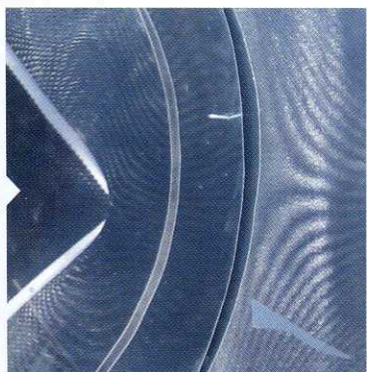


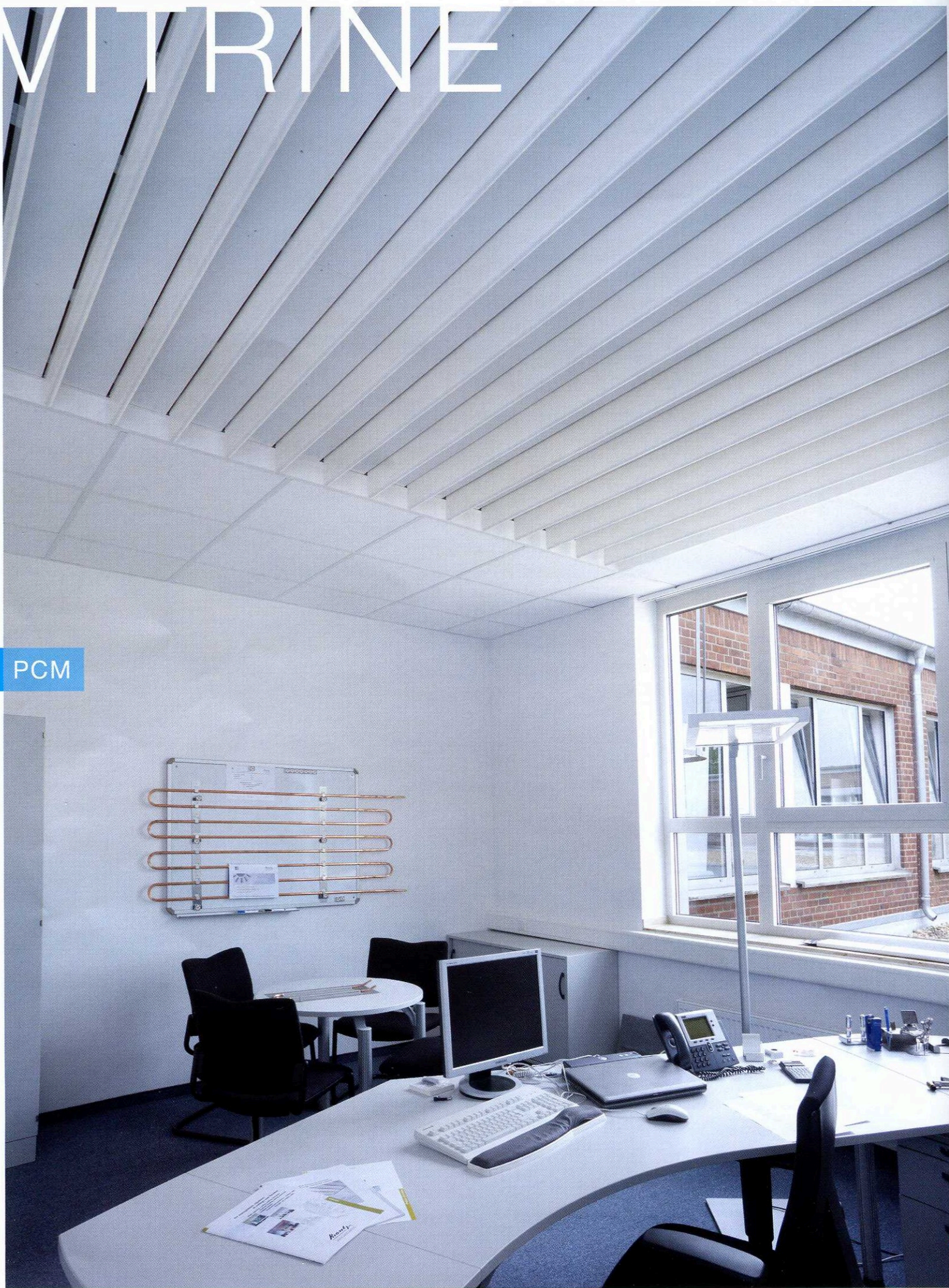
► vakblad voor
vernieuwers
in de bouw

PCM's in de Vitrine
Ecologisch bouwen
Nut van titaniumdioxide



VITRINE

► PCM



Vitrine

► Faseovergangsmateriaal ingezet voor klimatisering

Vloeistof bevroert bij een bepaalde temperatuur. Om het bevroeren op gang te krijgen, moet er een tijdje warmte aan de vloeistof worden onttrokken. Eenmaal bevroren, zal warmte moeten worden toegevoegd om het weer vloeibaar te krijgen. Tijdens dit proces van faseovergang, waarbij veel energie heen-en-weer gaat, verandert de temperatuur van de vloeistof/het materiaal nauwelijks. De thermische eigenschappen van deze faseovergang, waarbij isothermisch veel energie wordt gebufferd, kan ingezet worden om gebouwen te klimatiseren.

► ir. Mark Notenboom
adviseur DWA installatie-
en energieadvies

Het faseovergangsmateriaal, ook bekend onder de naam Phase Change Material (PCM), maakt hierbij gebruik van variatie in de buitentemperatuur gedurende de dag-/nachtcyclus. De koelte van de nacht wordt opgeslagen door een buffer te bevroeren. Overdag komt de koeling vrij als de ruimte opwarmt en de buffer ontdooit. De warmte van de ruimte wordt daarbij opgenomen. Het benutten van de nachtelijke koude is een vorm van duurzame energie (mits er niet te veel energie wordt gebruikt om de warmte in en uit het PCM te krijgen).

