

# Actieve PCM klimatisering in Nederland

*Op grond van het Trias Energetica principe [1] wordt de gebouwschil steeds beter geïsoleerd en materiaalaansluitingen worden voorzien van goede naad en kierdichtingen. Uit gezondheidsoverwegingen moeten binnenruimten goed worden geventileerd met voldoende verse buitenlucht. Het Trias Energetica principe leidt, in een gebalanceerde mechanische ventilatie-installatie, tot de toepassing van hoog rendement warmteterugwinning. De gecombineerde bouwkundige en werktuigbouwkundige maatregelen resulteren in de winter in een aanzienlijke vermindering van transmissie, infiltratie en ventilatieverliezen. Diezelfde winterse maatregelen leiden echter in de lente, zomer en herfst tot een meer dan evenredige vergroting van de koelbelasting. Gebouwen gedragen zich dan als echte thermosflessen, namelijk een gering warmteverlies gecombineerd met een lage warmtecapaciteit. Onder druk van de Energie Prestatie Normering vindt in de Nederlandse gebouwde omgeving zodoende een verschuiving plaats van steeds minder verwarmen naar steeds meer koelen [2]. De substitutie van verwarmingsvermogen en warmte-energie door koelvermogen en koude-energie zal uiteindelijk niet leiden tot een duurzame autarkische, dat wil zeggen zelfvoorzienende, gebouwde omgeving. Een verdergaande reducering van het energiegebruik is dan alleen nog mogelijk door decentrale actieve warmte opslag in gebouwen [9]. Gebouwen gaan zich dan als goed geïsoleerde Romaanse kerken gedragen, met een van nature constante binnentemperatuur. Hier moet er direct op worden gewezen dat wordt gesproken van warmte (en koude-) opslag in de gebouwmassa en niet over warmte (en koude) opslagsystemen in werktuigbouwkundige installaties zoals ijs tanks of thermische waterbuffers. Wel mag worden geconcludeerd dat het nog beter isoleren van gebouwen geen extra energiebesparing meer oplevert. Meerdere systemen voor decentrale energieopslag in gebouwen zijn toepasbaar. Dit artikel bespreekt gerealiseerde projecten in Nederland met actieve latente warmteopslag in fasen overgangsmaterialen of beter bekend onder de Engelse afkorting; PCM's (Phase Change Materials).*

**- door P. van Holten\*, ir. A.H.H. Schmitz\*\*,  
E. Schrijver\*\*\* en O. ten Zeldam\*\*\*\***

**H**et principiële verschil tussen passieve en actieve warmte-accumulatie in de gebouw-massa kan, onzes inziens, het beste worden omschreven als: "De warmte-overdracht bij een actief opslagsysteem wordt direct geregeld, gestuurd en ondersteund door een mechanische warmte (en koude-) productie. Bij passieve systemen wordt gebruik gemaakt van natuurlijke warmte (en koude-) bronnen en vindt niet altijd een aansturing en regeling plaats van de koude opname en warmte afgifte van de buffer".

Een tweede verschil tussen warmte opslagmogelijkheden in gebouwmassa's betreft:

- warmte opslag kan plaats vinden in de vorm van voelbare warmte, dat wil zeggen tijdens het accumuleren van warmte zal de temperatuur van het opslagmedium stijgen;
- of de opslag vindt plaats in de vorm van latente warmte. Tijdens het accumuleren van de warmte zal de temperatuur van het opslagmedium, min of meer, constant blijven vanwege een faseovergang, waarbij de aggregatietoestand van het opslagmateriaal overgaat van vast naar vloeibaar of van vloeibaar naar gas. Het opslagmedium smelt of verdampst. Het betreft dus een PCM.

