



Foto: The Geen Village

Converge, op zoek naar de grenzen van passief klimatiseren van glazen gebouwen



[Bert van Dorp](#)

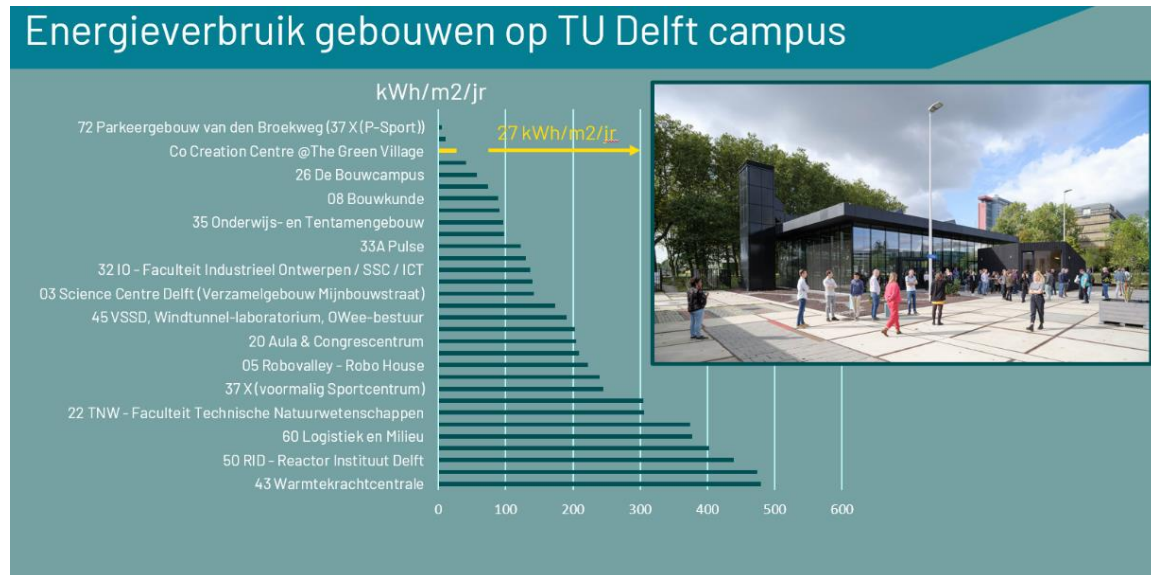
Technisch Directeur Orange Climate B.V.
November 23, 2022

Nederlandse gebouwen worden verbouwd: energiezuiniger, meer comfortabel én meer gezond. Die "grote verbouwing" levert forse dilemma's op. Hoe gaan we dit betalen? Zitten we voor veel gebouwen niet op slopershoogte, moet het niet gewoon plat? En: krijg ik wel de kennis, de materialen en de mensen?

Ik geloof dat deze verbouwing echt anders moet en kan. Wat is daarvoor nodig?

1. **Boerenslimheid**; kijken wat je nog kunt gebruiken, wat er anders moet, wat eenvoudiger kan. En dan schouders eronder en het doen.
2. Daarnaast **innovatie**: nieuwe, slimme technieken zodat het gebouw het beter gaat doen. Slim waar het beter moet, eenvoudig waar het kan.
3. En we gaan terug naar de natuur, naar eenvoudige, **passieve oplossingen**. Als we gebouwen goed isoleren, dan kunnen we vaker ventileren door een raampje open te zetten. En als we dat slim 's nachts doen, en de kou vasthouden, dan scheelt dat veel koeling. Als je deze drie dingen slim naast elkaar ontwerpt, dan wordt die "grote verbouwing" beter haalbaar, betaalbaar en schaalbaar.

In de bouwpraktijk zijn vaak grote drempels voor een slim ontwerp, innovatie en passieve technieken. Werkt het wel? En wie draagt de risico's en garanties? Om die drempels te verlagen is een groep bedrijven samengekomen om op [The Green Village](#) op TU Delft Campus een uniek gebouw te bouwen: het grootste glazen gebouw ter wereld, vol met slimme, innovatieve én passieve technieken. Onderzoekers aan de [TU Delft](#) en de bedrijven hebben jarenlang technieken en situaties getest, en de eerste papers zijn nu gepubliceerd. Door zo'n bijzonder gebouw en extreme situatie te creëren én daar met zoveel brainpower aan te werken zijn we goed in staat geweest de verschillende technieken af te wegen.

