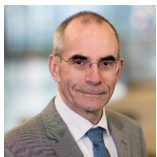


# DYNAMISCHE ISOLATIE – DE OPLOSSING VOOR HET BEPERKEN VAN ENERGIEVRAAG MET BEHOUD VAN ZOMERCOMFORT?

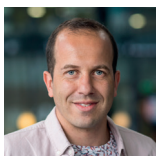
**Goed geïsoleerde woningen, zoals passiehuizen, hebben de neiging om warmte vast te houden in de zomer. Constructie-elementen met dynamisch instelbare thermische transmissie-eigenschappen, de zogenaamde dynamische isolatie, zijn een veelbelovende oplossing om dit probleem van oververhitting te verminderen. In dit artikel wordt de werking van een nieuw type dynamisch isolatiesysteem onderzocht. Een simulatiemodel is ontwikkeld om de prestaties van de dynamische isolatie te voorspellen. Resultaten laten zien dat een negenvoudige hogere U-waarde kan worden bereikt in de actieve toestand, in vergelijking met de inactieve (isolerende) toestand van het systeem. Het dynamische isolatiesysteem kan het energieverbruik voor verwarmen verlagen en tegelijkertijd het thermisch comfort binnenshuis vergroten.**



ir. S.J.M. (Stefan)  
Koenders, TU Eindhoven



prof.dr.ir. J.L.M. (Jan)  
Hensen, TU Eindhoven



dr.ir. R.G.C.M. (Roel)  
Loonen, TU Eindhoven

Het toenemend gebruik van thermische isolatie is een van de speerpunten van wet- en regelgeving om het energieverbruik in de gebouwde omgeving te verminderen. Door het verminderen van warmteverliezen tijdens de winterperiode heeft het toepassen van thermische isolatie bewezen een effectieve manier te zijn om energiezuinige gebouwen te realiseren [1]. Het begint echter steeds duidelijker te worden dat deze goed geïsoleerde gebouwen ook een nadeel hebben: een hoger aantal temperatuuroverschrijdingsmomenten [2] of een hogere koelvraag [3]. De voornaamste reden hiervoor is dat meerdere opeenvolgende warme dagen ertoe kunnen leiden dat de warmte opgesloten blijft in de woning en de woning 's nachts niet voldoende kan afkoelen.

Gedurende het jaar zijn er verschillende perioden waarin een grote warmtestroom over de gebouwschil gunstig kan zijn. Deze momenten vinden niet alleen plaats tijdens koele zomeravonden wanneer eenvoudig warmte afgegeven kan worden aan de hemelkoepel, maar ook op zonnige winterdagen, wanneer zonnestraling die geabsorbeerd wordt aan de buitenkant van het gebouw kan bijdragen aan vermindering van de warmtevraag. Bouwelementen met dynamisch instelbare thermische transmissie-eigenschappen kunnen een veelbelovende oplossing zijn voor het verminderen van het energieverbruik en tegelijkertijd het comfort in gebouwen verbeteren [4].

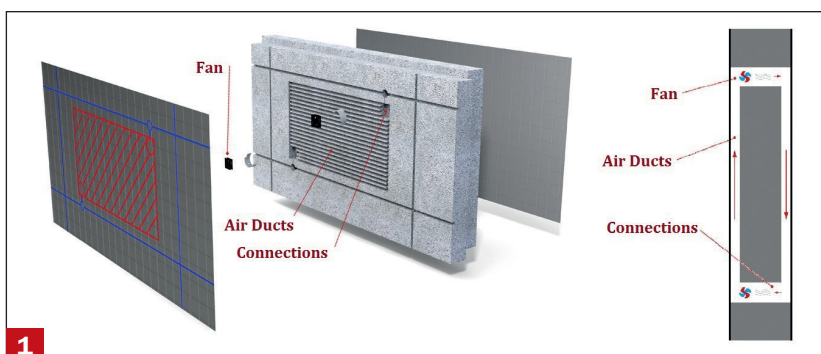
In dit artikel wordt een nieuw type dynamisch isolatiesysteem onderzocht, namelijk Active Insulation [5]. Het systeem bestaat uit een isolatiepaneel met een stelsel van luchtkanalen aan de voor- en achterzijde en twee kleine ventilatoren om een luchtstroom op gang te brengen. Het gehele paneel is luchtdicht afgesloten met aluminiumfolie. Figuur 1 geeft een schematische doorsnede van het Active Insulation paneel weer. Als de ventilatoren uit staan, gedraagt het paneel zich als een normaal isolatiepaneel omdat de stilstaande lucht bijdraagt aan het realiseren van een hoge thermische weerstand. Echter, wanneer de ventilatoren aan worden gezet, dan zal de lucht door de kanalen bewegen en wordt de isolatielaag als het ware overgeslagen. Dit resulteert in een verhoogde warmteoverdracht tussen binnen en buiten, waarbij het systeem functioneert als een actieve warmtewisselaar.