Duurzaamheid

Vanwege de duurzaamheidpotentie die deze vorm van energieopslag heeft, zijn de laatste jaren PCM's op de markt gebracht. De huidige PCM's zijn (ingekapselde) materialen op basis van zout of op basis van paraffine. Deze hebben de prettige eigenschap dat de temperatuur van de faseovergang rond de gewenste comforttemperatuur van 24°C ligt, in tegenstelling tot bijvoorbeeld water dat een smelttemperatuur van 0°C heeft. Door de buffering van energie in het PCM worden temperatuurschommelingen in de ruimte rond de faseovergangstemperatuur beperkt. Dit heeft een gunstig effect op de comfortbeleving. Er ontstaat namelijk een thermische traagheid rond dit vriespunt, die vergeleken kan worden met de thermische reactie van een zwaar gebouw.

De bedoeling van het PCM is het afgeven en onttrekken van warmte aan de ruimte. Deze warmteoverdracht is tegelijk de spannendste uitdaging van de toepassing. Bij een verkeerd ontwerp is namelijk het risico hoog dat of het PCM nooit smelt of dat het PCM eenmalig smelt en niet meer stolt. In die toestand zal gedurende de gebruiksfase van het gebouw geen verandering meer optreden. Op zo'n moment is het bekeken met de duurzaamheid en de investering.