De volgende 'bouwkundige' warmte-opslag mogelijkheden kunnen in Nederland worden toegepast:

- alle gebouwen en klimaatinstallaties die met nachtkoeling met directe buitenlucht zijn uitgerust kunnen worden omschreven als passieve voelbare warmteopslag in de gebouw-massa. De warmteaccumulatie in de

\* VINK systemen BV  
\*\* VERWOL klimaatplafonds BV  
\*\*\* KS perslucht BV  
\*\*\*\* GOEDKOEL BV

betonmassa van het gebouw wordt doorgaans weliswaar direct geregeld en aangestuurd door een gebouwbeheersysteem maar de warmteoverdracht wordt niet actief ondersteund door een mechanische koelmachine of aquifer. De ontlading van de betonmassa vindt plaats door nachtventilatie;

- betonkern activering met water of lucht en betonoppervlakte activering met water [10] kan worden omschreven als actieve voelbare warmteopslag in de gebouwmassa;
- in het project nieuwbouw PEUTZ te Zoetermeer [6,7] is het plafond uitgerust met PCM platen. Dit systeem wordt omschreven als passieve latente warmteopslag in de gebouwmassa. Ook in dit systeem wordt voor het ontladen van het PCM, gebruik gemaakt van nachtventilatie en wordt het ontladen niet actief ondersteund door een kleinere koelmachine;
- de actieve latente warmteopslagsystemen in de gebouwmassa worden beschreven in het onderstaande [11].

Eén categorie installaties is in het bovenstaande niet beschreven, namelijk dat een gebouw is uitgerust met bijvoorbeeld een topkoelinstallatie of een andere vorm van koeling met lucht en deze installaties 's nachts worden gebruikt om de gebouwmassa actief voelbaar te koelen. Dit is een vorm van actieve voelbare (en wellicht zelfs latente) warmteopslag in de bouwconstructie die in vergelijking met de boven beschreven vormen van warmteaccumulatie in de gebouwmassa inferieur van kwaliteit is. Voornamelijk vanwege de slechte warmteoverdracht tussen de ruimtelucht en de vloer-, wand- en plafondoppervlakken van gebouwen.

#### LEERERVARINGEN.

Op grond van door ons uitgevoerde meetrapportages in laboratoria en in situ bij gerealiseerde PCM projecten [6,7] zijn wij van mening dat voor het Nederlandse klimaat een installatie met passieve latente warmteopslag in de gebouwmassa geen geschikt klimaatconcept vormt. De Sahara bijvoorbeeld zou wel een geschikt gebied op Aarde zijn omdat het klimaat zich daar leent voor passieve latente warmteopslag. Het dagelijkse verschil tussen de dag en nachttemperatuur is in de Sahara

voldoende groot om de overdag geaccumuleerde warmte met natuurlijke nachtelijke koude af te voeren en zodoende het PCM-materiaal adequaat weer in te vriezen. Het weer in Nederland wordt warmer, vooral de nachtelijke temperaturen, waardoor het onzes inziens zich nog minder leent voor passieve latente warmte opslag. Hierdoor kan het PCM 's nachts niet meer voldoende worden ontladen voor dagelijks gebruik. Een PCM gebouwinstallatie moet ook voldoen aan gespecificeerde thermische behaaglijkheidsprestaties. Deze behaaglijkheid vraagt om PCM smeltemperaturen zo rond de 21 °C. Met nog wat optredende onderkoeling van het PCM is de noodzakelijke smeltemperatuur te laag om tijdens een warme Nederlandse zomer met 'natuurlijke' nachtelijke buitenluchtcooling het PCM (weer) in te vriezen. Hierbij treedt voor een PCM gebouwinstallatie, die toch nog gebruik wil maken van directe vrije buitenluchtcooling, ook nog het nadeel op dat de aangezogen buitenlucht door de gevels en daken van gebouwen nog 1 á 2 °C wordt opgewarmd. Met of zonder temperatuur overschrijdingen zal zodoende in Nederland het PCM op een actieve wijze moeten worden ondersteund met additionele (duurzame) mechanische koel en verwarmingsbronnen. De, uit behaaglijkheidsoverwegingen, gewenste relatief lage smeltemperatuur samen met de optredende onderkoeling van het PCM en de extra opwarming van de aangezogen verse buitenlucht door het gebouw, maakt Nederland ongeschikt voor passieve PCM-toepassingen.

