetechniek). Het door het "Forschungsinstitut für Wärmeschutz" geteste sample bevat 55% HFK-365mfc en 5% HFK-227ea. Dit mengsel heeft een 900 keer zo sterk broeikasgaseffect als CO₂.

In de milieu-informatie van PUR, afkomstig van het NIBE, wordt voor pentaan geblazen PUR-schuimplaten het broeikasgaseffect geschat op 17,6 kg CO₂-equivalent per functionele eenheid (0,075 m³, zie bijlage). Hierbij is dus de uitstoot van productie, vervoer en afvalverwerking inbegrepen. Het blaasgas, pentaan, is slechts voor een deel debet aan deze 17,6 kg.

Wij schatten dat deel op ongeveer 1,26 kg CO₂ equivalent, uitgaande van 0,045 m³ pentaan (60% van het volume), met een gewicht van 0,0315 kg (0,7 kg/m³), en met broeikasgaseffect geschat op 40 maal dat van CO₂ dus 1,26 kg CO₂ equivalent. Dit is een gering deel van het broeikaseffect voor de gehele levenscyclus (17 kg CO₂-eq.).

De emissie van het blaasgas dat gebruikt wordt voor 0,075 m³ HFK geblazen PUR-schuim (60% van het volume, ofwel 0,045 m³, ofwel 0,18kg) bedraagt ongeveer 162 kg CO₂ equivalent. Aangezien 15% "gemorst" wordt, betekent dit een belasting van 186 kg CO₂-equivalent voor een functionele eenheid, in plaats van 1,26 kg CO₂-equivalent voor plaatmateriaal dat beschouwd wordt in het milieu-informatieblad. En daar komt het broeikasgas effect van productie, vervoer etc. nog bij.

Samenvattend levert een functionele eenheid HFK geblazen PUR-schuim naar onze schatting ruim 200 kg CO₂ equivalent broeikasgas op, tegen 17 kg voor pentaan geblazen PUR-schuim.

In een doorsnee woning wordt veelal 10 m³ PUR aangebracht. Het broeikaseffect van de gemiddeld 7 m³ (ongeveer 29,4 kg) gebruikt blaasgas is gelijk aan 26.460 kg (ruim 26 ton) CO₂ equivalent indien dit bestaat uit 55% HFK-365mfc en 5% HFK-227ea. Men dient te voorkomen dat dit uiteindelijk in de atmosfeer terecht komt. Over of dit inderdaad voorkomen wordt, of kan worden, verschillen de meningen van onze verschillende bronnen, veiligheidshalve gaan wij hier van het worst-case scenario uit (zie het hoofdstuk over het afvalprobleem).

Als inderdaad uiteindelijk na het in-situ isoleren van een woning deze 7 m³ blaasgas in de atmosfeer terecht komt, dan wordt daarmee voor jaren de besparing op CO₂-uitstoot te niet gedaan. Afhankelijk van het gebruikte model (NEN1068, de resultaten van het onderzoek van Cauberg-Huygens, of een eenvoudig model dat met de praktijk overeen lijkt te komen, zie mijn rapport "Betrouwbaarheid van Energielabel en Maatwerkadvies") en de toegepaste dikte van het PUR-schuim (40-230 mm) duurt het 9 tot bijna 100 jaar voordat voor wat de CO₂ uitstoot betreft milieuwinst gemaakt wordt. En wanneer het aandeel blaasgas HFK-227ea groter is, dan is dit nog veel ongunstiger.

Wanneer bijvoorbeeld de schuimlaag 8 cm dik is, bevat deze 48 liter/m² blaasgas. Daarbij is het blaasgas dat tijdens het aanbrengen vrijkomt niet meegerekend. Volgens een rapport van VROM (maart 2010) is dit volume ongeveer 15% van het in het PUR aanwezige blaasgas. Er komt dus uiteindelijk per m² circa 55,2 liter in het milieu, ofwel 231,8 gram (4,2 kg/m³), ofwel 208,7 kg CO₂-equivalent (het HFK-mengsel heeft een 900 keer sterker broeikasgas effect dan CO₂).

De besparing op gasverbruik is, afhankelijk van het gekozen model, en het ketelrendement, 2,6 tot 7,8 m³ aardgas per m² vloeroppervlakte per jaar. De verbranding van 1 m³ aardgas levert 1,78 kg CO₂, dus in dit geval 4,6 tot 13,9 kg CO₂ per m²/jaar. Het duurt dan ook in dit praktijkvoorbeeld bijna 17 tot ruim 50 jaar voordat milieuwinst wordt behaald ten aanzien van CO₂-uitstoot.

Daarnaast moet men er in de onderhavige situatie ook nog eens rekening mee houden dat het aangebrachte PUR-schuim veelal geschuurd wordt. De fijne PUR deeltjes verliezen nagenoeg direct en volledig het blaasgas, met alle negatieve gevolgen voor het broeikasgaseffect van dien. Bovenstaande cijfers zijn dus ook nog eens geflatteerd.

De afgeschuurde PUR-deeltjes dragen ook op zichzelf bij aan de afvalberg: zij dienen afgevoerd en vernietigd (verbrand) te worden.



Het schuren van PUR-schuim

Milieugegevens van in-situ HFK-geblazen PUR-schuim zijn niet bekend bij het NIBE. De NVPU beweert deze verstrekt te hebben, ook na nadere navraag ontkent het NIBE dit.