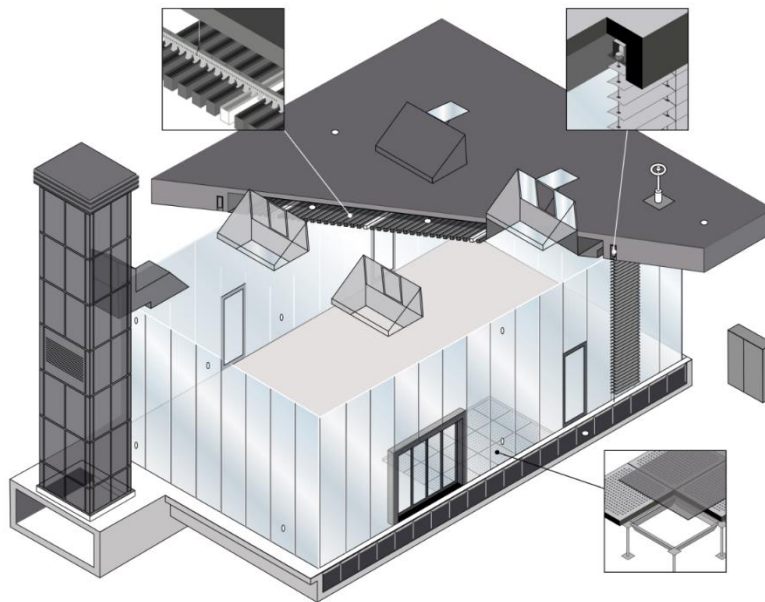


Bron: TU Delft

En heeft dat gewerkt? JA! Dit gebouw is met stip het meest energiezuinige, comfortabel en misschien wel het mooiste gebouw op de campus. Het gerucht gaat dat één van de parkeergarages aan de TU Delft zelfs meer energie gebruikt .. !



In de Kennissessie Converge op 22 november zijn een serie presentaties gegeven door de bedrijven en de onderzoekers. In dit artikel probeer ik een aantal van deze technieken uit te lichten: wellicht kun je er zelf ook betere gebouwen mee maken. Wat hebben we hier ontwikkeld en getest?



Bron: The Green Village

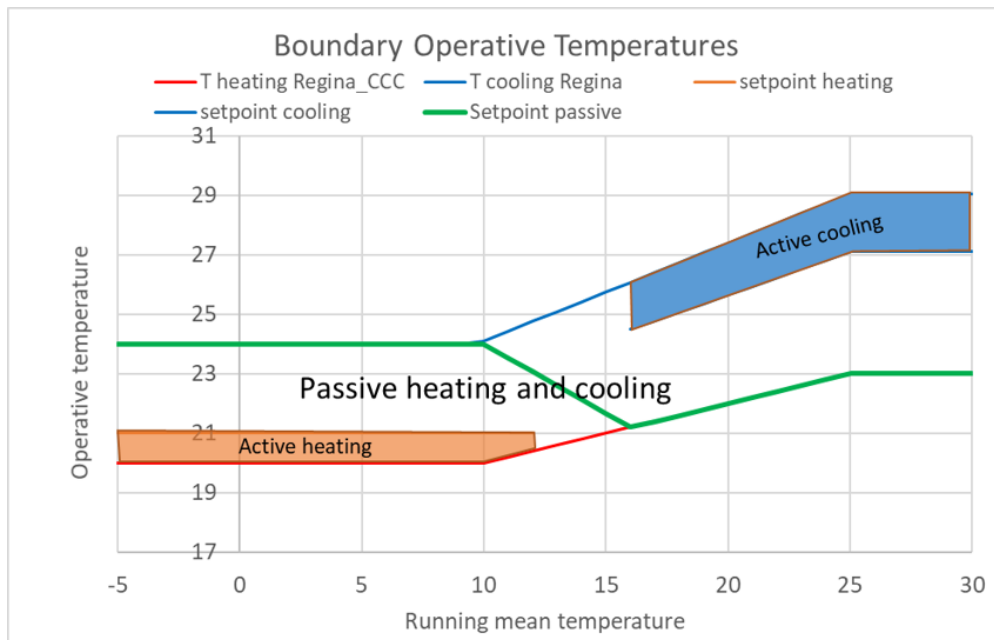
1. Een volledig glazen gevel; ook de draagconstructie voor het dak is van glas door [Wout Hoogendoorn](#)
2. Circuton: circulair, hergebruikt beton
3. Energy Piles: geactiveerde heipalen voor warmte- en koudeopslag - onderzoek door [Phil Vardon](#) (nog in uitvoering)