#### HISTORIE.

Wat de meesten onder ons zich waarschijnlijk niet realiseren is dat PCM een oud materiaal is dat al langere tijd toepassing vindt in diverse producten, zoals brandkasten, meubels, koelboxen voor orgaantransplantaties, handschoenen voor de wintersport, pizzaboxen voor pizzabezorgers en zelfs kleding. Tijdens de Olympische Spelen te Athene werden in elk geval de Zweedse atleten voor en na de wedstrijden geconditioneerd met PCM-kleding. Zelfs de eerste mens op de maan, Neil Armstrong, maakte gebruik van PCM's.

De eerste toepassing van een PCM-klimaatinstallatie in een gebouw, zoals



**Het eerste PCM-gebouw.  
Het Dover sun house, gebouwd 1949.**

- FIGUUR 1 -

getoond in figuur 1, vond al plaats in 1949, direct na de Tweede Wereldoorlog. Deze PCM-installatie was erop gebouwd om tijdens het stookseizoen te voorzien in voldoende verwarming. Via een grote verticale luchtzonnecollector werd overdag zonnewarmte opgeslagen in 'drums with PCM'. De, in de thermische zonnecollector, opgewarmde lucht werd hiertoe geleid rondom en langs cilinders met daarin PCM dat dan van de vaste fase smolt in een vloeibare fase. In de avonduren, als het buiten al donker was, werd recirculatielucht langs de cilinders gevoerd waardoor de lucht werd verwarmd en dienovereenkomstig het PCM weer bevroor, met als resultaat dat het gebouw werd verwarmd en het PCM gelijktijdig weer geschikt werd gemaakt voor warmteaccumulatie overdag. Het mooie van dit project was misschien ook wel dat het louter en alleen is gerealiseerd door vrouwen. Opdrachtgeefster was de rijke Amelia Peabody. Eleanor Raymond was de excentrieke architecte van het huis, terwijl het ontwerp en het dimensioneren van de zonnecollector met de bijbehorende PCM-installatie is verricht door Maria Telkes, 'the sun queen', die werkzaam was bij het vermaarde MIT te Boston. Dit 'Dover sun house' was het eerste gebouw dat daadwerkelijk van een actief latent warmteopslagsysteem in de 'gebouwmassa' gebruik maakte. Een verschil met de huidige PCM-projecten is wel dat de historische toepassingen meer waren gericht op het verwarmen van gebouwen, dan de huidige toepassingen die meer zijn gericht op het koelen van gebouwen. Dit verschil in toepassing heeft overigens niets van doen met een mogelijke opwarming van de Aarde door menselijk toedoen. Mocht dit al waar zijn, dan nog had zich de geschetste ontwikkeling van verwarmen naar koelen toch voorgedaan door de geschilderde ontwikkeling van het steeds beter isoleren van gebouwen, met als

resultaat thermosfles gedrag. Wellicht is PCM ook geschikter voor koeling dan voor verwarming.

### ACTIEVE NEDERLANDSE PCM-INSTALLATIES.

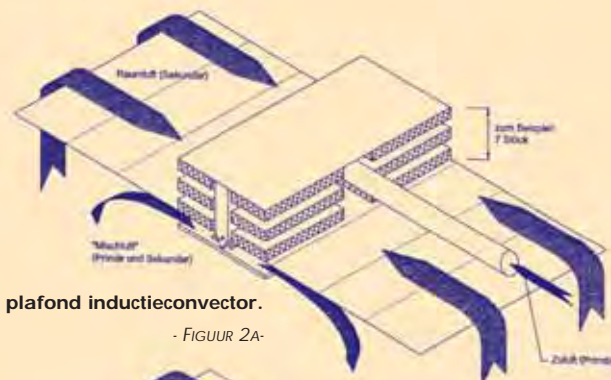
De wijze van functioneren van klimaatinstallaties die gebruik maken van actieve latente warmteopslag in de 'gebouwmassa' wordt beschreven in [8]. In de benodigde warmte-overdracht tussen een klimaatinstallatie en de ruimtelucht kan, principieel beschouwd, slechts op de volgende twee wijzen worden voorzien:

- uitsluitend gedwongen convectieve warmteoverdracht in bijvoorbeeld ventilatorconvectoren (fancoilunits) en inductieconvectoren (actieve koelconvectoren of ook wel inductie-units);
- voornamelijk vrije convectieve en stralingswarmteoverdracht bij bijvoorbeeld vloerverwarming, wandverwarming, klimaatplafonds enzovoorts.