Active Insulation is een relatief low-tech oplossing, vooral in vergelijking met enkele van de andere ideeën voor het aanpasbaar maken van thermische isolatie. Op dit moment is er slechts weinig bekend over het technische prestatievermogen van het gevelsysteem. Zulke inzichten zijn nodig om kosten-batenanalyses te maken en om richting te kunnen geven voor het verplaatsen van het onderzoeks- en ontwikkelingsproces naar gebieden met een hoog potentieel [6]. Het doel van dit artikel is daarom om de prestaties van Active Insulation in de gebouwde omgeving te onderzoeken en in kaart te brengen.

## ONTWIKKELING VAN EEN SIMULATIEMODEL- EN SIMULATIESTRATEGIE

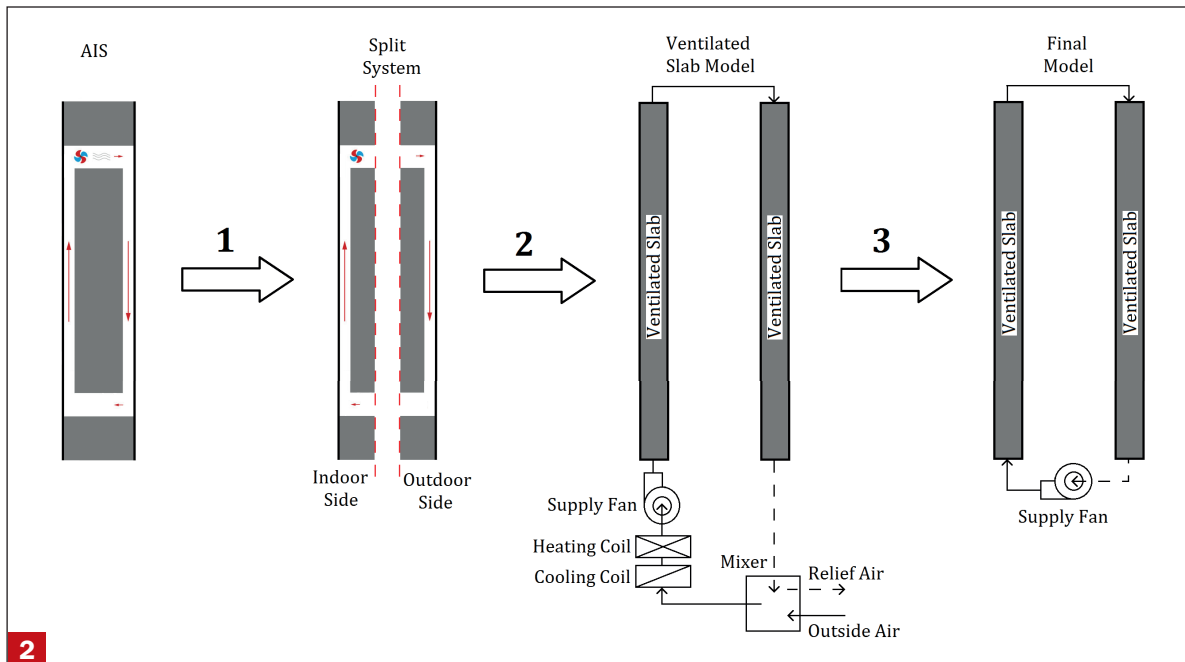
### *Systeem beschrijving en vereisten*

Het werkingsprincipe van Active Insulation is gebaseerd op warmteoverdracht door middel van luchtcirculatie in een gesloten systeem met één warme en één koude zijde. Het isolatie element wordt in een meerlaagse sandwichconstructie geplaatst, zodat warmte die wordt overgedragen door de lucht wordt uitgewisseld met de oppervlakken die in direct contact staan met het Active Insulation paneel.



1

Overzicht en schematische doorsnede van het Active Insulation paneel



Schematisch weergave van de implementatie van Active Insulation in het Ventilated Slab model

De verhoogde warmteoverdracht wordt bereikt door de ventilator in het systeem te activeren wanneer een bepaald temperatuurverschil tussen binnen en buiten optreedt. Tijdens koele zomeravonden is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten groot genoeg om het systeem te activeren en te gebruiken voor het koelen van de woning. Door de lage thermische weerstand in de actieve toestand ontstaat een warmtestroom van binnen naar buiten en zal de woning makkelijk kunnen afkoelen. Op zonnige winterdagen warmt de gevel van een woning juist op door zoninstraling en ontstaat een temperatuurverschil wat gebruikt kan worden voor het verwarmen van de woning. De lage thermische weerstand van het systeem zorgt ervoor dat de warmte door de constructie kan transporteren.

