

Tekst en beeld: Bram Entrop

## De gevel als warmte-batterij

Met de komst van de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) in het Bouwbesluit in 1995 voor woningen en in 1998 voor utiliteitsbouw werd een weg ingeslagen van een groeiend aantal Energie Technieken en Maatregelen (ETM's) voor onze gebouwen. Het reduceren van het energiegebruik van gebouwen staat of valt bij een goede gevel. Een gevel die elke dag van het jaar een optimaal binnenklimaat weet te bieden tegen een zo laag mogelijk of, liever nog, geen fossiel brandstofgebruik is een beste uitdaging. In dit artikel wil ik graag stilstaan bij een ETM die bij nog niet zoveel gevelbouwers bekend is, namelijk Phase Change Materials (PCM's). Letterlijk vertaald Fase Veranderende Materialen, maar vaak genoeg wordt ook de naam Latente Warmteopslagsystemen gebruikt. Deze ETM kan toegepast in een gevel bijdragen aan een optimaal binnenklimaat.

In een aantal opzichten is het gunstig om de thermische massa van gebouwen te verhogen. Vanuit het oogpunt van energie is het voordeel dat pieken in warmte- en koudevraag in gebouwen gemakkelijker op te vangen zijn zonder de tussenkomst van installaties met een erg groot vermogen. Van oudsher is het vergroten van de bouwmassa en gebruikmaken van voelbare warmte de bekendste manier. Voorbeelden van

gebouwen met een grote bouwmassa zijn uiteraard oude zwaargebouwde kerken, kastelen en kelders, waar de temperatuur het hele jaar weliswaar laag, maar wel bijna constant kan zijn. Voor een constante temperatuur moet de verhouding bouwmassa en volume van het gebouw zo groot mogelijk zijn. Daarnaast is een goede warmteoverdracht nodig van binnenlucht naar bouwconstructie en vice versa.

Anders dan bij voelbare warmte, is latente warmte de warmte die vrijkomt of wordt opgenomen door een materiaal terwijl de temperatuur ervan gelijk blijft. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de overgang van een materiaal van vaste naar vloeistof of van vloeistof naar gas of vice versa. Zo geeft waterdamp van 100 °C heel veel latente warmte af als deze condenseert naar water van 100 °C, en hetzelfde geldt (hoewel met minder



Figuur 1: Kunststof microcapsules (50x uitvergroot) gevuld met Micronal

latente warmte) voor de overgang van water naar ijs bij 0 °C. Voor latente warmteopslag in gebouwen is water minder geschikt: de temperatuur bij een gemiddelde atmosferische druk van het kookpunt is te hoog en van het smeltpunt te laag. De afgelopen jaren zijn er daarom specifieke PCM's ontwikkeld met voor allerlei doeleinden bijpassende smelt- en stoltemperaturen. Bij energieopslagtoepassingen met PCM's is een veel hogere energiedichtheid haalbaar dan met gewone voelbare warmte. Simpel gezegd: met smelten en stollen van stoffen is veel meer warmte gemoed dan met bijvoorbeeld 10 °C of zelfs 25 °C temperatuurstijging van eenzelfde hoeveelheid materiaal (zie rekenvoorbeeld).

### Rekenvoorbeeld

Stel de specifieke warmtecapaciteit van een bouw materiaal bedraagt ongeveer 1 kJ/kg • K, wat gelijk is aan 4 kJ/kg over het traject 20-24 °C. Het toevoegen van ongeveer 10% PCM met een smeltwarmte van 200 kJ/kg bij 22 °C geeft in het traject van 20-24 °C een verhoging van de warmtecapaciteit van 4 naar 24 kJ/kg en zelfs 4% PCM extra geeft al een toename van de thermische massa met een factor drie.