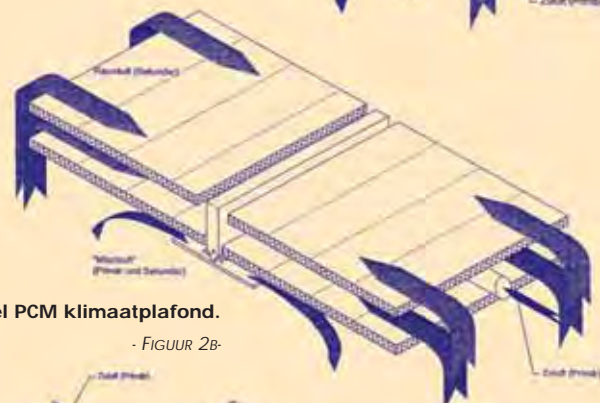
Zoals figuur 2 aangeeft worden PCM-installaties op dezelfde wijzen als conventionele klimaatinstallaties gebouwd, namelijk met gedwongen convectie in PCM-inductieconvectoren of met voornamelijk vrije convectie en straling bij PCM-klimaatplafonds. Dit betekent dat in conventionele inductie- (en ventilator-) convectoren de verwarming- en koelwaterbatterijen worden vervangen door batterijen, bestaande uit kleinere dunnere PCM-plaatjes en dat bij de klimaatplafonds de koper dan wel kunststofactivering (grotendeels) worden vervangen door grotere dikkere PCM-platen. Deze PCM-technieken zijn vastgelegd in een tweetal patenten [4,5].

Een complete actieve PCM installatie ziet er dan zeer eenvoudig uit [11] namelijk:

- in de technische ruimte of op het dak wordt een stekkerklare luchtbehandelingkast geplaatst, uitgevoerd als een gebalanceerde mechanische ventilatie installatie met HR-warmterugwinning, inclusief de benodigde meet- en regelinstallatie. Dus een 'plug and play' geval. Deze luchtbehandelingkast wordt verder voorzien van indirecte adiabatische koeling (een PCM systeem waarbij water overgaat van de vloeibare naar de



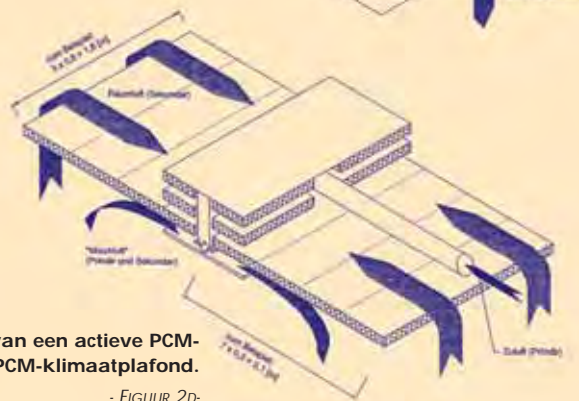
Een actieve PCM plafond inductieconvector.  
- FIGUR 2A-



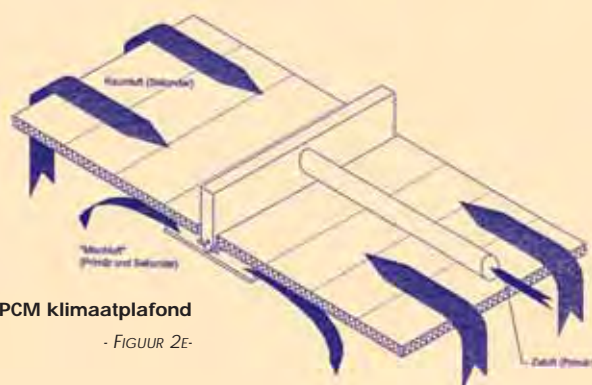
Een actief dubbel PCM klimaatplafond.  
- FIGUR 2B-



Een actieve PCM 'luchtbehandelingkast', volgens [4 en 5].  
- FIGUR 2C-



Een combinatie van een actieve PCM-inductieconvector en PCM-klimaatplafond.  
- FIGUR 2D-



Een actief enkelvoudig PCM klimaatplafond  
- FIGUR 2E-



De nieuwbouw KORIDON ZAANDAM.