Co-Creation Centre

4. Pro-actieve zonnewering met jaloezieën. Door [Hunter Douglas, Inc.](#) zijn aan de buitenzijde van het gebouw jaloezieën geplaatst, die per zijde neer te laten zijn. Door middel van het kantelen van de lamellen is het mogelijk een bepaalde lichtinval én lichtkwaliteit in het gebouw te realiseren. Door [Wouter Beck](#) is een nieuwe controller ontwikkeld, die ervoor zorgt dat de zonnewering gestuurd kan worden om juist de zon binnen te laten als het gebouw opgewarmd mag worden, en het buiten te houden als het gebouw op temperatuur is. Ten opzichte van een vergelijkbaar ontwerp (dus standaard buitenzonwering) scheelt dit 20 W/m² aan benodigd koelvermogen en **10 - 30% op energieverbruik**. Denk eens aan een groter ziekenhuis; zo iets scheelt dan miljoenen aan investeringen, systemen en energiekosten.

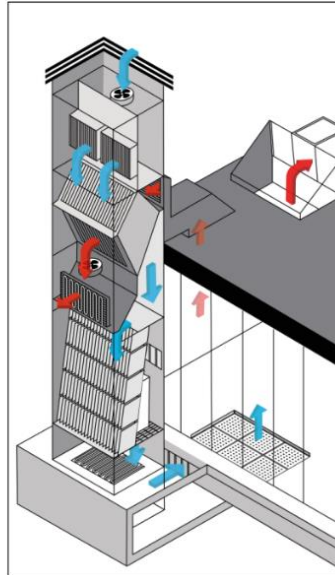




5. Slimme gebouwbesturingstechniek. Door [Priva](#) is het nieuwe Priva ECO geïnstalleerd. Dit zelflerende, adaptieve systeem zorgt ervoor dat het gebouw gebruikt maakt van weersvoorspelling en gebruikersvoorspelling (Model Predictive Control). In het onderzoek is door [Regina Bokel](#) en [Jan Knijnenburg](#) vervolgens gebruikt gemaakt van een slimme sturing op actieve en passieve technieken, waarbij rekening gehouden wordt met comfort door middel van de ISO 74 - Adaptief Thermisch Comfort. Door dit weer te koppelen aan de behoefte aan binnentemperatuur op de verschillende momenten op de dag is **30 - 60% energie te besparen**. *Need we say more?*
6. Passieve ventilatie en koeling door het openen van de daklichten. De vier daklichten kunnen open gestuurd worden. Hiermee is de ruimte te koelen en te ventileren. Mede doordat het een grotere ruimte is, werkt dat eigenlijk bijzonder goed. 's Nachts of overdag worden de daklichten open gestuurd om te ventileren en/of te koelen. In het onderzoek zijn CFD-simulaties uitgevoerd (door [Peter van den Engel](#)) hoe dit gedaan kan worden zonder klachten als tocht of koude.
7. Ventileren van onderaf. De vloer in het gebouw is voorzien van een verhoogde vloer. Onder de vloer wordt lucht ingeblazen, en ongeveer 30% van de vloertegels zijn geperforeerd, zodat geventileerd kan worden van onderaf. Hierdoor ontstaat een bijzonder fijnmazige verdeling, met een hele lage lichtsnelheid. De lucht stijgt op en neemt vervuiling en CO₂ weer mee. Daardoor is deze vorm van ventileren 3x effectiever dan de standaard mengventilatie, waarbij lucht met roosters wordt ingeblazen en weer wordt afgevoerd. En: bij een goed geïsoleerd gebouw kan met lage temperatuurverschillen voldoende verwarmd en gekoeld worden. Zo bespaar je een kostbaar klimaatplafond of andere installaties. De afgelopen jaren wordt dit in steeds meer (nieuwe) gebouwen toegepast, zoals bijvoorbeeld op het nieuwste onderwijsgebouw Echo aan de TU Delft.

