

*TKI Urban Energy*

# HeatBrain

**- Eindrapport -**

**Sobolt B.V., Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., Warmtecheck**

01/2019 - 08/2019



projectnummer: TEUE018019



### *Aanvullende exemplaren*

Digitale exemplaren van dit rapport zijn op aanvraag verkrijgbaar via [info@sobolt.com](mailto:info@sobolt.com).

### *Contact*

Neem gerust contact op met Danny Hetharia via [info@sobolt.com](mailto:info@sobolt.com) voor meer informatie.

### *Subsidie*

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

### *Publicatiedatum*

10 oktober 2019



## 1. Inleiding

Nederland bereidt zich voor op een aardgasloze toekomst. Dit vergt een grote hoeveelheid aanpassingen in onze manier van leven en onze manier van wonen. Nieuwbouwwoningen worden tegenwoordig veelal aardgasvrij opgeleverd, maar ook bestaande woningen moeten op den duur aardgasvrij bewoonbaar zijn. Deze bestaande woningen verliezen dikwijls veel warmte via het dak en de gevel. Dit leidt tot een onnodig hoog gasverbruik; iets wat niet in de huidige tijdgeest past. Echter, vaak is het niet duidelijk waar deze warmte precies verloren gaat. Het gebouw lijkt goed geïsoleerd, maar toch gaat het ergens mis. De mogelijkheid bestaat om een warmte-analyse expert (een zogenaamde thermograaf) in te schakelen, maar dit is vaak een relatief duur en tijdrovend proces. Hierdoor wordt dit een onnodig hoge drempel richting een aardgasvrije en energieneutrale toekomst.

De uitdaging bevindt zich op het vlak van schaalbaarheid van de huidige methoden en de bijbehorende kosten. Een warmtescan op zichzelf geeft een visualisatie van een gebouw, maar is in veel gevallen onbruikbaar door het ontbreken van kennis en expertise om de beelden te analyseren. Het analyseren en uiteenzetten in een adviesrapport gebeurt op dit moment handmatig, wat een arbeidsintensieve en daardoor kostenintensieve onderneming is. Een eerste stap om het opstellen van een rapport te versnellen (en daardoor goedkoper te maken) is het automatiseren van het opstellen van het rapport; de schaalbaarheid wordt hierdoor aanzienlijk vergroot. Het opstellen van een adviesrapport kost op dit moment namelijk vier tot vijf keer de tijdsinvestering van het uitvoeren van de warmtescan.

HeatBrain levert een bijdrage aan energieneutrale gebouwen in Nederland door de eerste stap richting een lager energieverbruik toegankelijker te maken. Om de warmte-analyse minder arbeidsintensief te maken ontwikkelt het consortium een geautomatiseerde tool. De data die wordt verkregen door middel van een warmtescan, wordt vervolgens met behulp van kunstmatige intelligentie (AI) omgezet tot een actiegericht rapport. Op deze manier wordt de complete analyse een stuk minder arbeidsintensief en tijdrovend. Het via HeatBrain verkregen rapport geeft een compleet en duidelijk overzicht van de te treffen maatregelen waar de eigenaar van het gebouw direct mee aan de slag kan tegen veel lagere kosten. Hierdoor wordt het creëren van actiegericht inzicht bereikbaar en kan de energietransitie worden versneld.



De belangrijkste voordelen van HeatBrain zijn:

- Automatische, systematische identificatie en classificatie van warmtelekken in woningen.
- Goedkoper inzicht in warmteverliezen.
- Actiegerichte adviezen ten behoeve van verduurzaming.
- Betrouwbaardere inzichten op basis van gemeten waarden in plaats van gemodelleerde schattingen.

## 2. Doelstellingen

Gedurende het project is gefocust op het ontwikkelen van tooling die op geautomatiseerde wijze het warmteverlies van gebouwen en wijken inzichtelijk maakt. Via het project onderzocht het consortium of de innovatieve methoden en technieken op grote schaal kunnen worden toegepast om afnemers actiegerichte inzichten te geven in het warmteverlies van hun gebouw(en). De uiteindelijke oplevering is een geautomatiseerde warmtescan met een actiegericht adviesrapport. Desgewenst kan de klant dit koppelen aan informatie over het (echte) energielabel. Aan de hand van dit rapport kunnen gebouwen op de meest efficiënte wijze worden geïsoleerd om warmteverlies tegen te gaan en hiermee het (aardgas)verbruik terug te dringen. De data wordt geanalyseerd via een AI framework om zo direct actiegerichte inzichten te verkrijgen en de warmtescan nog bruikbaar te maken.