- FIGUREN 3A, B EN C

- gasfase) en/of van een (omkeerbare) directe expansie koeling, zo mogelijk in omkeerbare warmtepomp-uitvoering (ook dit kan worden omschreven als een PCM-systeem waarbij een bepaald koelmiddel overgaat van de vloeibare naar de gasfase);
- tussen de luchtbehandelingkast en het PCM worden de luchtkanalen aangebracht waarbij het verse buitenluchtdebiet is uitgelegd op de, voor de gezondheid, noodzakelijke minimale luchthoeveelheid. Voor een niet sterk verontreinigend cellenkantoor en een geëiste binnenluchtkwaliteit volgens een A-klimaat [3] bedraagt het minimale verse buitenluchtdebiet; 75 kubieke meter per uur per persoon;
- in de binnenruimten worden de PCM-inductieconvectoren (een B-klimaat voor de thermische behaaglijkheid [3]) of het PCM-klimaatplafond (een A-klimaat voor de thermische behaaglijkheid) aangesloten op het kanalenwerk, waarbij voor een eventuele geringe naverwarming nog gekozen kan worden uit een elektrische dan wel cv-waterverwarming.

Eén punt van de toegepaste meet- en regelalgoritmen mag hier niet onbesproken blijven, namelijk het tijdens de stookperiode laden van warmte en het tijdens het koelseizoen laden van koude in het PCM. De thermodynamica kent eigenlijk het begrip koude niet waardoor 'het zomerse laden van koude' beter kan worden omschreven met 'het ontladen van warmte'. Nu, na een aantal proefnemingen, ziet het meet- en regelalgoritme voor het nachtelijke laden en ontladen als volgt uit:

- het verwarmingsvermogen van een ruimte wordt berekend volgens NEN 5066. Het betreft een stationaire warmteverliesberekening bestaande uit transmissie, infiltratie en ventila-

tieverliezen. Verder wordt de mogelijkheid geboden om nog extra opwarmvermogen te installeren. Indien een ruimte overdag in gebruik is, is doorgaans de verlichting aan, zijn de mensen aanwezig, staat de computer aan en treedt wat diffuse zonnestraling door de ramen naar binnen. Ook al is geen extra opwarmvermogen geïnstalleerd, dan nog bezit tijdens het gebruik van de ruimte de verwarmingsinstallatie over vermogen. Tijdens een koude winterse dag zal dit extra vermogen automatisch accumuleren in het PCM. Deze opgeslagen warmte wordt dan als vanzelf benut voor het dynamische opwarmproces van ruimten in de morgenuren. Hiervoor zijn geen extra meet- en regelvoorzieningen noodzakelijk en geen extra opwarmvermogen meer;

- indien tijdens het koelseizoen, de dag ruimteluchttemperatuur langer dan drie uur hoger is dan 26 °C voor een PCM-klimaatplafond of 25 °C voor PCM-inductieconvectoren ( door het stralingsaandeel bij klimaatplafonds), zal op het eind van de nacht in recirculatiebedrijf met mechanische koeling of in buitenluchtbedrijf met directe vrije buitenluchtcooling het PCM weer moeten worden bevroren, zodat voor het dagbedrijf meer dan voldoende latente 'koude' ter beschikking staat.

Het bovenstaande meet- en regelalgoritme zal erin resulteren dat het aantal uren dat tijdens de winter 's nachts de PCM-installatie in bedrijf is en er tijdens zomerse nachten moet worden ontladen, zeer gering zijn. Doorgaans zal de PCM-installatie dan ook alleen maar tijdens de gebruikstijd van het gebouw daadwerkelijk draaien. De meeste tijd van het jaar zal het PCM zich in een slurryachtige aggregatietoestand bevinden bestaande uit bevroren vaste stof en gesmolten vloeibare stof,

gezamenlijk en gemengd aanwezig in de PCM-platen. Bewust kiezen we voor het niet installeren van extra opwarmvermogen, maar toch voor de toepassing van nacht en weekeindverlagingen, ook al kan het gebouw als thermisch traag worden beschouwd.