Tijdens de bespreking van 15 april 2011 vochten de vertegenwoordigers van de hardschuim-branche de conclusies van het NIBE aan. Het NIBE zou niet objectief zijn. Hierover schrijft het NIBE:
"Het NIBE maakt voor zijn milieubeoordelingen gebruik van de ecoinvent-database aangevuld met autotwin2011. Deze methode is algemeen geaccepteerd (het NIBE is lid van de VLCA). We worden betaald door de publicatie van onze boeken en internet abonnementen. Verder zijn we ook een bouwkundig en materiaalkundig adviesbureau en daarmee financieren we onze eigen kennis, en zijn hiermee ook onafhankelijk van subsidies en of donaties."

De auteur dezes heeft getracht om aan alternatieve milieugegevens te komen. De Stichting Bouwkwiteit (SBK) is geconsulteerd, hun milieu-database is echter nog in de opbouwfase. Ook zij zullen gebruik maken van de ecoinvent-database. Het is interessant om te bezien of zij, op grond van deze zelfde gegevens, tot een van het NIBE afwijkende conclusie zullen komen.

De eerder genoemde PUR-Schuim fabrikant is om commentaar gevraagd. Zij verwijzen naar de website www.fluorocarbons.org waarop staat dat het 'Annual European Community Greenhouse gas inventory 1990-2007 end inventory report 2007' een bijdrage aan broeikasgassen door gebruik van HFK-geblazen PUR-Schuim van ten hoogste 0,03 % noemt. Deze PUR-fabrikant merkt fijntjes op dat *"this is obviously not taking into account the CO2 saved by the building"* en gaat daarmee er aan voorbij dat evenveel CO2 bespaard kan worden door middel van alternatieve isolatiematerialen. En we menen aangetoond te hebben dat pas na zeer vele jaren *"the CO2 saved by the building"* gaat meetellen.

De in de e-mail van deze fabrikant vermelde links naar publicaties werkten niet en/of waren van toepassing op pentaan geblazen PUR-platen. De NVPU blijft hardnekkig de milieuvriendelijkheid van PUR prijzen, maar het gaat hierbij ook over de onder gecontroleerde omstandigheden pentaan geblazen hardschuimplaten. De auteur dezes heeft tevergeefs getracht om aan alternatieve milieugegevens met betrekking tot in-situ HFK geblazen PUR schuim te komen. Het is interessant om te bezien of bijvoorbeeld het NIBE bij een LCA (Life Cycle Analysis) onze conclusies bevestigt. De auteur dezes stelt voor dat de NVPU hiertoe aan het NIBE een opdracht verstrekt.

De auteur dezes beveelt aan nader onderzoek te doen naar het milieuvriendelijk verwijderen van blaasgassen uit het milieu. Emissies bij verschillende omgang met het sloopproduct zijn nog nauwelijks aan de orde of onderzocht, aangezien er nog nauwelijks sloopmateriaal vrijkomt met de huidige in-situ gespoten HFK geblazen PUR. Verbranding van het PUR-Schuim lijkt nu de meest geëigende methode. De opvattingen over of dit voor het grootste deel van de blaasgassen mogelijk is verschillen echter.

Zie hiervoor het volgende hoofdstuk.

Conclusie: De onderzochte claim is terecht. Zorgvuldige omgang met het slooppproduct en toepassing van alternatieve blaasmiddelen kunnen een gunstige invloed hierop hebben. De gunstige invloed van alternatieve blaasmiddelen is beperkt. Het relatief gunstige pentaan-geblazen PUR heeft een milieuclassificatie die vergelijkbaar is met andere plaatmaterialen. Het is uiterst plausibel dat het in-situ HFK-geblazen PUR een heel véél slechtere milieuclassificatie verdient. De equivalente CO2 uitstoot voor een woning met een gebruikelijke PUR-isolatie op de ruwe vloer over de levenscyclus is waarschijnlijk gelijk aan de CO2-besparing die de isolatie oplevert gedurende zeventien tot vijftig jaar. Pas daarna wordt milieuwinst geboekt.

3.2.1 Internationale situatie

De schadelijkheid van HFK ten aanzien van broeikasgaseffect wordt ook nog eens door de Europese Commissie onderstreept. In de verordening (eg) nr. 842/2006 van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 inzake bepaalde gefluoreerde broeikasgassen is het gebruik hiervan voor een groot aantal toepassingen verboden, waaronder autobanden, ramen, brandwerende voorzieningen, blusmiddelen, spuitbussen, schoeisel en diverse andere zaken. En vanaf 2011 voor nieuwe auto-airconditioning en vanaf 2017 voor alle auto-airconditioning. In principe wordt gesteld dat koelinstallaties geen HFK koudemiddel mogen lekken. De wetgeving in andere landen is (status 2008) als volgt:

- Denemarken: Per 1 januari 2006 verbod op import, verkoop en gebruik van HFK's.
- Noorwegen: Sinds 1 januari 2003 belasting op HFK's
- Zweden: Als Noorwegen, voorstel tot verbod per 1 januari 2007.
- Zwitserland: Per 1 januari 2003 verbod HFK's voor huishoudkoelkasten en per 1 januari 2005 voor airconditioning. Voor koeltechniek is nog geen beslissing genomen.
- Frankrijk: Diverse onderzoeken naar verminderen HFK emissie, o.a. door invoeren van belastingmaatregelen. Verbod wordt niet verwacht.
- Duitsland: Per september 2002 voorstel om te komen tot HFK reductie daar waar natuurlijke koudemiddelen tot de mogelijkheden behoren. Dit wordt geharmoniseerd met EU wetgeving.
- Oostenrijk: Verbod op HFK's per 1 januari 2008

Aangezien het gebruik van HFK's al jaren tot de snelst groeiende milieuproblemen binnen de EU behoort, ligt het voor de hand dat ook de Europese wetgeving strenger zal worden.