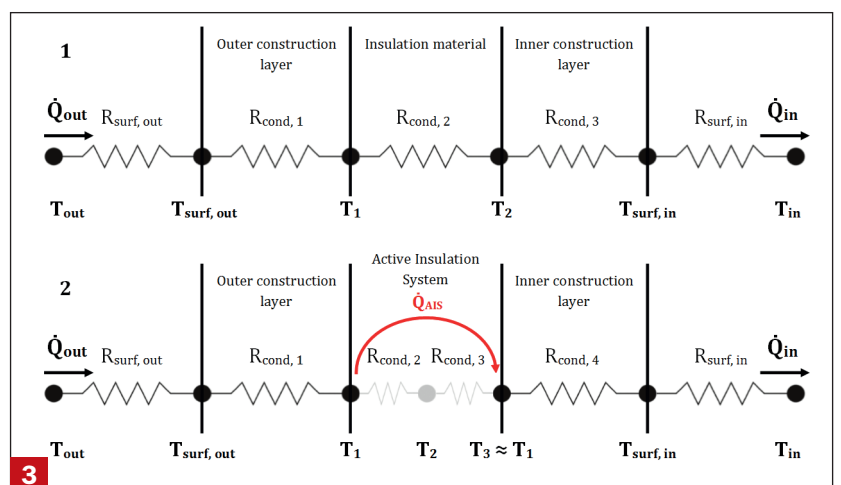
Als er geen potentieel voor nuttige verwarming of koeling door de gevel is, dan wordt de ventilator uitgeschakeld en is het systeem inactief. Vanwege de mogelijkheid om te functioneren als zowel een verwarmingssysteem als een koelsysteem, is het duidelijk dat de besturing van Active Insulation in de loop van de tijd zou moeten reageren op veranderende weersinvloeden. Voor verwarming moet de activering worden gebaseerd op een verhoogde buitenoppervlaktetemperatuur als gevolg van zonnestraling of een hoge luchttemperatuur buiten. Als koeling gewenst is, moet de activering worden gebaseerd op een lage buiten(oppervlakte)temperatuur. Het beschouwen van Active Insulation als een bouwelement met zeer lage thermische weerstand is daarbij niet voldoende, omdat deze benadering voorbij zou gaan aan het feit dat Active Insulation kan functioneren als een actieve warmtewisselaar.

**Model beschrijving**

Het gebouwssimulatieprogramma EnergyPlus (v8.6.0) is gebruikt om het gedrag en de prestaties van Active Insulation te modelleren. Uitgangspunt van de implementatie is het bestaande 'Ventilated Slab Model' dat is ontwikkeld door Chae en Strand [7]. Beide systemen werken middels het principe van gedwongen convectie door holtes in een

constructiemateriaal. Het systeem kan worden geactiveerd op basis van temperatuur, waardoor het voldoet aan de vereisten met betrekking tot de mogelijkheid voor een dynamische regeling. Warmtewisseling vindt plaats tussen de lucht en het materiaal, waarbij het materiaal zich als laagtemperatuur stralingssysteem gaat gedragen wanneer de warmte door geleiding het oppervlak van het materiaal heeft bereikt.

De wijzigingen die werden aangebracht in het Ventilated Slab Model om de kenmerken van Active Insulation te implementeren, zijn weergegeven in figuur 2. Allereerst is Active Insulation verdeeld in twee delen: een binnenzijde en een buitenzijde (stap 1). In het model kan dit worden gemodelleerd als twee afzonderlijke elementen die in serie zijn verbonden (stap 2). Ten slotte worden de verwarmings- en koelbatterij en de inlaatklep voor buitenlucht verwijderd, omdat Active Insulation geen geconditioneerde buitenlucht gebruikt. Dit resulteert in twee Ventilated Slabs in serie met een ventilator om de luchtcirculatie te regelen (stap 3).



Thermisch weerstand diagram van een typische constructie (1) en een constructie met Active Insulation (2)

Tabel 1: Eigenschappen van de verschillende componenten van Active Insulation

Component	Specificatie	
<b>Isolatiemateriaal</b>	EPS-isolatie $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$	$\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ $c_p = 1500 \text{ J/kgK}$
<b>Kanalen</b>	Kanaal diameter: 0.005 m Kanaal afstand: 0.01 m	Kanaal lengte: 0.8 m Aantal kanalen per kant: 20
<b>Ventilator</b>	Ventilator: 50 x 10 mm 5 Volt Volumestroom: 0.0047 m <sup>3</sup> /s	Ventilator efficiëntie: 0.95 Drukverhoging: 0 Pa

Een schematisch diagram van de thermische weerstand van een typische constructie (1) en een constructie uitgerust met Active Insulation (2) wordt getoond in figuur 3. Als de ventilator van Active Insulation uit staat, gedraagt het systeem zich als een normaal isolatiemateriaal en is de thermische weerstand gelijk aan dat van een typische constructie. Het belangrijkste verschil tussen de twee situaties is wanneer Active Insulation wordt geactiveerd en de warmte overgedragen wordt tussen punt 1 en 3. Door deze warmteoverdracht zal de temperatuur op punt 3 (T3) relatief vergelijkbaar zijn met de temperatuur op punt 1 (T1). Dit vertegenwoordigt het overbruggen van de thermische weerstand van de isolatie (Rcond, 2 en Rcond, 3).