PCM's zijn geschikt om temperatuurschommelingen in een gebouw te beperken. In de zomer neemt het materiaal overdag de warmte van de omgeving en via zoninstraling op en 's nachts bij een lage omgevingstemperatuur wordt de warmte weer afgegeven. In het voor- en najaar neemt de gevel voorzien van PCM, op passieve wijze zonnenergie op, zodat de verwarmingskosten kunnen worden beperkt.

Om het gebruik van topkoeling te reduceren of zelfs te voorkomen heeft BASF bijvoorbeeld Micronal ontwikkeld met een smeltemperatuur van 23 °C en 26 °C. Micronal kan worden geleverd in de vorm van kleine kunststof bolletjes gevuld met een mix van paraffines

(zie Figuur 1). Ze behoort daarmee tot de zogenaamde organische PCM's.

Op de Universiteit Twente zijn in het verleden experimenten gedaan om de effecten te meten op de binnentemperatuur van een box bij toepassing van Micronal met een latente warmtecapaciteit van 110 kJ/kg bij een temperatuur van 23 °C in een betonnen vloer (zie Figuur 2 en 3). Bij dit experiment wilden we niet topkoeling overbodig te maken, maar probeerden we juist de Micronal in te zetten als een warmtebatterij die de eerste behoefte aan verwarming een invulling kan geven. Er waren in totaal vier boxen gemaakt, waarvan twee met en twee zonder PCM's. De afge-

sloten boxen beschikten over verschillende isolatiematerialen en werden enkel passief verwarmd door opvallend en invallend zonlicht. De invloed van de PCM's was duidelijk zichtbaar in de meetdata (Entrop en Reinders, 2012). Alhoewel de bij de fase overgang horende temperatuur logischerwijs aan de hoge kant was, stemde de mate van invloed op de binnentemperatuur dermate positief dat vervolgonderzoek niet uit kon blijven. In het vervolgonderzoek is gekeken naar de mogelijkheden om de toepassing van PCM's financieel rendabel te maken en hoe de PCM's in het bouwproces met al haar bouwpartijen en regelgeving kunnen worden ingebed (Entrop, Halman, Dewulf en Reinders, 2016).



Figuur 2: Experimentele opstelling Universiteit Twente voor gebruik PCM's tijdens hydratatie van beton



Figuur 3: Experimentele opstelling Universiteit Twente voor effect PCMs in betonnen vloeren in een geïsoleerd systeem

De genoemde onderzoeken hadden betrekking op PCM's op paraffine basis in gestorte betonnen vloeren en tonen aan dat er nog wel enige hobbels zijn te nemen, voordat we mogen verwachten dat deze toepassing van PCM's gemeengoed zal zijn in gebouwen. Wanneer we echter in staat zijn PCM's in gevels te verwerken, bijvoorbeeld als een soort toplaag aan de buitenzijde van kozijnvullingen, dan worden enkele hobbels al overwonnen. De applicatie van de PCM's kan grootschalig en onder gecontroleerde omstandigheden plaatsvinden en de PCM's staan in een vrijwel directe relatie met de buitentemperatuur en opvallende zoninstraling. De zonnestralen moesten namelijk in de experimentele opstelling via de ruit de betonnen vloer met daarin, gemixt, de PCM's laten smelten.

Het is hierbij interessant om te vermelden dat het door Technische Universiteit Delft en Eindhoven gezamenlijk bedachte DoubleFace zelfs een lichtdoorlatend blokkensysteem is, dat is gevuld met faseveranderend materiaal. Het idee erachter is dat in de winter de opwarming door de zon ervoor zorgt dat het materiaal vloeibaar wordt, waardoor meer licht doordringt. 's Avonds wanneer het materiaal weer stolt geeft het dan langdurig warmte. Doordat het gecompartmenteerde systeem om zijn as kan draaien, heeft het in de zomer precies het tegenovergestelde effect. Hier is dus wederom geen grote bouwmasse nodig om het effect van passieve warmteregeling te bereiken.