3.3 We zadelen toekomstige generaties op met een levensgroot afval probleem.

Het genoemde probleem van het vrijkomen van blaasgassen in de sloopfase is voor wat betreft CFK's in 2001 geïnventariseerd in het rapport 'Emissies van CFK's uit isolatieschuim in de keten van slopen tot verwerken' in opdracht van het Ministerie van VROM. Dit rapport, van Tauw BV, afdeling Milieumanagement, schat de totale hoeveelheid CFK's in de bouw op 11.000 ton, waarvan door sloop 1734 ton in de atmosfeer zal belanden. Na publicatie van het rapport zal, naar verwachting, hiervan 1503 ton CFK's weglekken door diffusie van het blaasgas uit de celstructuur.

Dit rapport betreft dus niet het voor in-situ geblazen gebruikelijke HFK, maar de aanbevelingen hiervoor zullen niet afwijken.

Het aan het puin verkleefde PUR is volgens het rapport redelijk goed van het puin te scheiden, zowel op de sloopplaats, als tijdens het puinbreken. De eerste methode is te prefereren, daar de emissies groter zijn naarmate de brokstukken kleiner zijn. Het bovengenoemde rapport beveelt dan ook aan om PUR-isolatieschuim verkleefd aan puin zo veel mogelijk tijdens de sloop te verwijderen. De grootte van de afgestoken stukken dient maximaal te zijn. Daarna dient elke handeling welke kan leiden tot breuk van PUR-isolatieschuim te worden vermeden. Selectief verwijderd PUR-isolatieschuim dient te worden aangeboden voor verbranding, en anders voor storten.

Volgens een rapport van VROM (maart 2010) over de emissie van HFK uit hardschuimen kan bij de verwerking van in-situ gespoten PUR-schuim uiteindelijk nagenoeg al het blaasgas in het milieu terecht komen. Daarbij wordt ook nog eens aangenomen dat de schuimen vervolgens worden verbrand zodat de resterende blaasmiddelen worden vernietigd. Voor de emissiegegevens is het bovengenoemde rapport van Tauw geciteerd, deze emissiegegevens hebben betrekking op CFK als blaasmiddel, maar zullen voor HFK naar verwachting niet wezenlijk afwijken.

Het emissiepercentage is sterk afhankelijk van het materiaal waaraan het verkleefd is en de behandeling: 2% bij sortering, verkleefd aan hout, 10% bij scheiding op de sloopplaats, verkleefd aan steen, 90% bij puinbreken, verkleefd aan steen. De aanname is dat de schuimen vervolgens worden verbrand zodat de resterende blaasmiddelen worden vernietigd. Het rapport van Tauw vermeldt dat bij een korrelgrootte van 1,25 cm nog maar 4% van het blaasgas in het PUR-schuim achterblijft.

De milieuvriendelijke sloopmethode, het lossteken van het PUR-schuim op de sloopplaats, is arbeidsintensief en daarmee duur. Een gebruikelijke methode is om van het granulaat, dat verkregen wordt door de van PUR voorziene vloeren te vermalen, de puinfractie en PUR-fractie te scheiden door 'windshifting'. Daarbij wordt het granulaat uitgestort, en de PUR-fractie daaruit geblazen en opgevangen. Het blaasgas komt daarbij, volgens voornoemd rapport, nagenoeg volledig in de atmosfeer. De gebruikelijke HFK-mix heeft een 800 tot 1300 keer zo sterk broeikasgaseffect als CO₂.

Recyclage bestaat voor een klein deel uit het hergebruiken in nieuwe producten, maar grotendeels uit verbranden, waarmee energie gewonnen kan worden. Indien de verbrandingstemperatuur boven 700 graden Celsius ligt verbrandt PUR volledig. Geraadpleegde sloopbedrijven zagen hierin weinig problemen.

Wim Beelen, directeur van de Beelen Groep uit Harderwijk heeft een minder laconieke opvatting over het verwerken van in-situ aangebracht PUR-schuim. In 'Cobouw' zegt hij: "Een probleem is het aan elkaar geperste gasbeton en gips, PUR en schuim, beton en polystyreen. Producten moeten zuiver en schoon worden gehouden. Beton wordt te weinig hergebruikt omdat het betonpuin vaak niet schoon is. Architecten moeten anders ontwerpen, zodat gebouwen makkelijk zijn te slopen en het afval goed kan worden gescheiden."

Zijn directeur recycling licht dit nader toe; PUR-schuim is enorm sterk verkleefd met het beton en de techniek om het te scheiden is nogal moeilijk. Ook hij kan zich slecht vinden in de laconieke opvatting van zijn branchegenoten, en aangezien er nog weinig ervaring is met het slopen van woningen met in-situ aangebracht PUR-schuim, noemt hij hun opvatting 'voorbarig'. "De tijd zal leren of beton met aangeschuimd PUR als grondstof of vulmiddel bruikbaar is, er worden immers voortdurend nieuwe technieken ontwikkeld. Maar we moeten accepteren dat niet elk afval recyclebaar is."

Niet alle PUR-schuim waarmee ruwe vloeren geïsoleerd worden bevindt zich daadwerkelijk tegen de vloer, en kan daarmee ook daadwerkelijk van het steenachtige puin gescheiden worden.