### EERSTE SIMULATIE RESULTATEN

#### Karakterisering van het gevelsysteem (U-waarde)

Voordat dynamische simulaties op gebouwniveau worden uitgevoerd, is de modelimplementatie geverifieerd in een situatie met bekende randvoorwaarden. Voor dit doel wordt de U-waarde van Active Insulation numeriek bepaald door een Hotbox-situatie na te bootsen conform de EN-ISO 8990. De berekeningen worden uitgevoerd over een paneel met een totale dikte van 160 mm en de specificaties uit tabel 1. Er zijn twee Hotbox-simulaties uitgevoerd, één als het systeem uit staat en één wanneer het systeem aan staat. De uit-toestand resulteert in een U-waarde van 0.185 W/m<sup>2</sup>K (R-waarde 5.40 m<sup>2</sup>K/W), en is daarmee gelijk aan de waarde die wordt gevonden via handberekeningen. Wanneer de ventilatoren worden geactiveerd neemt de U-waarde van de isolatie toe tot 1.657 W/m<sup>2</sup>K (R-waarde 0.60 m<sup>2</sup>K/W), een negenvoudige hogere warmteoverdracht.

Tabel 3: Eigenschappen en regelstrategie van de verschillende passieve koelmaatregelen

Passieve koeling	Eigenschappen	Regelstrategie
<b>Nachtventilatie</b>	Ventilatievoud 1/h	06:00 – 24:00 $T_{\text{ambient}} < T_{\text{operative,inside}}$ & $T_{\text{operative,inside}} > 25^\circ\text{C}$
	Ventilatievoud 3/h	
	Ventilatievoud 5/h	00:00 – 06:00 $T_{\text{ambient}} < T_{\text{operative,inside}}$ & $T_{\text{surface}} > 22^\circ\text{C}$ & $T_{\text{ambient}} > 10^\circ\text{C}$
<b>Zonwering</b>	HR-LT zonwering	T-sol = 0.1 R-sol = 0.8 Verlaagd bij 250 W/m <sup>2</sup>
	Overstek 1.0 m	-
	Overstek 1.5 m	-
<b>Active Insulation</b>	25% actief oppervlak	Laag setpoint verwarming: 20°C
	50% actief oppervlak	Hoog setpoint verwarming: 22°C
	100% actief oppervlak	Laag setpoint koeling: 22°C Hoog setpoint koeling: 24°C

Tabel 2: Eigenschappen van het referentiegebouw

Gebouw onderdeel	Eigenschappen
<b>Gebouwschil</b>	R-waarde gevel: 6.00 m <sup>2</sup> K/W R-waarde begane grond: 5.00 m <sup>2</sup> K/W R-waarde tussenvloer: 0.32 m <sup>2</sup> K/W
<b>Ramen</b>	U-waarde glas: 0.70 W/m <sup>2</sup> K U-waarde kozijn: 2.40 W/m <sup>2</sup> K ZTA-waarde: 0.501
<b>Zonwering</b>	Buitenzonwering, geactiveerd als zonstraling > 350 W/m <sup>2</sup>
<b>Ventilatie</b>	15 dm <sup>3</sup> /sm <sup>2</sup> , warmteterugwinning en bypass voor zomerventilatie
<b>Infiltratie</b>	0.400 dm <sup>3</sup> /sm <sup>2</sup> , corresponderend met een ventilatievoud van 0.08
<b>Setpoints</b>	Van 06:00 – 23:00: 20°C Nachtverlaging naar 18°C

#### Casestudy beschrijving

Een vrijstaande referentiewoning is gebruikt om de impact van Active Insulation op het energieverbruik en risico op overschrijdingsuren in de woning te analyseren. Tabel 2 geeft een kort overzicht van de eigenschappen van de woning. Op basis van aanbevelingen uit eerder onderzoek zijn de klimaatgegevens voor de simulaties afkomstig van een landklimaat, in dit geval Stuttgart (Duitsland) [8]. Het basismodel heeft geen airconditioningsysteem, omdat het doel van het onderzoek is om het effect van dit systeem op oververhitting in de zomer te bestuderen.

#### Vergelijking van passieve koelmaatregelen

De passieve koelmaatregelen die in dit onderzoek worden vergeleken, zijn weergegeven in tabel 3. Nachtventilatie wordt gemodelleerd met behulp van een constant ventilatievoud. De regelstrategie voor nachtventilatie is gebaseerd op een uitgebreide literatuurstudie [9]. Het gebruikte zonweringssysteem is een sterk reflecterend scherm met lage lichtdoorlatendheid en wordt geactiveerd bij een zoninstraling van 250 W/m<sup>2</sup>. Overstekken worden geplaatst op de ramen op het oosten en op het zuiden.