HeatBrain kan voor alle gebruikers en afnemers van toegevoegde waarde zijn. Sobolt zal aan HeatBrain verdienen door het afgeven van een licentie aan de gebruikers van de software. De gebruikers van de software (de bedrijven die de scans uitvoeren) besparen aanzienlijk op de kosten van de analyse en kunnen de adviesrapportages tegen aanzienlijk lagere tarieven aanbieden. Hierdoor wordt de schaalbaarheid van de werkzaamheden enorm vergroot. Indirect ligt ook in de lijn der verwachting dat isolatiebedrijven hieraan gaan verdienen, aangezien het actiegerichte adviesrapport zal leiden tot meer en beter gerichte maatregelen dan wanneer een scan wordt geleverd zonder adviesrapport. De verwachting is dan ook een toename in het aantal eigenaren dat hun gebouwen zal gaan (na-)isoleren na de HeatBrain warmtescan.

De doelstellingen zijn concreet samengevat in een aantal resultaten of 'deliverables'. De resultaten zijn gekoppeld aan taken, werkpakketten en een projectplanning. De belangrijkste deliverables van het RvO HeatBrain traject zijn:

- *Productspecificaties*



- *Businessplan*
- *Parametrisatie expertkennis*
- *AI model*
- *Online adviestool*
- *Technisch validatierapport*
- *Eindrapportage*

De productspecificaties vormen het vertrekpunt voor de onderzoeks- en ontwikkelfase. Het businessplan daarentegen vormt de basis voor de marktstrategie en de uiteindelijke commercialisatie. Omdat thermografisch onderzoek betrekkelijk subjectief is, is het van belang om er een bepaalde systematiek in aan te brengen waar een computer mee om kan gaan. Met andere woorden, de kennis van de experts moet worden geparаметriseerd in een voor een computer begrijpelijk model. Deze gesystematiseerde kennis wordt vervolgens gebruikt om een algoritme te trainen. Dit leidt tot een AI model dat warmtelekken in gebouwen kan herkennen. Het is van belang dat het systematische framework dat wordt opgezet door verschillende thermografen op dezelfde manier wordt geïnterpreteerd en dat het leidt tot minder subjectiviteit in thermografische beoordelingen. Hiertoe is een technische validatiestudie uitgevoerd die wordt samengevat in een rapport.

### **3. Resultaten**

Het HeatBrain project heeft verschillende resultaten opgeleverd. De deliverables worden hieronder toegelicht:

- *Productspecificaties*: aan het begin van het RvO traject is er binnen het consortium een overzicht van productspecificaties opgesteld met het oog op de thermograaf als eindgebruiker van de adviestool. Dit overzicht gaf houvast aan de daaropvolgende innovatie en ontwikkeling.
- *Parametrisatie expertkennis*: thermografen nemen verschillende typen warmtelekken waar in woningen. Deze warmtelekken zijn op een systematische manier georganiseerd in een classificatieboom. Het doel van de classificatieboom is tweeledig: enerzijds verlaagt het de subjectiviteit van thermografisch onderzoek omdat er middels de boom maar een beperkt aantal klassen zijn en anderzijds is een classificatieboom uitermate geschikt voor computers vanwege de consistentie en eenvoud.
- *AI model*: er is een AI netwerk gebouwd dat thermografische afbeeldingen kan interpreteren. De technische naam voor de netwerkarchitectuur die is ontwikkeld, is een

multimodaal 'convolutional neural network'. Het precieze netwerk dat is ontwikkeld bestond nog niet en wordt nu beschermd door een patent(aanvraag). Dit netwerk is gebruikt om warmtelekken te leren herkennen. In het bijzonder kan het warmtelekken in woningen identificeren en classificeren. Het model wordt iedere week beter door de toevoer van nieuwe thermografische data. Voor een versimpelde classificatieboom doet het model op dit moment niet veel onder aan een expert. De ambitie is om het niveau van de expert te evenaren.

