

Projectplan Validatie klimaatbeheersing met akoestische technologie

1. Doel

Een innovatieve methode van energie besparen is gebaseerd op meten met geluid van temperaturen en luchtsnelheden en een hierop gebaseerde klimaatregeling (HumiTemp). De gebruikte methoden en systemen moeten worden gevalideerd en het geheel geëvalueerd omdat dit noodzakelijk is ter overtuiging van potentiële gebruikers, installateurs en investeerders. Door de onbekendheid van de technologie bij o.a. installateurs is een goede onderbouwing van en onafhankelijke validatie van de meetresultaten van groot belang.

Met akoestisch gestuurde ventilatie (met geluid wordt zowel de luchttemperatuur en luchtsnelheid gemeten) wordt koudeval langs ramen stilgezet waardoor convectieve verliezen worden verminderd, hierdoor treedt energiebesparing op. Een tweede belangrijk effect is dat tocht die optreedt door de koudeval wordt verminderd, hierdoor kan bij een lagere omgevingstemperatuur een behaaglijk klimaat worden bereikt (een graad lagere temperatuur levert 6% energiebesparing).

In een energiebesparingsproject voor het cultureel erfgoed in een kerk in Megen van de Minderbroeders Franciscanen wordt deze innovatieve akoestische technologie toegepast. De uitvoering ervan geschiedt eerst in een testfase waarin met een uitgebreide meetopzet aspecten van het klimaatbeheersingsconcept nader worden geoptimaliseerd en gevalideerd. De bevindingen van de testfase worden daarna gebruikt in het definitieve ontwerp van de klimaatinstallatie. Voor de validatie zal gebruik worden gemaakt van de meetdata uit het energiebesparingsproject te Megen.

De wetenschappelijke validatie, door de Universiteit Gent, van een revolutionaire methode om de behaaglijkheid en de CO₂-uitstoot van o.a. kerken te verlagen met minimale visuele impact op de cultuurhistorische waarden zal een onpartijdig beeld scheppen van de waarde van deze techniek en wijze van klimaatbeheersing.

Door aan te tonen dat de methode effectief en het op grote schaal kan worden toegepast bij kerken en andere grote ruimten waarbij de behaaglijkheid te wensen over laat zal dit een beduidende stap opleveren voor verduurzaming van grote energie-onzuinige gebouwen zoals voor het cultureel erfgoed en grote hallen.

Het religieuze erfgoed is kenmerkend voor Brabant. Volgens de voorspellingen gaan er de komende tien jaar 50-90% van de kerken in Brabant sluiten. De onderhouds- en gebruikskosten zijn steeds moeilijker op te brengen – ook voor herbestemmingen. Het exploitabel maken - en zodoende de instandhouding - van deze bouwwerken vraagt om een energetische verbetering. Complicerend daarbij is dat de traditionele besparing- en opwekkingstechnieken beperkt toepasbaar zijn vanwege hun impact op de cultuurhistorische waarden. HumiTemp is bij uitstek een innovatieve methode die bij kan dragen aan de energetische verbetering en daarmee kerken een beter toekomstperspectief bieden.

2. Achtergrond akoestische technologie

2.1. Werking

Een baanbrekende nieuwe sensor- en regeltechnologie meet met geluid de temperatuur, richting en snelheid van de lucht. Door de informatie van meer sensoren in de ruimte te combineren, levert deze meetmethode een real-time temperatuur- en stromingsveld van de ruimte. Met de meetinformatie kan met ventilatoren een gerichte klimaatsturing worden gerealiseerd, welke een belangrijke energiebesparing en gelijktijdig een behaaglijker klimaat levert.

2.2. Meetprincipe

De geluidssnelheid in lucht hangt af van de temperatuur, hoe warmer, hoe hoger. De geluidssnelheid kan worden bepaald aan de hand van looptijdmetingen. De akoestische looptijd wordt zeer nauwkeurig gemeten over een bepaalde afstand in beide richtingen. Met deze bi-directionele metingen wordt in drie orthogonale richtingen gemeten. Hiermee wordt vervolgens de ruimtelijke luchtsnelheidsvector \vec{v}_{xyz} en bijbehorende temperatuur bepaald. Temperaturen kunnen op minder dan 0,1°C nauwkeurig worden gemeten en luchtsnelheden op mm/s.

Een belangrijke eigenschap van meten met geluid is dat de meting van de luchttemperatuur reproduceerbaar, is ongevoelig voor veroudering, stof en voor warmtestraling. Er is geen effect van de 'thermometer in de zon', hierdoor kan onder alle omstandigheden nauwkeurig de temperatuur akoestisch worden bepaald.

2.3. Klimaatsturingsprincipe

Meten met geluid is zeer snel, hierdoor kan in korte tijd een ruimte in het binnenklimaat drie-dimensionaal worden doorgemeten en geïnventariseerd, zowel qua temperatuur als stromingsverdeling. Hiervoor is eigen software ontwikkeld. Met de meetapparatuur wordt een eerste inventarisatie gedaan om snel een beeld te krijgen waar de meest geschikte plaatsen zijn voor het klimaatsysteem.