Een Active Insulation-paneel bestaat uit een statisch en een actief gedeelte (figuur 1). Het actieve deel is het eigenlijke warmtewisselend oppervlak met de luchtkanalen en ventilatoren, terwijl het statische deel bestaat uit reguliere isolatie rond de bevestigingspunten. Om rekening te houden met de impact van dit statische en actieve deel, zijn drie simulaties uitgevoerd met een verschillende hoeveelheid van actief oppervlak, respectievelijk 100%, 50% en 25%.

#### Prestatie-indicatoren

Voor de comfortbeoordeling wordt het adaptieve thermische comfortmodel voor woningen beschreven door Peeters et al. [10] gebruikt. Dit adaptieve model koppelt de comforttemperatuur aan de buitentemperatuur en staat hogere binnentemperaturen toe tijdens periodes met meerdere opeenvolgende warme dagen. Een acceptatie van 90% wordt bereikt met een toegestane comfortband

van 5°C en een acceptatie van 80% met een comfortband van 7°C. Beoordeling van de overschrijdingsuren vindt plaats tijdens uren met aanwezigheid van maart tot november, omdat dit de maanden zijn met temperaturen die kunnen leiden tot oververhitting van de woning. Een van de voordelen van Active Insulation is de verwachte vermindering van de verwarmingsvraag in de winter. De verwachting is dat de door zoninstraling opgewarmde buitengevel kan zorgen voor een warmtestroom naar binnen toe. Het primaire energieverbruik dat nodig is om aan de voorspelde warmtevraag te voldoen, zal daarom voor de verschillende casestudies worden berekend, waarbij een vergelijking wordt gemaakt met een lucht/water-warmtepomp met een COP van 3.0. De prijs per eenheid energie is € 0.18/kWh voor elektrische energie, op basis van typische consumentenpreizen.

**RESULTATEN EN DISCUSSIE**

**Thermisch comfort**

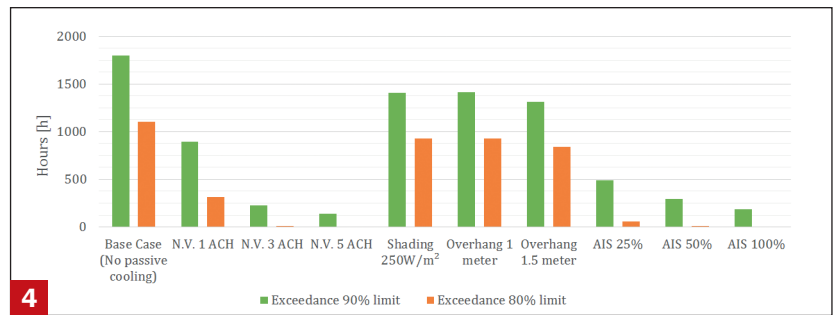
Figuur 4 vergelijkt de comfortomstandigheden in de woonkamer voor de verschillende casestudies, uitgedrukt als overschrijdingsuren van de comfortgrenzen. Zelfs bij een laag actief oppervlak van Active Insulation (AIS) kan de hoeveelheid overschrijdingsuren aanzienlijk worden verminderd ten opzichte van de basissituatie. Door het actieve oppervlak tot 100% te vergroten, worden de overschrijdingsuren nog verder verlaagd. Vergelijkbare resultaten zijn haalbaar met nachtventilatie met een hoog ventilatievoud. Het bereiken van een constant ventilatievoud van 3 of 5 is echter relatief moeilijk, omdat natuurlijke ventilatie wordt beïnvloed door onder andere temperatuurverschillen, windsnelheid, windrichting en drukverschil.

**Temperatuurprofiel**

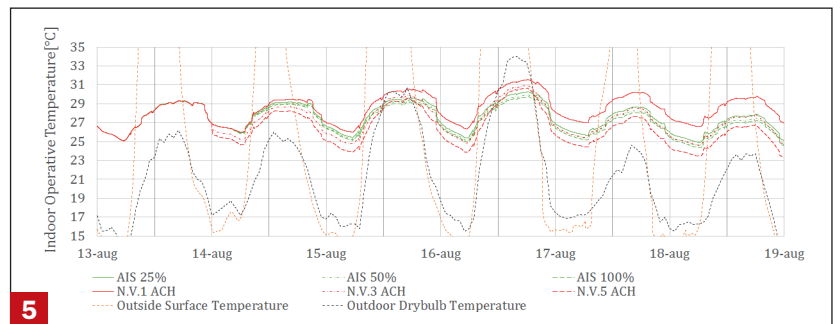
Omdat Active Insulation en nachtventilatie vergelijkbare effecten vertonen ten aanzien van vermindering van het aantal overschrijdingsuren, werd een gedetailleerde studie uitgevoerd voor een zomerperiode (13 augustus - 18 augustus). Uit figuur 5 is te zien dat de operationele temperatuur in de woonkamer niet veel afwijkt tussen de verschillende Active Insulation varianten en vergelijkbaar is met de temperaturen behaald met nachtventilatie. Een vergelijking van de oppervlaktetemperatuur binnen toont daarentegen een veel groter verschil tussen de twee maatregelen (figuur 6). Door de thermische massa rechtstreeks af te koelen, kan Active Insulation in alle gevallen lagere oppervlaktetemperaturen bereiken. De grafiek laat zien dat Active Insulation in de loop van de tijd de oppervlaktetemperatuur kan verlagen, terwijl deze oppervlaktetemperatuur ongeveer gelijk blijft bij gebruik van nachtventilatie.