De illustratie toont aan dat ook leidingen etc. , die op de ruwe vloer zijn aangebracht, worden mee gespoten:



Bij navraag blijkt ook het PUR-schuim op deze onderdelen te scheiden door de bedrijven die sloopafval verwerken: de gebruikte 'shredders' slaan dit eraf. Daarmee is de verwerking gelijksoortig als van puin-granulaat dat met PUR is verontreinigd. Na scheiding, bijvoorbeeld met windshifting, wordt PUR-fractie separaat van de metaal-fractie afgevoerd, om elders verbrand te worden. Er blijft wat PUR achter, maar dit is vergelijkbaar met verfresten. Maar ook hier verschillen de opvattingen over.

Tenslotte blijft, voor zover we hebben kunnen nagaan, het uitlogen van schadelijke stoffen bij stort onder de norm.

Ook andere vloerisolatiematerialen belasten het milieu in de afvalfase. Ten opzichte van in-situ gespoten PUR bieden deze het voordeel makkelijker te scheiden te zijn op de bouwplaats of bij de latere verwerking. De vraag is of en hoe scheiding/hergebruik van deze isolatiematerialen daadwerkelijk plaatsvindt en wat de afvalverwerking aan milieubelasting oplevert in vergelijking met de verwerking van in-situ gespoten PUR. De auteur dezes beveelt nader onderzoek aan.

Conclusie: Het staat echter vast dat er extra kosten gemoeid zijn met het milieuvriendelijk slopen en verwerken van vloeren met in-situ aangebracht PUR-schuim. Er is echter onvoldoende ervaring om deze kosten nader te bepalen.

Bij het vermalen van de vloeren komt nagenoeg alle blaasgas in de atmosfeer. Het broeikaseffect daarvan is per gewichtseenheid 800 tot 1300 keer zo groot als van CO₂.

3.4 Verbranding levert levensgevaarlijke gassen op.

Het gaat hier met name om blauwzuurgas en emissie van isocyaanaat.

Blauwzuurgas: Alle organische stoffen kunnen koolstof, stikstof en waterstof bevatten, en daarmee bij verbranding onder ongunstige omstandigheden het levensgevaarlijke blauwzuurgas (waterstof-cyanide, HCN) opleveren. PUR wijkt daar geenszins van af. Als echter de verbranding onder gecontroleerde omstandigheden plaats vindt, is de vorming van blauwzuurgas uitgesloten.

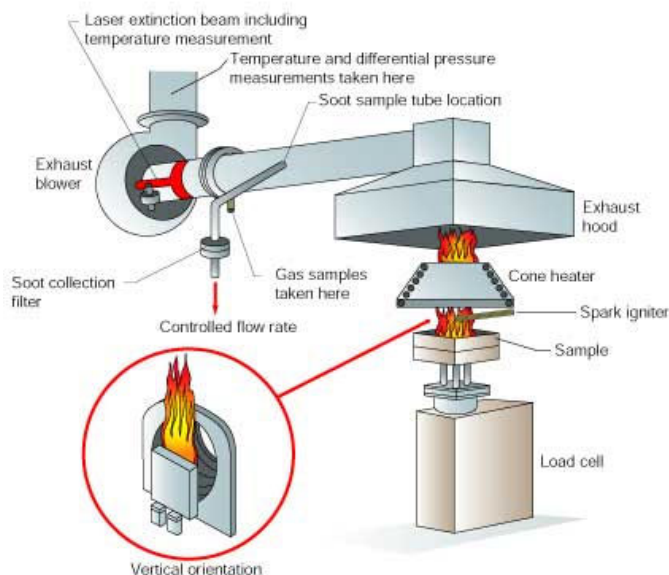
Als blauwzuurgas vrijkomt bij ongecontroleerde verbranding dan is dat in hoeveelheden, waarvan het gevaar betrekkelijk is. De verbrandingsrook van de meeste organische stoffen bevat meestal een heleboel minstens even giftige, zo niet giftigere stoffen. Inademing moet altijd vermeden worden. Dat geldt ook voor de verbrandingsrook van bijvoorbeeld een barbecue, waar veelal ook organische stoffen (vlees) verbranden.

Isocyaanaat: In mei 2003 publiceerde het "SP Swedish National Testing and Research Institute" de resultaten van een grootschalig onderzoek naar de emissie van het uiterst gezondheidsschadelijke isocyaanaat bij verbranding van diverse materialen, waaronder de meest gangbare isolatiematerialen.

De conclusies luiden dat, bij vergelijking met andere gassen die bij brand ontstaan, isocyaanaat in veel gevallen het grootste gevaar vormt.

Karakteristiek voor isocyaanaat is de giftigheid, zelfs bij zeer lage concentraties.

Een publicatie van Landsorganisationen i Sverige (een samenwerkingsverband van vakorganisaties) uit 1999, over de omgang met PUR-schuim leert dat de dampen die bij verhitting van 1 gram PUR-schuim tot 250 graden celsius vrijkomen met 5000 m3 lucht verdund moeten worden alvorens zij geen gevaar meer opleveren.



De verkregen resultaten geven aan dat er al een levensbedreigende situatie kan ontstaan door de concentratie van isocyaanaat in rook, lang voordat de hoeveelheid HCN (blauwzuurgas) en CO gevaarlijk wordt. Door hun geringe omvang dringen de isocyaanaat deeltjes ook nog eens zeer diep in de longen door.

Dat is onder andere het geval bij de verbranding van PUR-schuim. Bij een 'cone calorimeter' experiment (zie figuur hiernaast) werd een isocyaanaat-concentratie van 4520 microgram/m3 gemeten, terwijl concentraties van groter dan 50 microgram/m3 als schadelijk beschouwd moeten worden (MAC-waarde). Overigens leverde de verbranding van glaswol een nóg hogere concentratie van isocyaanaat op. Bij het 'cone calorimeter' experiment behoeft de verhitte stof niet noodzakelijk zelfstandig brandbaar te zijn.