Klimaat

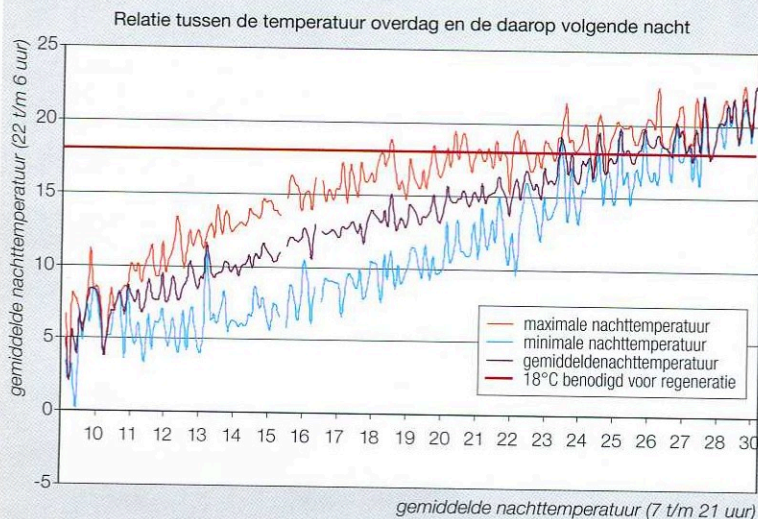
Het klimaat is een belangrijke parameter in de werking van PCM. Daarom is dit voor de Nederlandse situaties iets verder uitgewerkt. De volgende redenering is hierbij gevolgd:

In de winter is er over het algemeen geen koudevraag in gebouwen, maar een warmtevraag. 's Nachts kan het PCM echter niet worden gesmolten: er is geen warmte beschikbaar. Het PCM zal dus niet of nauwelijks een bijdrage leveren aan de klimatisering van het gebouw.

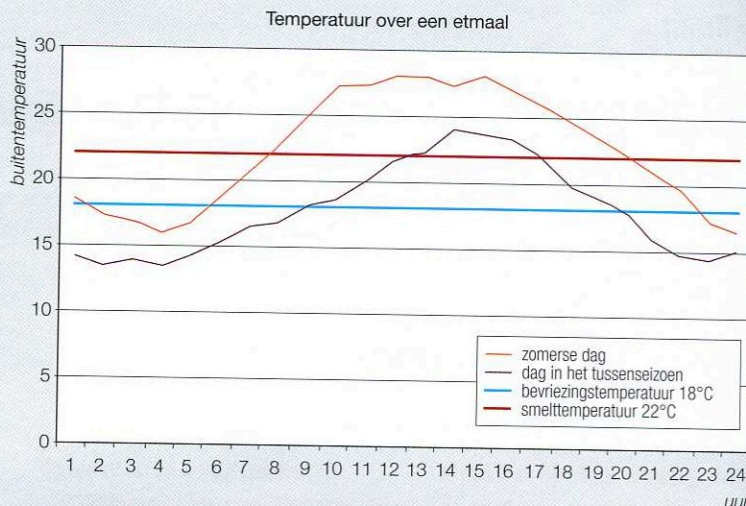
In de tussenseizoenen kan het PCM optimaal worden benut. Overdag is er al koelvraag vanwege de interne warmtelast, terwijl het 's nachts voldoende koud is om het PCM weer te bevroeren. Vanwege deze dag-/nachtcyclus in de buitentemperatuur komt het systeem optimaal tot zijn recht.

Belangrijkste parameters ten aanzien van de goede werking van PCM's:

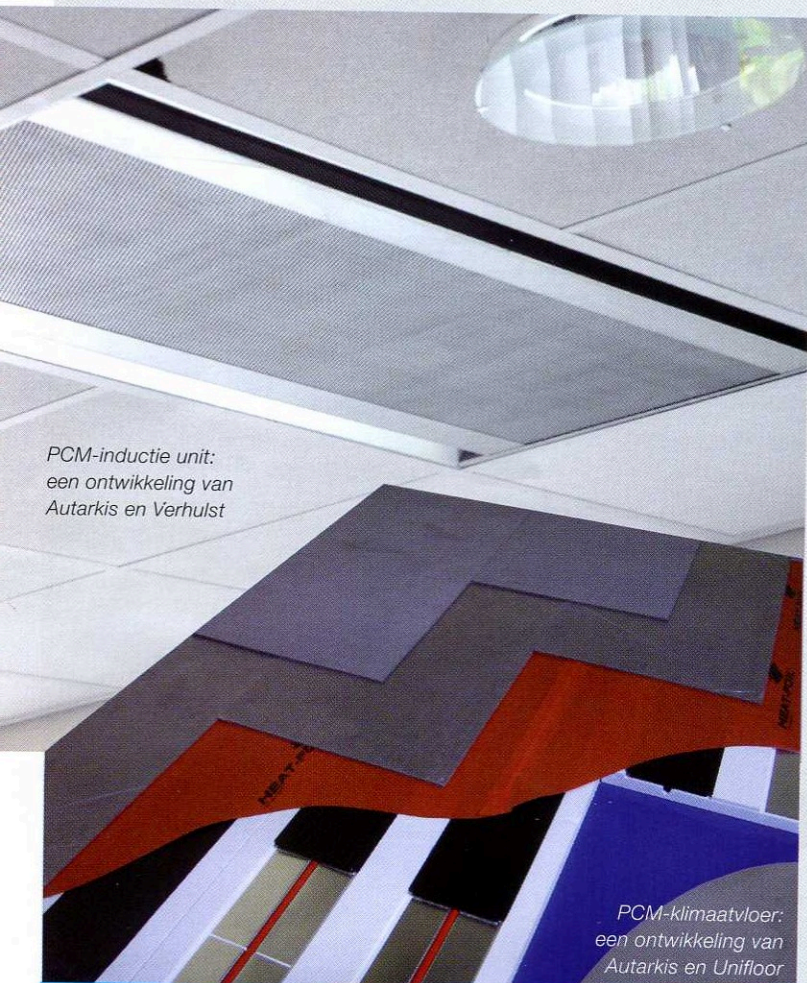
- Keuze van het langsstromend warmteoverdrachtsmedium (water of lucht)
- Overdrachtscoëfficiënt tussen langsstromend medium en PCM (te variëren door bijvoorbeeld de stroomsnelheid van het langsstromend medium)
- Temperatuurtrajecten van het warmteoverdrachtsmedium
- Stollingstemperatuur van het PCM (die kan afhankelijk van de samenstelling variëren)
- Warmtegeleiding van de gebruikte inkapseling
- De verhouding tussen afgifteoppervlakte en volume van het PCM (in verband met interne geleiding)



Figuur 1: Er is in dit voorbeeld koelvraag in de ruimte vanaf een buitentemperatuur van 22°C. In de zomer is te weinig tijd om het PCM te bevriezen. Voor het tussenseizoen geldt dat wel voldoende regeneratie mogelijk is bij een temperatuur lager dan 18°C. Het temperatuurverschil tussen stollen en smelten wordt veroorzaakt door onder andere ventilatorenergie, hysteresis en subcooling.



Figuur 2: Gemiddelde dagtemperaturen en daarop volgende nachttemperatuur voor regeneratie. Het blijkt dat met name in de zomer de mogelijkheid om het PCM te bevriezen afneemt.



PCM-inductie unit:
een ontwikkeling van
Autarkis en Verhulst

PCM-klimaatvloer:
een ontwikkeling van
Autarkis en Unifloor

Hardplastic panelen

Autarkis uit Almere levert producten met PCM, verwerkt in dunne hardplastic panelen. De warmteoverdracht vindt plaats aan de langsstromende lucht via de oppervlakte van het plastic. Autarkis heeft naast custommade mogelijkheden standaardproducten ontwikkeld die als onderdeel van de installatietechniek in de ruimte kunnen worden aangebracht, zoals een PCM-klimaatplafond, een PCM-inductie unit en PCM-vloerverwarming.

Micronal

BASF fabriceert Micronal, een Phase Change Material voor de klimaatbeheersing in gebouwen. Het ingekapselde PCM (parafine) van BASF wordt door andere producenten verwerkt in eindproducten. De fabrikanten die het PCM van BASF gebruiken zijn onder andere: Ikatherm, KNAUF, Maxit en H+H.

De uiteindelijke toepassing varieert van koelplafonds (Ikatherm) tot PCM-gipsplaten (KNAUF) of PCM-mortel (Maxit, niet op de Nederlandse markt verkrijgbaar, red.) ten behoeve van stucwerk. H+H levert gasbetonblokken waar PCM in verwerkt is voor een grotere thermische massa.