**Warmtevraag**

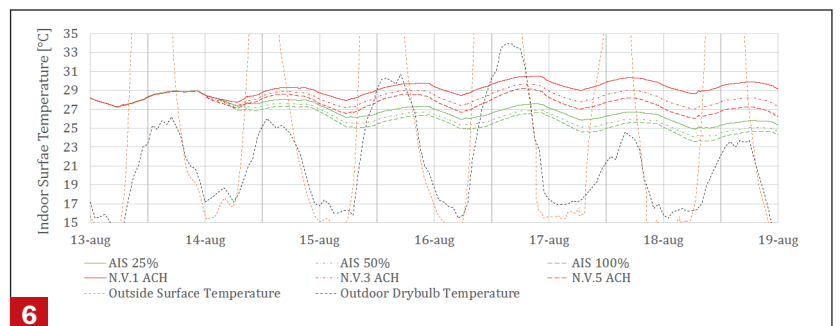
Figuur 7 toont de jaarlijkse specifieke warmtevraag van de woonkamer. De toepassing van Active Insulation is de enige casestudy waarbij de warmtevraag daalt; een hoger actief oppervlak leidt tot een lagere verwarmingsvraag. Active Insulation kan de warmtevraag verminderen met 16% - 22%, afhankelijk van de hoeveelheid actief oppervlak. Dit is het resultaat van warmteoverdracht naar de woonkamer op zonnige winterdagen wanneer het buitenoppervlak wordt opgewarmd door zoninstraling.



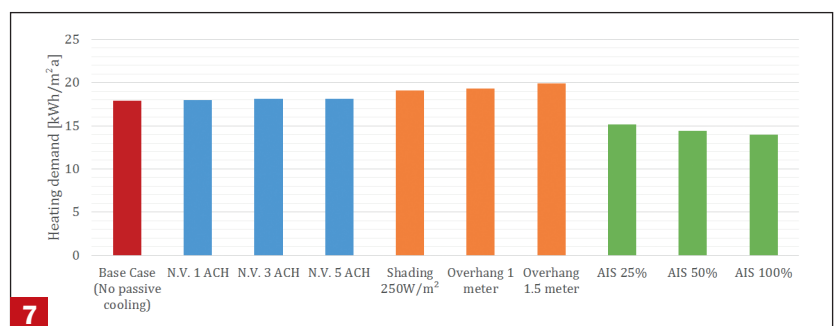
**4** Aantal uren dat de operationele temperatuur in de woonkamer de 80% of 90% acceptiegrens overschrijdt voor de verschillende passieve koelingsmaatregelen



**5** Operatieve temperatuurgradiënt van de woonkamer voor Active Insulation en de nachtventilatie situaties



**6** Oppervlaktetemperatuurgradiënt van de zuidgevel voor Active Insulation en de nachtventilatie situaties



**7** Verwarmingsvraag in de woonkamer voor de verschillende casestudies. In groen, blauw en oranje zijn alle verschillende varianten voor respectievelijk Active Insulation (groen), nachtventilatie (blauw) en zonwering (oranje) aangegeven

**Benodigde elektrische energie**

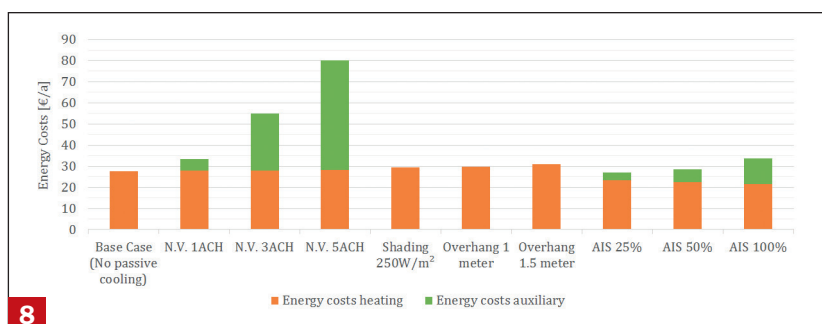
Van alle casestudies gebruiken Active Insulation en nachtventilatie, op basis van mechanische ventilatie, elektrische energie voor het behalen van de resultaten. Het vermogen van de ventilator in het Active Insulation systeem wordt geschat op 0.5 W. Voor nachtventilatie is het energieverbruik gebaseerd op het vermogen van een veel voorkomend WTW-ventilatiesysteem voor woningen.