In de winter kunnen glazen gevels voor oncomfortabele klimaatsituaties zorgen door luchtstromingen als gevolg van convectie. Wanneer in een gebouwde omgeving de temperatuur hoger is dan de buitentemperatuur is er sprake van convectie. Lucht aan de binnenzijde van ramen zal kouder worden dan de gemiddelde temperatuur van de lucht in de ruimte. Deze lucht zal naar beneden gaan stromen: koudeval. Een koudeval is als een lawine met zelfversterkend effect. Het heeft hierdoor een uitstralend effect over een groter deel van de ruimte, zorgt voor tocht over de vloer en moet in de kiem worden gesmoord. De akoestische ruimtelijke metingen zijn de basis voor modelvorming voor een efficiënte klimaatregeling onder diverse klimaatomstandigheden.

Bij een permanente meetopstelling in de ruimte met akoestische en andere sensoren is er voldoende informatie om met ruimtelijk gestuurde ventilatie en bijbehorende intelligente klimaatregeling een substantiële energiebesparing en een meer behaaglijk klimaat te realiseren.

Energie besparen doet men door de lucht stil te zetten waar het, door het verminderen van convectieve luchtstromen, een bijdrage kan leveren aan het isolerend effect. Het is alleen nodig om lucht te verplaatsen voor nuttige ventilatie, zoals voor koelen, verwarmen of afvoer van CO₂ of vocht. Bij het beheersen van de integrale luchtsnelheidsverdeling in een ruimte moet er specifieke aandacht zijn voor de beheersing van luchtsnelheden in het leefniveau (tocht).

Verschillende ventilatieconcepten zijn reeds getest voor het verminderen van koudeval aan ramen, het reduceren van ongewenste circulatiestromingen in ruimten en het toepassen van gecombineerde ventilatie-effecten.

- **Regeling en dynamisch gedrag**

Bij de start van de regeling begint het met botsende luchtstromen tussen de koudeval en de tegenwerkende stroming van de ventilatoren. Het resulteert in een veranderende circulatie in de ruimte. Na verloop van enige tijd zullen bij een adequate positie en regeling van de ventilatoren de luchtstromen van de koudeval verminderen en zal een stabiele ruimtelijke klimaatsituatie optreden met vrijwel geen convectieve verliezen en met lagere ruimtelijke lichtsnelheden zonder tocht en betere behaaglijkheid.

2.4. Onderscheidend vermogen

Akoestische technologie levert een meetmethode die in een fractie van een seconde tegelijkertijd de luchttemperatuur en de lichtsnelheid met de bijbehorende richting meet. Hierdoor kan een regeling direct reageren op ongewenst gedrag. Ruimtelijke dynamische stromings- en temperatuureffecten worden rechtstreeks gemeten zoals van de thermische invloeden van het aantal aanwezigen, aanvullende verwarming of koeling, stratificatie en tocht. Hierdoor kunnen energiestromen inzichtelijk worden gemaakt en met regelacties gericht worden beïnvloed door het reduceren of veranderen van de optredende luchtstromingen. Deze technologie en klimaatregeling is een innovatie voor de gebouwde omgeving.

3. Korte omschrijving activiteiten validatie

Werkzaamheden ten behoeve van optimalisatie, onderbouwing en validatie van de akoestische technologie, die wordt toegepast, hebben betrekking op deelaspecten van de testinstallatie en bijbehorende meetopstellingen. De resultaten worden mede gebruikt voor de definitieve installatie te Megen.

In de testfase is een uitgebreide meetconfiguratie nodig om een gedetailleerd inzicht te krijgen in het stromings- en temperatuurgedrag in de kerk. Door het in- en uitschakelen van de regeling wordt het dynamisch gedrag en het effect ervan geïnventariseerd.

Validatie geeft handvatten voor de onderbouwing van de kwaliteit van het HumiTemp systeem.

De werking en het effect van het HumiTemp akoestische meet- en regelsysteem voor het verhogen van de energiebesparing en het verbeteren van het comfort wordt gevalideerd en geëvalueerd op een aantal aspecten. Dit om de meerwaarde van het klimaatregelconcept ook voor brede maatschappelijke toepasbaarheid zo objectief mogelijk weer te geven.

De analyse van de meetdata wordt gebruikt voor uitgebreide modelvorming voor de regeling met AI-aspecten (artificial intelligence).

De Universiteit-Gent krijgt informatie van het testtraject te Megen en de meetverwerking. Hiermede kan een beoordeling worden gemaakt van de validiteit van het innovatieve concept.

Activiteiten

- ***Uitvoeren metingen en analyse van meetresultaten***
 - Meten van het gedrag van het systeem
 - Meetverwerking

- Bepalen temperatuur en luchtstromingsgedrag in de kerk
- Bepalen dynamisch gedrag van de klimaatregeling
- Beschrijving van het resultaat in de vorm van te bereiken energetische besparingen en verbeterde behaaglijkheid
- Optimalisatie regeling
- De resultaten van de ontworpen regeling met bijbehorende klimaateffecten worden gedurende de komende testtijd nauwlettend gemonitord en gebruikt voor optimalisatie van de regeling, de behaaglijkheid in de kerk, de installatie en tevens het bepalen van de te realiseren energiebesparing.