Een alternatief voor PUR, namelijk EPS, leverde géén enkele emissie van isocyaanaat op.

De in-situ op een vloer aangebrachte PUR heeft brandklasse B2. Daarmee kan het als 'verhoogd brandwerend (brandvertragend)' worden beschouwd. Dat wil geenszins zeggen dat PUR geen vlam kan vatten. PUR is in principe brandwerend, maar niet brandvast. Dit houdt in dat het bij aanwezigheid van voldoende zuurstof en warmte na verloop van tijd vlam kan vatten (zoals bij het 'cone calorimeter' experiment). Bij het branden van PUR onder niet gecontroleerde omstandigheden komt er een dikke en giftige rook vrij. Het is daarom aan te raden om PUR-schuim altijd te voorzien van een brandwerende barrière. Met de afwerkchape is hieraan voldaan.

Conclusie: de onderzochte claim is terecht. Men kan echter geenszins stellen dat het gebruik van PUR-schuim altijd een onacceptabele brandgevaarlijke situatie oplevert. Bij verbranding komen meerdere gevaarlijke stoffen vrij, daarom zijn maatregelen die voorkomen dat PUR-schuim vlam vat aan te bevelen. Bij in-situ aangebracht PUR als isolatie van vloeren, die afgedekt zijn met een cementchape, is dit het geval.

3.5 Tijdens het aanbrengen, en dagen daarna moet de woning ontruimd worden.

Het proces zou zo schadelijk voor de gezondheid zijn dat de bewoners tijdens het aanbrengen van het PUR-schuim en de uren en zelfs dagen daarna de woning dienen te ontruimen, omdat:

- 1-Het gebruikte blaasgas (HFK) gezondheidsrisico's zou opleveren.
- 2-Het verstoven isocyaan ernstige gezondheidsrisico's zou opleveren.

Ad 1- De toxiciteit van het reukloze HFK is echter zeer beperkt, het kan zelfs als non-toxic worden beschouwd. Bij een concentratie van 5% HFK werden, ook bij zeer langdurige blootstelling, bij ratten of konijnen geen vergiftigingsverschijnselen of ontwikkelingsstoornissen waargenomen. De gehanteerde veilige grens voor beroepsmatige blootstelling (8 uur per dag) ligt op een concentratie van 1000 ppm (0,1%), dus één liter per kubieke meter. Deze Arbo-norm gaat uit van levenslange blootstelling 8 uur per dag. Het is onbekend waar deze norm vandaan komt, er is namelijk geen wettelijke grenswaarde voor blootstelling op het werk voor deze stof. De genoemde grens wordt weliswaar waarschijnlijk overschreden tijdens het aanbrengen. Stel dat de ruimte boven de vloer ongeveer 2,6 m hoog is, en neem aan dat het schuim op de vloer 0,1 m dik is. Als uiteindelijk tijdens of na het aanbrengen een vergelijkbare hoeveelheid HFK in de woonruimte zou komen als zich in het schuim bevindt (en dat is 60% van het volume volgens eerder genoemd Prüfbericht), dan nog is de concentratie daarvan in de orde van grootte van 2,3% (0,06/2,6). Volgens een rapport van VROM (maart 2010) is het lek-volume echter ongeveer 15% van het in het PUR aanwezige blaasgas en daarmee is de concentratie in de woning kleiner dan 0,35%, wat aardig in de buurt komt van de genoemde norm voor levenslange beroepsmatige blootstelling, en dus waarschijnlijk geen onmiddellijke risico's oplevert, wanneer dit een incidentele blootstelling betreft. De LD50 waarde (de concentratie die voor de helft van hieraan blootgesteld na vier uur fataal is) is namelijk 52%.

Een veiligheidsinformatieblad van HFK's noemt als risico bij hoge blootstelling een abnormaal hartritme en plotselinge fataliteit. Zeer hoge blootstellingen kunnen leiden tot bewustzijnsverlagende effecten en verstikking. Zuurstofgebrek is waarschijnlijk dan ook de reden voor de hoge LD50 waarde. Goed ventileren is dan ook geboden.

Daarbij speelt een rol dat HFK met 4,2 kg/m³ veel zwaarder is dan lucht (1,3 kg/m³) en dus op de grond blijft hangen totdat het weg geventileerd wordt. Dat geldt natuurlijk niet tijdens de werkzaamheden, want dan zal er geen sprake zijn van de natuurlijke gelaagdheid van de lucht in de woning.

Over eventuele kankerverwekkendheid van HFK's is niets gevonden.

Ad-2: Methyleendifenyldi-isocyaan (MDI) is het isocyaan dat gebruikt wordt met een polyol voor het maken van polyurethaan. Het belangrijkste isomeer in commerciële MDI is het 4,4'-difenylnmethaandi-isocyaan.

Bij het vernevelen onder hoge druk door middel van een pistool komt een deel van deze nevel in de atmosfeer terecht. Daarnaast verdampt MDI en zal dus aanwezig zijn in de lucht. Het inademen van de isocyaan damp is schadelijk voor de gezondheid. MDI is een giftig product. Bij aanraking met de huid of bij inademing kan dit leiden tot een hevige allergische reactie. MDI is irriterend voor de ogen, de huid en de luchtwegen.