Sterktes	Zwaktes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbetering van het thermisch comfort tijdens de zomer door tijdens de nacht warmte af te geven aan de buitenomgeving.</li> <li>- Vermindering van de warmtevraag in de winter door effectief gebruik van zonnestraling op de gevel.</li> <li>- Bruikbaar voor vele soorten gevels en daken, zonder toename van de totale dikte van de constructie.</li> <li>- Lage extra investeringen van het systeem in vergelijking met traditionele isolatie.</li> <li>- Onzichtbare impact op gebouwoontwerp en geen beperkingen voor plaatsing van transparante geveldelen.</li> <li>- Het product is eenvoudig te installeren met weinig extra inspanning in vergelijking met conventionele isolatiepanelen.</li> <li>- Zeer stil systeem waardoor het ook kan worden toegepast in lawaaierige stedelijke omgevingen waar te openen ramen niet geschikt zijn.</li> <li>- Geschikt voor ruimtes met sterke luchtvervuiling door ontkoppeling van nachtkoeling en de toevoer van verse lucht.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Van de ventilatoren wordt verwacht dat ze een lange levensduur hebben (volledig ontwikkeld product uit de pc-industrie). In geval van storing is vervanging echter tijdrovend of onmogelijk, afhankelijk van het type constructie.</li> <li>- Delen van een gevel kunnen afzonderlijk worden geregeld, maar dit vereist meerdere sensoren voor een goede regeling van het systeem (binnentemperatuur per zone, oppervlaktetemperatuur buiten en binnen).</li> <li>- Vereist gebouwen met voldoende verwarming overdag (winter) om optimaal te kunnen functioneren.</li> <li>- Beschaduw van belendende obstructies kan de prestaties tijdens verwarmingsperioden beïnvloeden.</li> </ul>
Kansen	Bedreigingen
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Het huidige EPS-materiaal kan worden vervangen door een biologisch afbreekbaar materiaal met vergelijkbare eigenschappen om geschikt te worden gemaakt voor gebruik in de 'circulaire economie'.</li> <li>- Het systeem is volledig compatibel met nieuwe bouwvoorschriften die hoge thermische isolatiewaarden voorschrijven.</li> <li>- Veel potentie bij gebouwen met grote gesloten gevels, waar het zicht van minimaal belang is (bijvoorbeeld theaters, industriële hallen en garages).</li> <li>- Koeleffect in de zomer kan in sommige gevallen de installatie van mechanische koelsystemen en bijbehorende investeringen elimineren/voorkomen.</li> <li>- Opwarming van de aarde leidt in de zomer tot meer oververhitting, waardoor de vraag naar oplossingen zoals Active Insulation toeneemt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ontwikkeling van andere dynamische isolatiesystemen met een betere efficiency.</li> <li>- Het meest voor de hand liggende alternatief bij bestaande gebouwen, airconditioning, heeft lage aanschaffkosten, waardoor concurrentie op prijs lastig is.</li> <li>- Er bestaat gevaar voor condensatie door de kans op lage oppervlaktetemperaturen binnen.</li> <li>- 'Urban Heat Island Effect' vermindert de effectiviteit en duur van mogelijke nachtelijke koeling.</li> <li>- Het is moeilijk om een tastbare businesscase te maken rond de waarde van verbeterd zomercomfort.</li> <li>- Actieve isolatie is (nog) niet inbegrepen in ontwerp tools (bijvoorbeeld BIM) en is lastig mee te nemen in energiebeoordelingsmethodieken.</li> </ul>

Active Insulation gebruikt jaarlijks tussen de 19 kWh<sub>el</sub> en 66 kWh<sub>el</sub> aan elektrische energie. Nachtventilatie gebruikt aanzienlijk meer elektrische energie als gevolg van het veel hogere vermogen van de ventilator, namelijk tussen de 31 kWh<sub>el</sub> en 289 kWh<sub>el</sub> per jaar.