Met deze experimenten en ontwikkelingen aan de Nederlandse universiteiten

zijn we er helaas nog niet. Qua regelgeving en voor het ontwerpproces zou het mooi zijn, als in de bepaling van de energieprestatie van gebouwen en in energiesimulaties de toepassing van PCM's kan worden meegenomen. Voor de daadwerkelijke start van de bouw kan dan gemakkelijker de voor een bouwvergunning vereiste EPC-waarde worden bereikt en kan de opdrachtgever of toekomstige gebouwgebruiker beter inzien wat het effect op het energiegebruik en binnentemperatuur van het gebouw kan zijn.

Als VMRG zijnde, zijn we natuurlijk erg geïnteresseerd in welke gevelbouwers reeds ervaring hebben opgedaan met PCM's en welke gevelbouwers bereid zijn te gaan experimenteren met hun toepassing.

# Bright Inspirations

column



## Koreaan

Onlangs had ik het genoegen om twee dagen lang in Bern aan een conferentie over gevels te mogen deelnemen: the conference on advanced building skins. De verwachtingen vooraf waren hoog: zowel de onderwerpen als de sprekers leken van een hoog niveau. Vanuit de gehele wereld kwamen deelnemers naar de Zwitserse stad: niet alleen uit Europa maar ook uit de Verenigde Staten en Canada, Zuid Afrika en China. Zelfs uit Nieuw Zeeland.

De onderwerpen, waarvoor je je vooraf moest inschrijven, varieerden sterk. In totaal acht sessies van twee uur per stuk kreeg ik in twee dagen ruim zeventien presentaties over mij uitgestort. Een ware uitputtingsslag. Temeer omdat er soms ronduit slechte verhalen tussen zaten. Zo was daar een stotterende Koreaan wiens talent overduidelijk niet presenteren was, of die fluisterende Italiaanse PhD die het noodzakelijk vond om op het scherm de meest onleesbare

tabellen en grafieken te tonen. Vast een mooi verhaal maar niet te volgen..... Gelukkig was het overgrote zeer interessant en dat hielp mij om bij de les te blijven. Wat dacht u van hygro-morfische houten gevel elementjes die afhankelijk van de luchtvochtigheid vanzelf open of dicht gaan? Of van een shape-memory kunststof gevel die onder invloed van zonnewarmte vervormd en zo voor zijn eigen beschaduwung zorgt. Prachtig. Ja, nog erg experimenteel en vanuit pure wetenschap benaderd maar toch ook zeker bruikbaar op langere termijn. En erg inspirerend.

Misschien wel het meest opvallende was iets van een geheel andere orde: de afwezigheid van de gevelbouwers en systeemhuizen. Ook het aantal architecten was niet om over naar huis te schrijven. Het zou kunnen zijn dat het hoge wetenschappelijke niveau dit type bezoeker op voorhand heeft afschrikt. En dat is jammer. Juist nu het

economisch weer goed gaat is het risico op terugvallen op het bekende een reëel geval weer. En dan neem ik die Koreaan wel weer op de koop toe. ■

*ir. Joost Heijnis (Menaldumadeel, 1977) studeerde bouwkunde aan de Technische Universiteit Delft en studeerde af als bouwtechnoloog. Heijnis werkt sinds 2002 bij cepezed, waar hij projectarchitect is van grote utiliteitsprojecten en daarnaast participeerde hij in verschillende onderzoeksprojecten met externe partners als TNO en ECN. Zowel in 2005 als 2007 behaalde hij met zijn team een eervolle vermelding bij de Jonge Architecten-prijsruaag van de BNA. Heijnis was van 2012 tot 2016 voorzitter van het innovatieplatform Boosting. Ook neemt hij regelmatig zitting in diverse jury's en adviescommissies.*

Het dossier over slimme gevelbouwoplossingen is te volgen op [www.vmr.nl](http://www.vmr.nl) onder Thema's/Bright Inspirations.