- **Meetresultaten vergelijken met theoretische modellen**

Het effect van het meet- en regelprincipe kan worden beoordeeld door:

- Praktisch: Het klimaatgedrag en bijbehorende energiebesparing bestuderen door de regeling of delen ervan aan of uit te schakelen, dit kan zowel worden gedaan voor actuatoren als sensoren. Het effect van hun individuele bijdragen kan hierdoor beter worden ingeschat.
- Theoretisch: Het klimaatgedrag en besparingen modelleren aan de hand van fysische modellen en deze vergelijken met de resultaten van de uitgevoerde praktische metingen.

- **Validatie principe door Universiteit Gent**

De eerste validatie en evaluatie van het HumiTemp klimaatbeheersingssysteem zal zijn afgerond medio 2019. Na de testfase wordt de installatie in de kerk te Megen geïnstalleerd (augustus 2019) en vindt er nog gedurende een langere periode monitoring en optimalisatie plaats. Deze monitoringresultaten en optimalisatie worden in dit validatie-project ook meegenomen, vandaar de langere looptijd van het project.

- **Kennisdisseminatie 'geleerde lessen delen'**

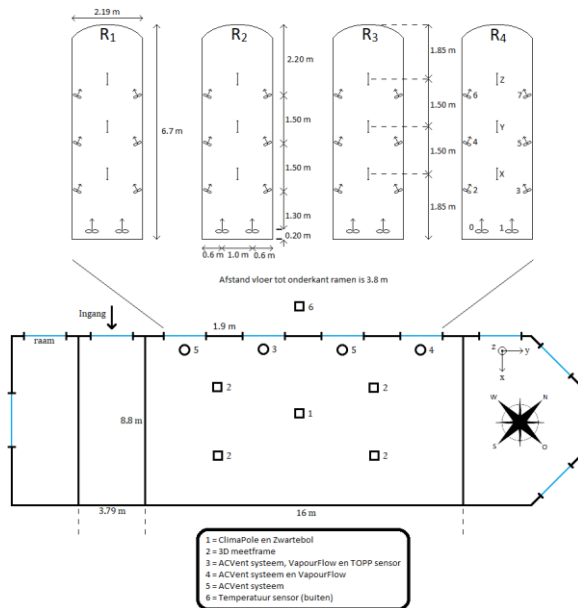
Belangrijke aspecten voor het bereiken van klimaat- en energiebesparing zijn:

- Vermindering convectieverliezen
- Verbetering behaaglijkheid door vermindering tocht
- Inzicht in gedrag procesregeling en energiebesparing
- Invoering van klimaatregelprincipe in andere grote energie-onzuinige gebouwen
- Overtuiging (toekomstige) gebruikers, installateurs en investeerders
- Publicaties in vakbladen en website en op beurzen

4. Meetopstelling te Megen

De systeemarchitectuur van de installatie in de kerk tijdens de testfase bestaat uit een netwerk van sensoren die aan de ramen zijn bevestigd en ook gepositioneerd op de kerkvloer. Het grootste deel van de energieverliezen komt ten laste van de kerkramen. De koudeval van de ramen geeft onbehagelijke tocht op de kerkvloer. In het netwerk zijn ook ventilatoren opgenomen. Deze moeten de koudeval zoveel mogelijk beperken waardoor de convectieve verliezen afnemen en ook een meer behaaglijk klimaat ontstaat. De regeling van het geheel wordt met een aparte computer uitgevoerd, de regeling moet worden geoptimaliseerd op energiebesparing en behaaglijkheid en worden aangepast aan en voor de vele nog onbekende verschijnselen die bij variërende omstandigheden zullen optreden.

Figuur 1 geeft een illustratie van de testopstelling in de kerk te Megen waar het onderzoek en validatie plaatsvindt.



Figuur 1 testopstelling aan 4 ramen en op kerkvloer

5. Resultaat

- De validatie en evaluatie van het besparingsprincipe is uitgevoerd.
- De mate van energiebesparing en bereikte behaaglijkheid, bereikt met behulp van de ingezette technologie, zal bekend zijn.
- De theoretische modellen zijn gevalideerd met praktijkgegevens.
- Kennisoverdracht van de toepasbaarheid van het besparingsprincipe heeft plaatsgevonden waardoor de toepasbaarheid voor energetisch onzuinige grote gebouwen bekend is en verdere verduurzaming van de gebouwde omgeving plaats gaat vinden.

6. Deelnemers

Van Schaik Innovation Handling BV
 De Nederlandse Provincie van de Orde der Minderbroeders
 Aeos

functie

Penvoerder, projectleider
 Begeleiding, disseminatie
 Implementatie en technische ondersteuning