### Energiekosten

Met het totale energieverbruik worden de totale jaarlijkse energiekosten berekend. De primaire energievraag voor verwarming wordt berekend op basis van de specificaties van het verwarmingssysteem en de jaarlijkse specifieke verwarmingsvraag. De totale jaarlijkse energiekosten worden weergegeven in figuur 8, gespecificeerd voor verwarming en benodigde elektrische energie. Uit de resultaten



8

Jaarlijkse energiekosten wanneer gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de kosten voor verwarming en de benodigde elektrische hulpenergie

blijkt dat, hoewel Active Insulation elektrische energie gebruikt om een lagere warmtevraag en verbeterd comfort te bereiken, dit systeem de laagste jaarlijkse kosten heeft. In vergelijking met mechanische nachtventilatie, waar thermisch comfort vergelijkbaar is of in sommige gevallen beter dan Active Insulation, gebruikt Active Insulation aanzienlijk minder elektrische energie. Deze extra energiekosten voor nachtventilatie kunnen worden verwaarloosd als natuurlijke ventilatie wordt gebruikt. Zoals eerder vermeld, is het gesimuleerde constante ventilatievoud echter niet haalbaar met natuurlijke ventilatie, omdat bouwparameters en variërende weersomstandigheden het ventilatievoud continu beïnvloeden.

### Sterkte-Zwakte Analyse

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is ook een Sterkte-Zwakte analyse van Active Insulation gemaakt, waarin de interne sterktes en zwaktes en de bedreigingen en kansen in de omgeving zijn geanalyseerd. Deze analyse heeft een zeer praktische insteek en laat zien wat de mogelijke potentie van dit nieuwe dynamische isolatie systeem is.

### CONCLUSIES

In dit onderzoek is een nieuw ontwikkeld dynamisch isolatiesysteem voor energiezuinige gebouwen op basis van gedwongen convectieve warmteoverdracht bestudeerd. Een simulatiemodel is ontwikkeld om de prestaties van

Active Insulation te simuleren en te vergelijken met conventionele systemen in verschillende situaties. Een eerste analyse van de toepassing van Active Insulation in een representatieve gebouwconstructie toonde aan dat een lage U-waarde van 0.185 W/m<sup>2</sup>K (R-waarde van 5.40 m<sup>2</sup>K/W) kan worden bereikt in de inactieve toestand en een U-waarde van 1.657 W/m<sup>2</sup>K (R-waarde van 0.60 m<sup>2</sup>K/W) in de actieve toestand. Het toepassen van Active Insulation in een casestudy resulteerde in 72 tot 90% minder temperatuuroverschrijdingsuren, afhankelijk van het toegepaste actieve oppervlak. Vergelijkbare resultaten werden waargenomen bij nachtventilatie met hoge ventilatievouden. Active Insulation verminderde echter ook de specifieke jaarlijkse warmtevraag met 16 tot 22%, terwijl er 75% minder elektrische energie werd gebruikt dan bij nachtventilatie. ■

#### BRONNEN

- ▶ [1] Lechtenböhmer S. en Schüring A., 2011, "The potential for large-scale savings from insulating residential buildings in the EU," *Energy Efficiency*, vol. 4, no. 2, pp. 257–270
- ▶ [2] Toledo L., Cropper P. C., en Wright A. J., 2016, "Unintended consequences of sustainable architecture : Evaluating overheating risks in new dwellings," *Plea2016 Conference*, no. c, p. 7
- ▶ [3] Friess W. A., Rakhshan K., en Davis M. P., 2017, "A global survey of adverse energetic effects of increased wall insulation in office buildings: degree day and climate zone indicators," *Energy Efficiency*, vol. 10, no. 1, pp. 97–116
- ▶ [4] Loonen R. C. G. M., Trčka M., Cóstola D., en Hensen J. L. M., 2013, "Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges," *Renewable Sustainable Energy Reviews*, vol. 25, pp. 483–493
- ▶ [5] <http://www.active-insulation.com/>
- ▶ [6] Loonen R. C. G. M., Singaravel S., Trčka M., Cóstola D., en Hensen J. L. M., 2014, "Simulation-based support for product development of innovative building envelope components," *Automation in Construction*, vol. 45, pp. 86–95
- ▶ [7] Chae Y. T. en Strand R. K., 2013, "Modeling ventilated slab systems using a hollow core slab: Implementation in a whole building energy simulation program," *Energy and Buildings*, vol. 57, pp. 165–175
- ▶ [8] Pflug T., Bueno B., Siroux M., en Kuhn T. E., 2017, "Potential analysis of a new removable insulation system," *Energy and Buildings*, vol. 154, pp. 391–403
- ▶ [9] Holmes M. J. en Hacker J. N., 2007, "Climate change, thermal comfort and energy: Meeting the design challenges of the 21st century," *Energy and Buildings*, vol. 39, no. 7, pp. 802–814
- ▶ [10] Peeters L., de Dear R., Hensen J., en D'haeseleer W., 2009, "Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation," *Applied Energy*, vol. 86, no. 5, pp. 772–780

■ ER IS ALTIJD PLEK VOOR  
INTERESSANTE ARTIKELEN.  
OOK STAAT HET THEMANUMMER  
ENERGIE OP DE PLANNING.

ARTIKEL-AANMELDINGEN VIA:

[redactie@nvbv.org](mailto:redactie@nvbv.org)