#### VOORBEELD PROJECTEN.

1. De nieuwbouw KORIDON Plaatwerk BV te Zaandam vormt een eerste pilootproject. In dit project zijn 15 PCM-inductieconvectoren geïnstalleerd, gekoppeld met indirecte adiabatische dauwpuntkoeling [12] en cv-water naverwarmingsbatterijen in de primaire luchttoevoer. De figuren 3a, b en c geven respectievelijk het gebouw, de geïnstalleerde luchtbehandelingkast en de PCM-inductieconvectoren weer. De eerlijkheid gebied te zeggen dat in dit project tijdens warme vochtige zomerse nachten het ontladen van het PCM slechts gedeeltelijk wordt gerealiseerd vanwege het feit dat de indirecte adiabatische koeling in de luchtbehandelingskast de toevoerlucht niet voldoende diep gekoeld krijgt, om het invriezen van het PCM adequaat te realiseren. Dit vormt zoals reeds vermeld mede één van de problemen met de toepassing van passieve PCM-systemen. In deze klimaatinstallatie wordt nog een additionele DX-koeling ingebouwd. Het geïnstalleerde voelbare koelvermogen bedraagt 12,5 (W/m<sup>2</sup>) voor het primaire luchtdebiet van de mechanische luchtbehandeling (A-klimaat voor de gezondheid) en 25 (W/m<sup>2</sup>) voor het secundaire luchtdebiet van de PCM inductieconvectoren (B-klimaat voor de thermische behaaglijkheid). Het totaal geïnstalleerde voelbare koelvermogen bedraagt dan 37,5(W/m<sup>2</sup>).
2. Het tweede voorbeeld betreft het renovatie project Van Alckmaer voor



Het renovatieproject SVA ALKMAAR.

- FIGUREN 4A, B EN C -

Wonen te Alkmaar. In dit project zijn 35 PCM-inductieconvectoren geïnstalleerd, gekoppeld met directe expansiekoeling (DX-koeling), geïnstalleerd in de luchtbehandelingskast van de gebalanceerde mechanische ventilatie-installatie die verder voorzien is van HR-warmteterugwinning [13]. Hier is gekozen voor naverwarming door radiatoren. Het geïnstalleerde voelbare koelvermogen in de succesievelijke ruimten bedraagt; primair 25 (W/m<sup>2</sup>) (A-klimaat voor de gezondheid) en secundair 30 (W/m<sup>2</sup>) door de inductieconvectoren (B-klimaat voor de thermische behaaglijkheid). Het totaal geïnstalleerde voelbare koelvermogen bedraagt dan 55 (W/m<sup>2</sup>). De figuren 4a, b en c geven het gebouw en de toegepaste PCM-inductieconvectoren weer.

3. Het derde voorbeeldproject vormt de nieuwbouw van een parkeergarage te Leeuwarden. De portierloge is voorzien van 3 PCM-inductieconvectoren, gekoppeld met een klein luchtbehandelingskastje boven het verlaagde plafond, voor de gebalanceerde mechanische ventilatie. De mechanische koeling in de primaire luchttoevoer wordt verzorgd door een koelwaterbatterij in de lb-unit en de naverwarming door een verwar-

mingsbatterij aan de inductieconvector. Het primaire voelbare koelvermogen in de portiersloge bedraagt 20 (W/m<sup>2</sup>) en het secundaire koelvermogen 30 (W/m<sup>2</sup>), zodat het totale voelbare koelvermogen 50 (W/m<sup>2</sup>) bedraagt. Een en ander in overeenstemming met de figuren 5a en b.

4. Het vierde pilootproject betreft een verticale PCM-inductieconvector ingebouwd in een wand van een tekenkamer en voorzien van thermisch gedreven verdringingsstroming zoals mede getoond in figuur 6a. Het primaire en secundaire voelbare koelvermogen in de tekenkamer bedragen elk 35 (W/m<sup>2</sup>), zodat het totale voelbare koelvermogen in dit renovatieproject 70 (W/m<sup>2</sup>) bedraagt. Doordat gebruik is gemaakt van 1 grotere centrale inductieozzle in de PCM-luchtbehandelingskast bedraagt het inductievoud niet meer dan 1,2. De PCM lb-kast is gekoppeld met indirecte adiabatische dauwpuntskoeling.