Kortstondige blootstelling boven de veiligheidslimiet veroorzaakt tranende ogen, irriteert de mond, keel en longen, levert een beklemd gevoel in de borst op, veroorzaakt hoesten, en ademhalingsmoeilijkheden, jeuk en rode huid, en een branderig gevoel.

De stof kan de werking van de longen verstoren; herhaalde of langdurige inademing kan astma veroorzaken. Bij overgevoeligheid (een reactie van het immuunsysteem, niet te verwarren met irritatie) kan astma zelfs ontstaan bij blootstelling aan minimale hoeveelheden. Eénmalige hoge blootstelling aan MDI kan deze overgevoeligheid veroorzaken.

De eerder genoemde publicatie van Landsorganisationen i Sverige (LO, een samenwerkingsverband van vakorganisatie) uit 1999, over de omgang met PUR-schuim stelt bij de omgang met isocyanaten een persluchtmasker verplicht. Getuige de foto op de titelpagina wordt hier lang niet altijd aan voldaan. LO eiste al in 1999 de vervanging van isocyanaten door minder gevaarlijke stoffen, waar mogelijk.

Daarnaast spelen isocyanaten waarschijnlijk een belangrijke rol bij het ontstaan van kanker.

De toxiciteit van het blaasmiddel is verwaarloosbaar vergeleken met de toxiciteit van het isocyaanaat. Bij het spuiten in een woning komt de isocyaanaat damp in aanraking met het personeel.

Volgens een publicatie ISOPA (Europees samenwerkingsverband PUR-schuim fabrikanten) zijn die verplicht beschermende kleding (een goed sluitende overall), handschoenen (bij voorkeur in combinatie met een barrière-crème) en een masker te dragen. Een mondkapje is beslist onvoldoende. Er moet voldoende geventileerd worden, als ventileren niet of niet genoeg kan, is ademhalingsbescherming (verse-luchtkap of persluchtmasker) noodzakelijk.

Blootstelling aan concentraties groter dan 50 microgram/m³ (MAC-waarde uit 2006) is als schadelijk te beschouwen. Dit komt overeen met 0,005 ppm. Omdat MDI pas bij een concentratie van 0,4 ppm opgemerkt wordt, gaat de gezondheidsschade ruimschoots vooraf aan de waarneming.

Ook aan het schuren van PUR-schuim zijn gezondheidsrisico's verbonden. Het schuren wordt maar al te vaak direct na het spuiten uitgevoerd, men zou echter het isocyaanaat 48 uur moeten laten uitharden, en gedurende die tijd ventileren om de gezondheidsrisico's te beperken.

Bij het afronden van dit rapport kwam het geval van de familie Thier in de publiciteit (NOS-Nieuwsuur). Deze familie heeft hun huis laten isoleren met PUR-schuim, waarna de woning door schadelijke dampen voor hun onbewoonbaar werd. Door de luchtverwarming lekten deze schadelijke dampen uit de kruipruimte in hun woning. De situatie bij het aanbrengen van PUR op de ruwe vloer, en het vervolgens afdekken daarvan met een chape geheel is weliswaar geheel verschillend, maar ook in deze situatie lijkt oplettenheid op zijn plaats.

Conclusie: Het in-situ aanbrengen van PUR-schuim is ongezond, met name vanwege de isocyaanaat-damp. Beschermende kleding en maskers zijn verplicht, onbevoegden mogen de woning tijdens de werkzaamheden niet onbeschermd betreden. Het valt aan te raden de woning 48 uur te luchten, alvorens deze zonder beschermingsmiddelen te betreden. De claim is terecht.

3.6 Overige claims

Aan de voorgaande claims kunnen wij nog toevoegen dat bij het verspuiten van PUR-schuim alle muren en ramen met plasticfolie moeten worden bedekt, om ze te beschermen tegen de spuitnevel. Ook dit draagt bij aan de afvalberg. Het komt voor dat een beschermfolie los komt en een muur of een raam zo bevuild raakt. Wanneer dit niet goed te reinigen is – en dat komt vaak voor, omdat het PUR sterk verkleeft – is er sprake van aanzienlijke schade.

Daarnaast zal, om de PUR correct te kunnen verspuiten, de woning winddicht gemaakt moeten worden – hetgeen op gespannen voet staat met de ventilatie die vanwege gezondheidsredenen noodzakelijk is. Vanzelfsprekend zal de vloer droog en stofvrij moeten zijn.

Vaak krimpt PUR nog lang na het aanbrengen. De oorzaak hiervan is voornamelijk te zoeken in het foutief, dat wil zeggen, in te dikke lagen verspuiten van PUR. Het verspuiten in te dikke lagen heeft, zeker bij een hoge omgevingstemperatuur, en weinig ventilatie, ook als consequentie dat het PUR-schuim door een versterkte exotherme reactie extreem opwarmt. Dat komt ook voor als tussen de lagen een onvoldoende afkoelfase wordt ingelast. In extreme gevallen kan zelfs brand ontstaan, die ook nog eens moeilijk te bestrijden is. Het PUR-schuim brandt immers inwendig.