In de zomer is er volop koudevraag, het regenereren is echter veel lastiger. Want wat blijkt, op een warme dag volgt meestal ook een warme nacht. De temperatuur van de buitenlucht komt niet of niet lang genoeg onder de stollingstemperatuur. Om dit te illustreren, is in figuur 2 de nachttemperatuur volgend op de gemiddelde dagtemperatuur uitgezet (op basis van klimaatdata van het KNMI van 1995 tot en met 2004). Bij een regeneratietemperatuur lager dan 18°C blijkt dat met name in de warme perioden niet direct de buitenlucht kan worden ingezet om het PCM te regenereren. Juist in die periode wil je wel gebruik maken van de koeling!

Maar hoe kan PCM dan toch slim ingezet worden bij het klimatiseren van gebouwen? Mogelijke oplossingen om ook in de zomer profijt te hebben van de genoemde voordelen zijn:

- ▷ Aanvullende koeling toepassen. Het voordeel van het duurzame systeem wordt voor een deel teniet gedaan. Toch blijft het voordeel, omdat vanwege de buffering in het gebouw een kleiner vermogen voor de aanvullende koelinstallatie nodig is. Vanwege de peakshaving in de koudevraag, zal een kleinere koelinstallatie meer vollasturen draaien, waarbij het rendement hoger is.
- ▷ Het toepassen van ander PCM met een hogere stollingstemperatuur. Het PCM kan tot hogere nachttemperaturen worden bevroren. Het nadeel is echter dat dit PCM begint te werken bij een hogere ruimtemtemperatuur. Een deel van het jaar zal het PCM daardoor niet functioneel zijn.

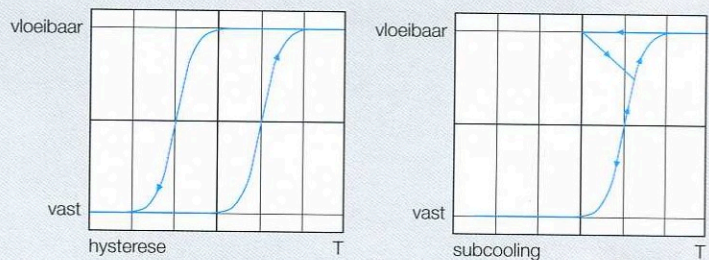


Boxen

Rubitherm levert boxen met PCM-platen waar de lucht doorheen gevoerd wordt. De warmte wordt opgenomen door het PCM waardoor actieve koeling ontstaat. 's Nachts wordt het PCM geregenereerd met koele buitenlucht door de box. De platen zijn van metaal, waardoor een goede warmteoverdracht met de langsstromende lucht is gegarandeerd.

Aluminium zakken

Dörken levert het product Delta Cool 24. Dit zijn aluminium zakken met PCM. De zakken worden los op een bestaand systeemplafond gelegd. Doerken adviseert het PCM te combineren met een metalen plafond. Daarnaast moet de warmte actief met lucht worden onttrokken. Doerken levert ook het product Delta Cool 28. Dit is een scherm, bestaand uit PCM en polycarbonaat, dat kan worden ingezet als binnenzonwering. In de winter laat het bij een lage zonnestand de zon door. In de zomer bij een hoge zonnestand wordt de zon tegengehouden en wordt de zonnewarmte geabsorbeerd.



Figuur 3 + 3a: Hysteresis is het effect dat de stollingstemperatuur iets (1 of enkele graden) lager ligt dan de smelttemperatuur. Subcooling is het effect dat er een triggertemperatuur nodig is om het materiaal te laten bevriezen.