#### CONCLUSIES.

Nadat PCM-inductieconvectoren zijn ontwikkeld [11] zijn het laatste jaar een aantal PCM piloot projecten in Nederland gerealiseerd. Ook zijn de laatste

jaren vrij veel laboratorium en praktijkmetingen verricht. Op grond van onze ervaringen met PCM-producten en projecten concluderen wij:


- Voor de Nederlandse klimaatmarkt zijn alleen maar actieve PCM-inductieconvectoren en actieve PCM-klimaatplafonds geschikte installatieconcepten. Onzes inziens kunnen deze dan het beste worden gekoppeld met gebalanceerde mechanische ventilatie, waarvoor het primaire luchtdebiet is gedimensioneerd in overeenstemming met een A-klimaatkwaliteit uit gezondheidsoverwegingen. Uit overwegingen voor de thermische behaaglijkheid moet de smeltemperatuur van het PCM liggen rond 21 °C. Gelet op de optredende onderkoeling van het PCM, 1 à 2 °C en de extra opwarming van de aangezogen verse buitenlucht door de gebouwschil (eveneens 's nachts) ook met 1 à 2 °C en de luchttoevoerventilator zal de minimale primaire luchttoevoertemperatuur circa 16 °C moeten bedragen om weer het PCM 's nachts adequaat te kunnen invriezen. Dit lukt niet (altijd) met directe vrije buitenluchtcooling en indirecte adiabatische koeling, maar wel met additionele (duurzame) mechanische koeling.
- PCM-inductieconvectoren en PCM-klimaatplafonds leveren ten opzichte van conventionele twee- of vierpijps actieve koelconvectoren en klimaatplafonds de volgende voordelen op:
  1. Kleinere koelmachines, aquifers, verwarmingsketels en warmtepompen met behoud van het te installeren koel en verwarmingsvermogen in de succesievelijke ruimten van een gebouw.

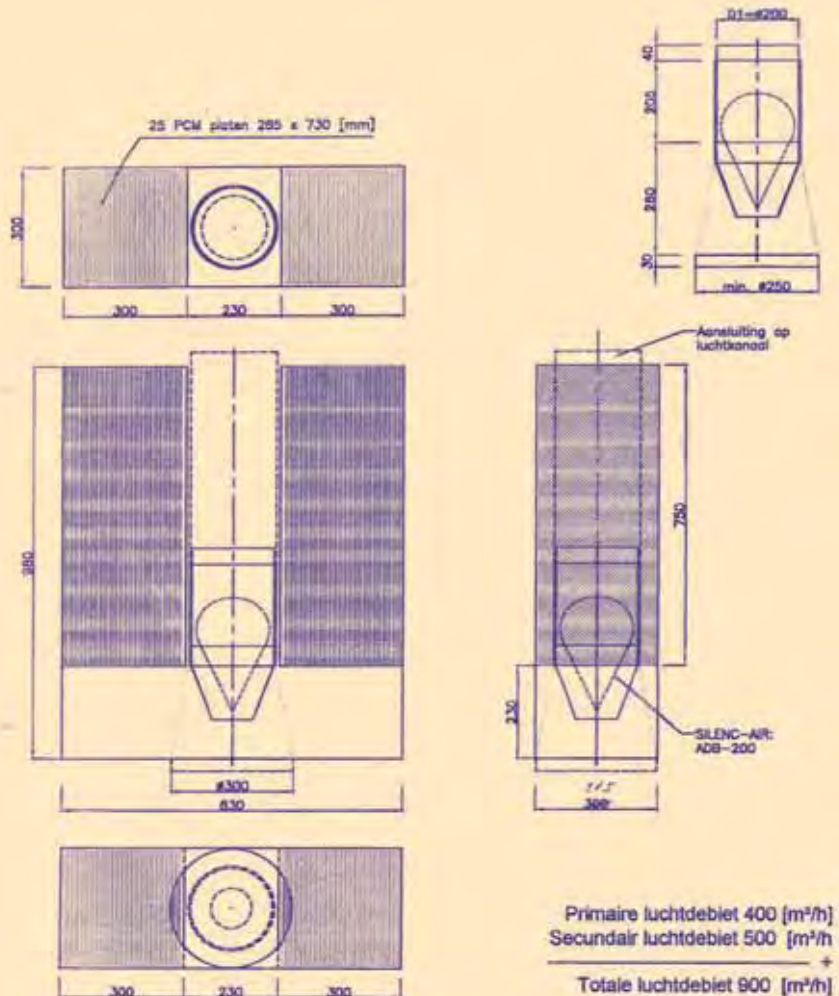


De portiersloge van het nieuwbouwproject Parkeergarage te Leeuwarden.