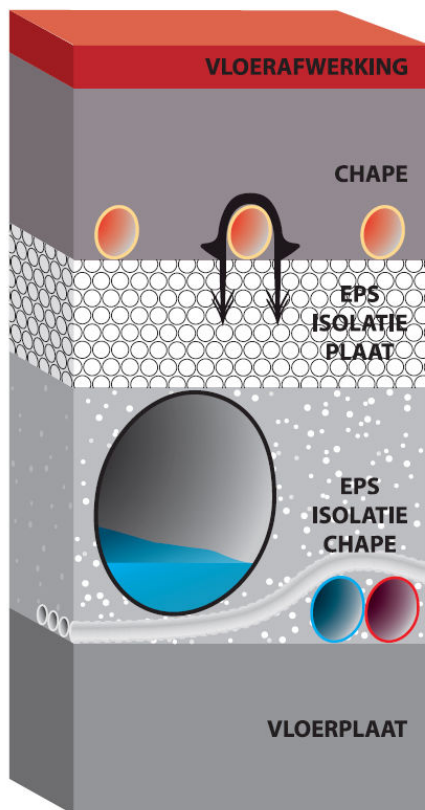
Ook het vervoer over de weg is niet van gevaar ontbloot. De twee componenten polyol en isocyaanaat staan meestal in vaten tezamen in een bestelwagen of lichte vrachtwagen. Bij een aanrijding waarbij de vaten scheuren komen deze twee componenten ongecontroleerd tezamen. Er treedt dan een ongecontroleerde exotherme reactie op, met alle bovenomschreven gevolgen van dien. Zelfs als deze reactie niet optreedt, is het gemorste isocyaanaat zeer gevaarlijk, zie het vorige hoofdstuk. De schade wordt beperkt door de gemorste MDI met zand of brandblussend schuim te bedekken, alvorens deze te verwijderen.

Conclusie: Het aanbrengen van PUR-schuim vereist een aantal beschermende maatregelen voor het gebouw en de procesveiligheid. Het transport van de componenten naar de werf is niet van gevaar ontbloot.

4 Een alternatief

Een veelal gebruikt alternatief voor gespoten PUR, namelijk isolatiechape, ontbreekt in het overzicht van het NIBE. We willen daar een enkel woord aan wijden, juist omdat dit product een veel gunstiger milieuclassificatie dan PUR moet hebben.

Dit materiaal bestaat uit gerecycled EPS-schuim (piepschuim) die uit de afvalstroom wordt gewonnen en vermalen, en vervolgens vermengd wordt met 150 tot 250 kg/m³ portlandcomposietcement CEM II. De warmtegeleidingcoëfficiënt van dit mengsel is twee tot drie maal groter dan van PUR, zodat er in het genoemde voorbeeld geen 10 m³, maar 20-30 m³ isolatiemateriaal toegepast zal moeten worden. (PUR heeft een λ van 0,026 tot 0,035 W/mK, zoals in een vorig hoofdstuk uiteengezet, EPS-isolatiechape is verkrijgbaar met een λ van 0,06 tot 0,09. Deze mengsels bevatten resp. 150 tot 250 kg cement per m³. De eerst genoemde toepassing laat toe direct vloerverwarmingsbuizen te “tackeren”)



Als wij ons beperken tot de CO₂ belasting die voortvloeit uit de productie en het vervoer van de benodigde hoeveelheid cement (3000-7500 kg) dan bedraagt deze ongeveer 700 kg CO₂ equivalent per ton, dus ruim 2 tot 5 ton. Dit is (veel) minder dan een-tiende van de overeenkomstige hoeveelheid PUR-schuim die vrijkomt uit het blaasgas. Uiteraard zijn er meerdere broeikasgaseffecten verbonden aan het aanbrengen van PUR-schuim dan alleen die, die verbonden zijn aan het blaasgas. Die komen hier nog eens bovenop.

Eenvoudig valt te beredeneren dat de eerder genoemde functionele eenheid EPS-isolatiechape twee tot drie maal zoveel is als die van PUR, of wel 0,15 tot 0,225 m³ (de eerste waarde met 150 kg cement per m³, de laatste waarde met 250 kg cement per m³), en verantwoordelijk is voor 16 tot 39 kg CO₂-equivalent. Overigens zijn er meerdere milieu effecten van cementproductie, zoals de aantasting van het landschap bij de winning van grondstoffen.

Een milieutechnisch en energietechnisch aantrekkelijk alternatief is het aanbrengen van een laag isolatiechape waarin zich de leidingen bevinden, die vervolgens afgewerkt wordt met plaatmateriaal (EPS) waarin eventueel vloerverwarmingsbuizen “getackerd” worden. Dit plaatmateriaal bevat vaak lucht als “blaasgas” en dit levert uiteraard geen enkele bijdrage aan het broeikasgaseffect. Mocht gekozen worden voor Pentaan geblazen EPS dan is ook hiervan het broeikasgaseffect beperkt (zie hoofdstuk 2.2)

Ook is het aanbrengen van zowel de isolatiechape als de plaatmaterialen (waarbij de aansluitingen op wanden desgewenst weer met isolatiechape uitgevuld kunnen worden) zonder enig gezondheidsrisico. Door het achterwege blijven van beschermende kleding en maskers zijn de werkzaamheden zeer veel aangenamer dan het in-situ aanbrengen van PUR-schuim. Voorzorgmaatregelen, zoals bij het verspuiten van PUR, zijn onnodig.

Een tweede alternatief is het aanbrengen van EPS-isolatie onder de vloerplaat, en het aanbrengen van een EPS-isolatiechape bovenop de vloerplaat. Daarin kan dan direct “getackerd” worden indien gekozen wordt voor de variant met zowel een relatief hoge isolatiewaarde ($\lambda=0,06$ W/mK) als een laag cement gehalte, dus weinig milieubelastend. Bijkomend voordeel is dat nu de vloerplaat binnen de thermische schil ligt, en de woning van een gelijkmatige temperatuur profiteert vanwege de thermische massa van de vloerplaat.