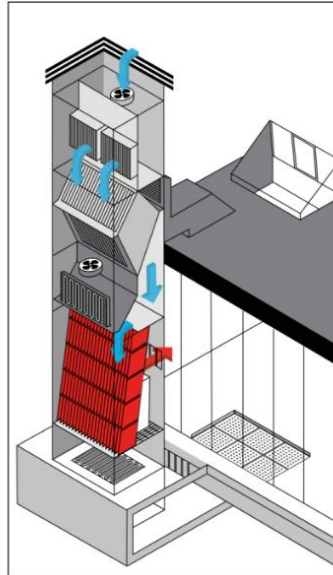
Summer, spring, fall
10 - 20 °C

Sunshades open
window open
WP off
PCM off
HRU off



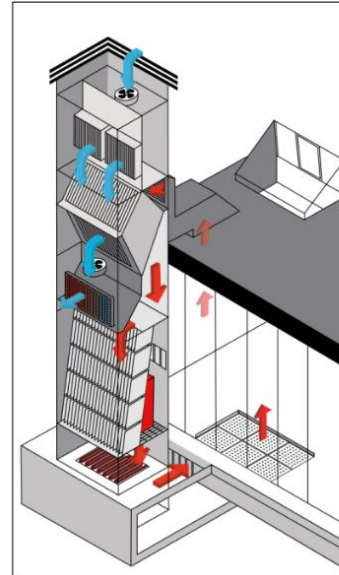
Summer, night
15 °C

Fan for cooling PCM



Winter clouded 0 °C

Sunshades open
window closed
WP closed
PCM on heating
HRU on



8. Faseovergangsmaterialen (PCM) van [OC Autarkis](#) voor passieve koeling en warmtebehoud. In de Klimaattoren is een grote PCM-buffer geplaatst: ongeveer 270 kWh aan warmte en koude kan opgeslagen worden. dat is veel minder dan een WKO-systeem, maar het is wel heel eenvoudig: als er warmte over is, dan wordt het via de kruisstroomwisselaar van de Klimaattoren naar het PCM ingeladen, om de volgende dag weer ingezet te worden. En als in het voorjaar en de zomer gekoeld moet worden, wordt 's nachts de koude in de PCM-panelen geladen, en overdag eenvoudig naar binnen geblazen met de inkomende ventilatielucht. Het onderzoek laat fascinerende uitkomsten zien:



ARTICLE

Performance of a Phase Change Material Battery in a Transparent Building

Peter van den Engel^{1,*}, Michael Malin², Nikhilesh Kodur Venkatesh¹ and Luigi Antonio de Araujo Passos¹

¹Delft University of Technology, Delft, 2600 GA, The Netherlands

²CHAM, Bakery House, London, SW19 5AU, UK

*Corresponding Author: Peter van den Engel. Email: p.j.w.vandenengel@tudelft.nl

Received: 15 February 2022 Accepted: 14 July 2022

ABSTRACT

This research evaluates the performance of a Phase Change Material (PCM) battery integrated into the climate system of a new transparent meeting center. The main research questions are: a. "Can the performance of the battery be calculated?" and b. "Can the battery reduce the heating and cooling energy demand in a significant way?" The first question is answered in this document. In order to be able to answer the second question, especially the way the heat loading in winter should be improved, then more research is necessary. In addition to the thermal battery, which consists of Phase Change Material plates, the climate system has a cross-flow heat exchanger and a heat pump. The battery should play a central role in closing the thermal balance of the lightweight building, which can be loaded with hot return or cold outdoor air. The temperature of the battery plates is monitored by multi-sensors and simulated by the use of PHOENICS (Computational Fluid Dynamics) and MATLAB. This paper reports reasonable agreement between the numerical predictions and the measurements, with a maximum variance of 10%. The current coefficient of performance for heating and cooling is already high, more than 27. There is scope for increasing this much further by making use of the very low-pressure difference of the battery (below 25 Pascal), low pressure fans and the ventilation system as a whole.

- **Koelen met een COP van 27**, dat is ongeveer 10x zuiniger dan een koelmachine. En: geen onderhoud en vervanging.
- Bij verwarmen wordt de COP van de warmtepomp ongeveer 50% verbeterd. Door de interactie van de afgifte met de energieopslag in het PCM hoeft de warmtepomp minder hard te werken, en gaat de installatie efficiënter en krachtiger werken. Die 50% scheelt vervolgens weer op de investering én op de benodigde netaansluiting.

9. De add-on Klimaattoren. De toegevoegde waarde van deze opvallende installatie is dat het eenvoudig, prefab aan te leveren en te installeren is. Zoals nu ook een luchtbehandelingscentrale in één keer op een dak gehesen wordt, zo is ook deze Klimaattoren in één dag te plaatsen. Een slimme architect weet hiervan gebruik te maken, en het gebouw kan allerlei functies vervullen: het opslaan van warmte en koude, elektriciteitsopslag, huisvesten warmtepomp en regeltechniek, etcetera. Wellicht is er zelfs behoefte aan zichtbare iconen van verduurzaming ('urban redesign'). En zo niet? Dan stoppen we de Klimaattoren de volgende keer in een container onder de grond.