- *Online adviestool:* er is een prototype ontwikkeld waarmee thermografen hun beeldmateriaal veel sneller dan hiervoor kunnen analyseren. Het prototype is los van het uiterlijk volledig functioneel. Een thermograaf kan een warmtebeeld van een woning uploaden en vervolgens geeft het AI model voorspellingen van locaties en classificaties van warmtelekken in de betreffende woning. De thermograaf kan de voorspellingen indien nodig nog weerleggen. Zodra de thermograaf tevreden is over de geïdentificeerde gebreken, kan er een automatisch adviesrapport worden gegenereerd.

The screenshot displays the user interface of the online advice tool. On the left side, there is a vertical menu with buttons for 'Export Report', 'Submit Leaks', 'Add Leak', and 'Switch to Photo'. Below this menu is a 'Report details' section with input fields for 'Address', 'City', 'Set date (optional)', and 'Set KNMI station (optional)', each with a 'Submit' button. The main content area features a thermal image of a house. Above the image, there are 'Previous' and 'Next' navigation buttons, a 'Minimum Certainty: 0' slider, and a 'Maximum Area: 0.96' label. Below the image, there are two sliders for 'Min: 0' and 'Max: 0'.

- Naast een overzicht van de gevonden gebreken bevat dit rapport actiegerichte informatie met betrekking tot het verhelpen van de defecten. Hiertoe zijn door Warmtecheck zeven gedetailleerde bijlagen voor het rapport opgesteld. Deze bijlagen dekken alle mogelijke warmtelekken die kunnen worden waargenomen in Nederlandse woningen.

- *Technisch validatierapport:* in april 2019 heeft het consortium een technische expertvalidatie gedaan met betrekking tot het gebruik van de ontwikkelde classificatieboom. Ten eerste is het belangrijk dat verschillende experts de boom op dezelfde manier interpreteren en gebruiken. Als dit niet het geval zou zijn, dan zou het AI algoritme niet optimaal kunnen leren van de aangeleverde data. Ten tweede brengt deze validatiestudie de mate van subjectiviteit in kaart. Door de resultaten van twee experts met elkaar te vergelijken voor dezelfde woningen kan worden bekeken in hoeverre ze overeenkomen, zowel kwalitatief als kwantitatief. De resultaten van dit onderzoek zijn uitgebreid beschreven in een technische validatierapport. De belangrijkste conclusie is dat het systematische thermografie framework voldoende eenduidig is en daarom als basis kan dienen voor een AI computermodel.



#### 4. Vervolg

Het consortium ziet veel potentie in de doorontwikkeling van de het product. De belangrijkste innovatieve stappen zijn reeds doorlopen. Voor de komende periode staan (praktijk)validatie en opschaling centraal. Tevens wordt de marktstrategie verder uitgediept. De recente winst van de Enpuls Challenge heeft dit project een extra boost gegeven. Enpuls is een bedrijf in 's-Hertogenbosch met veel ervaring in verduurzaming. Voor het komende jaar staan zij dit consortium bij om HeatBrain naar een hoger niveau te tillen. Terwijl de nu ontwikkelde adviestool met name relevant is voor experts, moeten er in de toekomst producten worden ontwikkeld die direct relevant zijn voor gemeenten en woningcorporaties. De schaalbaarheid is inherent aan de ontwikkelde software. De ambitie is om in het komende jaar drie grootschalige pilotprojecten uit te voeren in Nederland:



- *Pilot 1:* deze pilot zal worden uitgevoerd met een gemeente. Het doel is om een of meerdere wijken volledig te scannen. De oplevering zal bestaan uit rapporten van de individuele woningen, alsook een wijkrapport dat de isolatiekwaliteit weergeeft van de wijk als geheel. Beide rapporten bevatten interessante, datagedreven inzichten. De data-inwinning zal plaatsvinden door middel van thermografen of vrijwilligers.
- *Pilot 2:* deze pilot zal uitgevoerd worden met woningcorporaties. Hierbij zal de isolatiekwaliteit van meerdere vastgoedportfolio's in kaart worden gebracht. De data-acquisitie zal waarschijnlijk plaatsvinden met een auto. De mogelijkheden hiervoor zullen uitgebreid worden onderzocht.
- *Pilot 3:* de ambitie is om met deze pilot een hele stad te scannen en alle inwoners te voorzien van actiegerichte informatie om hun woningen te verduurzamen. Ook deze pilot zal waarschijnlijk gebruik maken van een auto voor de data-inwinning.