Het isolatiechape is eveneens moeilijk te scheiden van beton en de leidingen, hierin verschilt het weinig van in-situ aangebracht PUR-schuim. Maar aangezien de in de isolatiechape aanwezige EPS-korreltjes bij het lossteken, of vermalen, het milieu nauwelijks belasten, is dit minder een probleem dan bij PUR-schuim. Daarmee is het resulterende granulaat ook meer geschikt voor re-cycling, bijvoorbeeld in de wegenbouw.

5 Conclusie

Uit dit onderzoek blijken alle claims terecht te zijn (isolatiewaarde slecht gedefinieerd, ongunstige milieuprestatie, afvalprobleem, gevaarlijke gassen bij verbranding, ongezonde werkomstandigheden, uitgebreide voorzorgsmaatregelen tijdens het aanbrengen, gevaar tijdens transport, risico op hevige exotherme reactie).

De relatieve milieuprestatie van PUR-isolatie is zwak en er zijn vele milieuvriendelijker alternatieven. Maatschappelijk gezien is PUR-isolatie niet de beste keuze omdat er methoden beschikbaar een betere (milieu)prestatie leveren. Daarbij speelt de onzekerheid of PUR-schuim tegen aanvaardbare maatschappelijke kosten op een milieuvriendelijke wijze bij sloop uit de afvalketen verwijderd kan worden een hoofdrol. Met name het broeikasgaseffect dient daarbij geminimaliseerd te worden. Ook tijdens het aanbrengen worden er echter aanzienlijke hoeveelheden broeikasgas uitgestoten. De gezondheidsrisico's bij het omgaan met het gebruikte isocyaan zijn aanzienlijk.

Het rappe aanbrengen van naadloos gespoten PUR-schuim zal echter in veel gevallen als een voordeel beschouwd worden. Als op deze grond toch gekozen wordt voor in-situ gespoten PUR-isolatie zal de klant er zich van moeten vergewissen dat het schuim conform de vigerende attesten en op veilige wijze wordt aangebracht.

Tijdens het onderzoek zijn we op kennishiaten gestuit. Nader onderzoek of informatie is gewenst ten aanzien van:

- Warmtegeleidingcoëfficiënt van in-situ aangebracht PUR-schuim na veroudering (de KOMO-norm gaat uit van 0,027 W/mK, de NEN1068 norm van 0,035 W/mK).
- Het milieuvriendelijk verwijderen van blaasgassen uit het milieu. Emissies bij verschillende omgang met het sloopproduct zijn nog nauwelijks aan de orde of onderzocht, aangezien er nog nauwelijks sloopmateriaal vrijkomt met de huidige in-situ gespoten HFK geblazen PUR.
- De gezondheidsrisico's die gepaard gaan met het aanbrengen van PUR-schuim, zowel voor de arbeiders, als de bewoners. Tevens nader onderzoek op gezondheidsrisico's op langere termijn voor de bewoners, met name in situaties waarbij mogelijk lucht in de woning in aanraking komt met het PUR-schuim.
- Milieuclassificatie van in-situ aangebracht HFK-geblazen PUR-schuim. Wij bevelen een LCA (Life Cycle Analysis) van dit product aan.

Ir. Jan Bovenlander

6 Literatuur en Bronnenlijst:

Literatuur, *onder meer*:

- Europese Norm EN 14315-1 (final draft)
- Europese Norm EN 13165
- Protocol 0062 Hardschuimen (Min. Van VROM, maart 2010)
- PUR hardschuim zonder broeikasgassen (publicatie PCC polyurethanes november 2001)
- Artikel alternatieven voor HCFC-geblazen PUR-systemen (kunststof en rubber-maart 2002)
- KOMO-Attest Vloerspraysysteem IKB1587-09
- "Prüfbericht" van het "Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V." te München
- Diverse publicaties European Di-isocyanate & Polyol Producers Association (ISOPA)
- Rapport: Emissies van CFK's uit PUR-isolatieschuim in de keten van slopen tot verwerken (Tauw, juli 2001)
- NIBE-Milieu informatie PUR-schuim
- Praktijkboek koude techniek (informatie met betrekking tot broeikaseffect)
- Artikel Cobouw 12 juni 2010 over duurzaam slopen
- Website www.fluorocarbons.org (van de European Fluorocarbons Technical Committee (EFCTC))
- Productbladen HFK's
- Veiligheidsinformatie HFK's
- Workplace Environmental Exposure Level Guide met betrekking tot toxiciteit HFK's.
- Diverse publicaties van de Federation of European Rigid Polyurethane Foam Association
- Onderzoeksrapporten brand "de Punt" (in verband met claim "schadelijke gassen")
- 'Walk the talk' presentatie van de European Di-isocyanate & Polyol Producers Association (ISOPA)
- Onderzoeksrapport "SP Swedish National Testing and Research Institute" (2003)
- Onderzoeksrapport vervangen koudemiddelen (2004/8)
- Een publicatie van "Landsorganisationen i Sverige" uit 1999 met betrekking tot de omgang met PUR

Geraadpleegde bronnen, te weten gesprekken met deskundigen, onder meer werkzaam bij:

- Stichting Belangenbehartiging Vloerisolatie Nederland (SBVN)
- Nederlandse Vereniging van Polyurethaan Hardschuim-fabrikanten (NVPU)
- Verpola N.V.
- ISSO
- Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE)
- Leveranciers van grondstoffen voor in-situ aangebracht PUR-schuim / Hardschuimfabrikanten
- Milieu Centraal (MC)
- Diverse sloopbedrijven en afvalverwerkers
- Diverse vloerisolatie bedrijven