We hebben nog meer geleerd, zoals een aantal belemmeringen voor opschaling:

1. Deze technieken zijn geen generiek klimaatconcept, zoals een WKO en klimaatplafonds, of simpelweg een VRF met een unit op elke ruimte, dat je zonder meer kunt knippen en plakken op een volgend gebouw. Het vraagt om deskundige ontwerpers en afwegingen.
2. Een Klimaattoren vraagt ruimte, hoogte en maakt geluid. Tegelijkertijd is het eenvoudig te plaatsen, en maakt het geen inbreuk op het gebouw. In de Nederlandse praktijk van ruimtelijke ordening is he nog niet eenvoudig, maar het wordt eigenlijk wel tijd dat we breder gaan nadenken over oplossingen voor binnenstedelijke energetische renovaties.
3. De complexiteit en de kosten van de beleidsinstrumenten op het gebied van materialen en circulariteit zijn niet eenvoudig. De NMD, MKI, MPG, etcetera vragen om behoorlijk kennis en kunde, en worden ook nog eens verschillend uitgelegd. Door de groep houtbouwers en voorstanders van biobased renovaties is hier de laatste jaren ook veel aandacht voor gevraagd.
4. De NTA 8800, oftewel de BENG rekenmethodiek voor het beoordelen van de energieprestatie van gebouwen heeft stevige beperkingen. Zo is het niet of nauwelijks mogelijk om passieve en actieve technieken voor koeling naast elkaar in te voeren. Slimme gebouwtechniek wordt niet gewaardeerd, je krijgt er geen score voor. De zonnewering kan ook niet ingevoerd worden met instellingen die sturen op energie én daglichtcomfort. En de verschillen in berekende en werkelijke energiegebruiken blijven groot. Oftewel; volgens de BENG staat hier eigenlijk een standaardgebouw, in plaats van een unieke energieprestatie. Dat kan beter!

Mijn grote dank voor de bedrijven én de mensen: [Bas Hasselaar](#) van [DGMR](#), [Armand Paardekooper Overman](#) van [Mecanoo](#), [Kroon & de Koning BV](#), [Diana de Krom](#) van ABT, [Hunter Douglas, Inc.](#) en [Wouter Beck, Priva](#) met [Jan Knijnenburg](#) en [Rob Van Hasenbroek](#), de onderzoekers [Luigi Antonio de Araujo Passos](#), [Peter van den Engel](#), [Regina Bokel](#), [Eleonora Brembilla](#). En natuurlijk de mensen die het mogelijk hebben gemaakt: [Tim Jonathan](#) (special thanks!) en [Marjan Kreijns](#) en (destijds) [Jaron Weishut](#) en [Hubert Linssen](#) van [The Green Village](#), en de bedenkers [Peter Luscuere](#), die samen met [Henk Willem van Dorp](#) van [Van Dorp](#) en [Jan Gossens](#) nog de eerste tekeningen van de klimaatconcepten heeft gemaakt. Natuurlijk [Netherlands Enterprise Agency \(RVO\)](#) en de subsidie vanaf [TKI Urban Energy](#). Last but not least: [Jurgen de Vetten](#) van [OC Verhulst](#); wat heb jij er hard aan getrokken om dit ook gemaakt te krijgen!

En de toekomst? Op dit moment zijn verschillende onderzoeksvoorstellen ingediend waarbij dit gebouw en de Klimaattoren gebruikt gaat worden. Dat kan namelijk heel makkelijk: het gebouw heeft de installaties en de ruimte om energiepositief te zijn. Hiermee kan het gebruikt worden om warmte, koude en elektriciteit aan de omgeving af te geven, of juist weer op te nemen. Het gebouw en de Klimaattoren is in staat om in een vervolgfase een aantal andere gebouwen in de buurt volledig te voorzien van de benodigde energie. De volgende stap is de interactie met de andere infrastructuur op [The Green Village](#), zoals het Warmtenet. Dit wordt nog een heel avontuur. Gaan we de traditionele warmte-invoer 'terugduwen' naar buiten dit gebied? En als de installaties warmte bufferen omdat het warmtenet nog even te hoog staat afgesteld; is dat dan gratis warmte? Als deze installatie overvloedige warmte uit een ander gebouw opslaat; leveren we dan koude?

Wordt vervolgd!