Naast deze pilots zal er in het komende jaar een grote focus liggen op de volgende aspecten:

- *Concept:* dit aspect omvat o.a. het verkrijgen van meer inzicht in relevante wetgeving, het huidige aanbod in de markt en aanvullende datamogelijkheden via bijvoorbeeld energiebedrijven. Daarnaast zullen de precieze doelgroepen worden vastgesteld en de daarmee geassocieerde productspecificaties.
- *Modeloptimalisatie:* het inwinnen van meer data voor het AI algoritme zal het model verbeteren. Daarnaast is het wenselijk dat er een technische validatie wordt uitgevoerd van ons AI model. De modelvoorspellingen moeten immers betrouwbaar zijn. Hiervoor zullen onafhankelijke experts worden ingeschakeld.
- *Online platform:* de huidige website omvat enkel de adviestool. In het komende jaar zal deze adviestool naar verwachting één component vormen in een completer online platform waar verschillende services worden aangeboden. Hiervoor zal ook rekening worden gehouden met de gebruikerservaring middels het uitvoeren van een onderzoek naar de gebruikerservaring.
- *Marktstrategie:* voor de uiteindelijke commercialisatie is het essentieel om een goede marktstrategie te hebben. Hiertoe zal er marktvalidatie plaatsvinden en worden het businessplan en prijsmodel verder uitgewerkt. Onder dit aspect valt ook een on- en offline promotiepakket. Tot slot zal er in het komende jaar worden gekeken naar de marktkansen in het buitenland. Ook hiervoor zal een commercialisatiestrategie worden ontwikkeld.





## 5. Publicaties

Binnen HeatBrain hebben er verschillende vormen van kennisverspreiding plaatsgevonden. Zo zijn er bijvoorbeeld verschillende nieuwsberichten op de Sobolt website geplaatst die relateren aan HeatBrain (zie [www.sobolt.com/news](http://www.sobolt.com/news)). Deze berichten zijn ook gedeeld via LinkedIn en Twitter om zo een groter publiek te bereiken.

Daarnaast is er op de website van Sobolt een promotiepagina ingericht voor HeatBrain (zie [www.sobolt.com/heatbrain-nl](http://www.sobolt.com/heatbrain-nl)). Gemeenten kunnen zich hier aanmelden voor een grootschalig pilotproject dat moet plaatsvinden in het najaar van 2019.

## 6. Conclusies

In het RvO HeatBrain traject zijn er veel stappen gezet richting een tool dat de markt op kan en een bijdrage kan leveren aan de verduurzaming van Nederland. In de huidige vorm van de tool kan een thermograaf zijn eigen warmtebeelden uploaden naar onze website en de voorspellingen van het onderliggende AI model verifiëren alvorens een actiegericht rapport te genereren.

De resultaten van het project zijn grotendeels in lijn met de verwachtingen die in het oorspronkelijke projectvoorstel uiteen zijn gezet. Echter, op een aantal punten zal er op korte termijn verdere ontwikkeling moeten plaatsvinden. Het voornaamste voorbeeld hiervan is het AI model dat de basis vormt van de adviestool. Er is meer data nodig om de voorspellingen van dit model naar een hoger niveau te brengen. Gelukkig is er voldoende vertrouwen binnen het consortium dat dit gaat lukken.

Met de nieuwe partner Enpuls krijgt HeatBrain een nieuwe dimensie en zijn er extra kansen voor het realiseren van grootschalige projecten met o.a. overheidsinstanties. In het komende jaar zal er veel meer contact plaatsvinden met de markt. Immers, het is essentieel dat het afgeleverde product direct aansluit bij de wensen van de afnemer. De ambitie is om in Nederland de hoofdspeler te worden betreffende thermografische scans. Straks zal er op grote schaal tegen een lage prijs actiegericht isolatie-advies worden afgeleverd. Het ligt in de lijn der verwachting dat dit een substantiële impact zal hebben op de verduurzaming van Nederland.