- FIGUREN 5A EN B -

2. Een eenvoudigere klimaatinstallatie. Vooral 'plug and play' concepten zijn realiseerbaar met minder koel- en cv-leidingen in het gebouw.
3. Bestaande top(b)koelinstallaties kunnen vrij eenvoudig, dus zonder de installatie van aanvullende koelleidingen en extra koelmachines, van top naar echte topinstallaties worden aangepast.
4. Een grotere mate van flexibiliteit. Indien het koelvermogen bij wijze van spreken verkeerd zou zijn gedimensioneerd kan via het 'bijplaatsen' van enkele PCM-platen het koelvermogen eenvoudig worden uitgebreid.
5. Overall gezien geen meerinvesteringen ten opzichte van conventionele klimaatinstallaties. Het individuele PCM-klimaatplafond of de individuele inductieconvectoren is weliswaar duurder dan individuele conventionele 'water-' klimaatplafonds en inductieconvectoren, maar hier staat tegenover kleinere koelmachines, aquifers, verwarmingsketels, warmtepompen en minder leidingwerk.
6. Energiebesparing vooral tijdens het tussenseizoen, namelijk het einde van de winter, de lente, het begin en einde van de zomer, de herfst en het begin van de winter. Dus hartje winter en hartje zomer zal geen energiebesparing optreden.
7. Een besparing op de jaarlijkse onderhoudskosten, vooral vanwege het feit dat bewegende delen in de klimaatinstallatie vervangen worden door niet bewegende delen namelijk PCM-platen.
8. Het ontwerpen en dimensioneren van PCM-klimaatplafonds en inductieconvectoren is niet anders dan voor conventionele klimaatinstallaties. Het primaire luchtdebiet wordt vastgelegd en er worden normale koellast en verwarmingslast berekeningen gemaakt met bijvoorbeeld VABI-software en in overeenkomst met NEN 5066 en 5067.

Kortom redenen voldoende om Nederland te voorzien van ACTIEVE LATENTE WARMTE-OPSLAGSYSTEMEN IN DE GEBOUWMASSA. 



Het renovatieproject tekenkamer. Adviseur ARCADIS Maastricht en geïnstalleerd door VINK systemen.

- FIGUUR 6A-

#### LITERATUUR EN DOCUMENTATIE.

1. *Toegepaste Energietechniek deel 2, Duurzame Energie*; J. Ouweland e.a., december-2005.
2. *Installatie en isolatie in de utiliteit*, A.H.H. Schmitz, TVVL Magazine september-2003.
3. NEN-EN 15251, *Criteria voor de binnenomstandigheden met inbegrip van thermische, luchtkwaliteit, licht en geluid*, mei-2005.
4. *Method for heating and cooling a room and a building with a plurality of rooms*, WO2003/102484, December-2003.
5. *PCM-klimaatplafond*, WO2005/1029355, Juni-2005.
6. *Autarkische DC-PCM gebouwen*, A.H.H. Schmitz, TVVL Magazine september-2003.
7. *Autarkische gebouwen met DC fasetransformatie*, A.H.H. Schmitz, VV+ september-2003.
8. *Betaalbare autarkische bionische gebouwen*, A.H.H. Schmitz, VV+ maart-2004.
9. *Beoordeling PCM in gebouwklimatisering*, A.H.H. Schmitz, VV+ september-2005.
10. *Nieuwe plafondklimatisering*, A.H.H. Schmitz, TVVL Magazine, januari-2006.
11. *Autarkische en actieve PCM koelconvectoren*, A.H.H. Schmitz en P. van Holten, VV+, juni-2006.
12. OXYCOM.
13. NEDAIR.