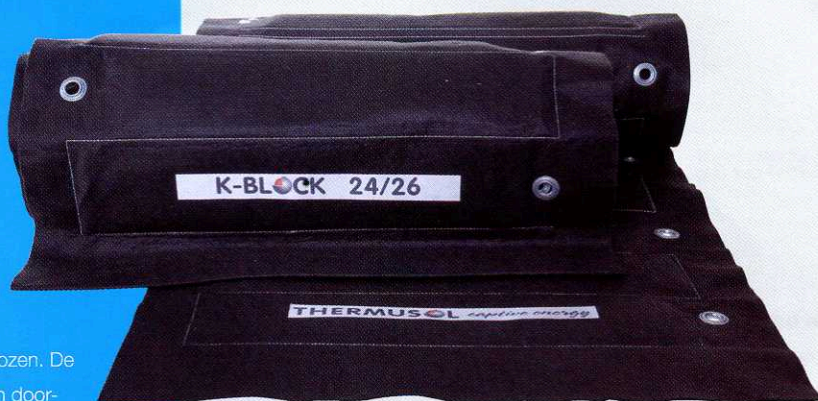
- Meerdere soorten PCM toepassen, waarbij wordt gevarieerd in temperatuurtrajecten. Het voordeel is dat de klimatisering van de ruimte robuuster wordt. Het nadeel is dat er meer PCM nodig is.

Conclusie

Het toepassen van PCM is een vorm van energieopslag of energiebuffering, waarbij de dag/nachtvariatie in de buitentemperatuur wordt benut. De beschikbare koude voor de gebouwen is goedkoop en energiezuinig. Het Nederlandse klimaat vormt wel een belangrijke randvoorwaarde ten aanzien van de werking. Na warme dagen volgen namelijk ook vaak war-

K-blocks

Capzo International BV uit Ootmarsum levert PCM verwerkt in zogenoemde K-blocks. De K-blocks bevatten in plasticofolie vacuüm getrokken PCM-korrels. De dunne stroken PCM zijn opgenomen in een luchtdoorlatend doek, waardoor warmteoverdracht plaatsvindt aan de langsstromende lucht via de voor- en achterkant. De K-blocks zijn vervormbaar en daardoor flexibel inzetbaar. Ze worden los gelegd op nieuwe of bestaande systeemplafonds, tegen het dakschot bevestigd of in de spouw gehangen. Het temperatuurtraject van het PCM kan afhankelijk van de gewenste toepassing worden gekozen. De thermische prestaties van de K-blocks zijn doorgetoetst door TNO. K-Block heeft vorig jaar op de Proveda de Innovatieprijs 2010 van de Dutch Green Building Council gewonnen.



K-blocks

Lamellen

Krantz is een leverancier van componenten voor klimaatbeheersing, waaronder PCM-lamellen. In de stalen verticale lamellen is het PCM opgenomen. Per vierkante meter plafondoppervlak wordt veel werkzaam PCM geplaatst, waardoor er veel thermisch vermogen in de ruimte kan worden aangebracht. De warmteoverdracht aan de lucht in de ruimte vindt plaats via het (goedgeleidende) metalen oppervlak. Het regenereren van de panelen vindt plaats met koud water.

me nachten, waarin het PCM niet voldoende bevroren kan worden. Hierbij speelt de warmteoverdracht van het PCM naar de omgeving een belangrijke rol. Het PCM vraagt om slimme energieconcepten, waarbij met lucht of met water voldoende warmte wordt geladen of ontladen.

Drijvend Paviljoen

Het Drijvend Paviljoen in de Rotterdamse Rijnhaven is een markant gebouw dat bestaat uit een drijflichaam in combinatie met een koepel van ETFE-luchtkussens. Er zijn vergaande duurzame maatregelen toegepast, waaronder de toepassing van PCM in het auditorium. Vanwege de snelle wisselende (warmte)belasting in het auditorium door personen wordt het PCM gehanteerd om temperatuurfluctuaties in de ruimte op te vangen. De werking is als volgt: 's nachts wordt het PCM 'bevroren' door de buitenlucht. Bij koelvraag overdag vindt enerzijds koeling van de verse toegevoerde lucht plaats door de zonnewarmte (indirecte adiabatische koeling gecombineerd met sorptie en zonnecollectoren). De overige koeling in het auditorium wordt verzorgd door de recirculatie van de lucht langs het PCM. In deze unieke combinatie komt het PCM goed tot zijn recht. ◀

De PCM-wandmodule van Krantz.

