

Auteurs Arjan Schrauwen en Dennis van der Kooij, ISSO

Innovatieve verwarmingstechnieken voor woningen onderzocht

Met de toenemende verduurzaming van gebouwen en de gebeurtenissen in Groningen omtrent gaswinning is er meer aandacht voor het onderwerp '#vanhetgasaf'. Echter daarbij wordt de vraag gesteld 'hoe dan?'. Om woningen gasloos te maken moeten momenteel hoge kosten gemaakt worden om te isoleren en naar LTV over te stappen. Maar is een conventionele verwarmingsketel ook uit te wisselen voor een elektrisch alternatief zonder al deze aanpassingen? Wat zijn de voorwaarden? Hoe is het energiegebruik? En wordt de woning wel warm genoeg?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is op initiatief van stichting MOED dit onderzoeksproject gestart. De partijen die aan dit project deelnemen zijn:

- Stichting MOED, initiator en coördinator van het project.
- TIWOS, die de proefwoningen ter beschikking heeft gesteld.
- Enexis, die energiegebruiksgegevens ter beschikking stelde.
- Durocan heeft een proefwoning voorzien van een warmtepomp op basis van CO₂.
- Tube Inside heeft een proefwoning voorzien van een luchtverhitter waarmee warmte wordt overgedragen aan de bestaande CV installatie.
- Helicon en ISSO, die de validatie en metingen van de woningen organiseerde en analyseerde.

Verwarmingstechnieken

In het onderzoek worden drie verwarmingstechnieken gebruikt. De drie verwarmingstechnieken worden allemaal aangesloten op het bestaande CV distributiesysteem, wat bestaat uit hoge temperatuur radiatoren.

Vergelijkingsprotocol

Het protocol heeft als doel om te komen tot een eenduidige en objectieve vergelijking van 2 alternatieve technieken ten opzichte van een conventionele verwarmingsketel. Met deze technieken kan een woning zonder aardgas worden verwarmd. Door de twee alternatieve technieken te vergelijken met een woning met een conventionele CV ketel, wordt inzicht gegeven hoe de twee alternatieve techniek scoren ten opzichte van de conventionele techniek.

Stichting ISSO heeft een protocol opgesteld op welke wijze verschillende variabelen tijdens de testperiode gemeten worden. Dit protocol omvat de beschrijving en de meetmethode van de volgende variabelen:

- Instelparameters
- Mate van noodzakelijk onderhoud aan de verschillende installaties
- Binnentemperatuur
- Buitentemperatuur
- Tapwatertemperatuur
- Elektriciteitsgebruik
- Gasverbruik
- Kosten

	Conventionele verwarmingsketel	Hoog temperatuur CO ₂ warmtepomp	Luchtverhitter
Brandstof	Aardgas	Elektriciteit en warmte uit buitenlucht	Elektriciteit
Werking	Warmteproductie door verbranding van aardgas	De warmtepomp warmt het water in het distributiesysteem op door warmte te onttrekken aan de buitenlucht en deze in het distributiesysteem te stoppen.	Warmteproductie door elektrisch verwarmings-element en ventilator. Warmte wordt afgegeven aan bestaand CV net
Tapwatervoorziening	Geïntegreerd in verwarmingsketel	Middels separate boiler	Middels separate boiler

Tabel 1: Drie gebruikte verwarmingstechnieken.

Het protocol voor het gasgestookt verwarmingssysteem is in twee periodes opgedeeld van elk twee weken. In de eerste meetperiode, voortaan genaamd meetperiode 1, is het uitgangspunt een bewoner die overdag tussen 08:30 uur en 16:00 uur niet aanwezig is in zijn woning. Tussen 16:00 uur en 08:30 uur is de bewoner wel aanwezig. De instellingen van de gewenste ruimtetemperaturen zijn in meetperiode daarom als volgt:

- De ruimten in de woning moeten in de ochtendperiode om 07:00 uur op een temperatuurniveau zijn van 21 °C om 08:30 uur gaat de bewoner aan het werk en vanaf dat tijdstip mag de verwarmingstemperatuur zakken tot minimaal 15 °C.
- Om 16:00 uur komt de bewoner weer thuis en moeten de verschillende ruimten in de woning weer op een temperatuurniveau zijn van 21 °C.
- De bewoner gaat om 22:30 uur naar bed en vanaf dat moment mag het temperatuurniveau in de woning zakken tot 15 °C.

In de laatste twee weken is de streefbinnentemperatuur ingesteld op 21 °C gedurende een etmaal voor zowel de CV-ketel als de twee alternatieve verwarmingstechnieken. In het onderzoek noemen we dit: meetperiode 2. De alternatieve verwarmingssystemen zijn niet overgedimensioneerd, zoals bij een CV-ketel wel vaak het geval is. Dit leidt er toe dat de twee alternatieve systemen ingesteld zijn op continue verwarmen.

Omdat de woningen leeg staan, is er verder geen sprake van het bereiden van voedsel, of het gebruik van elektrische apparatuur (drogers, televisies, waterkokers etc.). Deze woonactiviteiten staan los van de werking van de verwarmingssystemen en zijn daarom ook niet gemeten.

Vooropname

Voordat begonnen wordt met de metingen wordt er een vooropname gedaan. De volgende elementen worden gecontroleerd, gedocumenteerd en ingesteld:

- Meterstanden elektra- en gasmeters;
- Instelstanden van radiatorventielen;
- Toestand woning (met foto's);
- Stand van zaken (nieuw aangebrachte) installatie (met foto's);
- Inprogrammeren van thermostaat t.b.v. metingen.

Uitgangspunten

Om objectief te kunnen vergelijken moet er kunnen worden uitgegaan van drie gelijke woningen met een vergelijkbare:

- externe warmtelast,
- interne warmtevraag,
- isolatie en
- warmteafgiftesysteem (leidingnet, type en grootte radiatoren).
- vergelijkbare tapwaterinstallatie waarbij lengte en diameter van leidingen van de verwarmingsunit naar de tappunten overeenkomen

Er is echter een verschil tussen de referentiewoning en de twee woningen met de alternatieve verwarmingstechnieken: De referentiewoning heeft namelijk een C-label en, de twee woningen met alternatieve verwarmingstechnieken zijn woningen met een E-label. Om de woningen te kunnen vergelijken wordt het warmteverlies van de woningen daarom omgerekend.

Methode en resultaten

Energiegebruik

De resultaten van de metingen en berekeningen worden hieronder getoond. Er is puur naar het energiegebruik gekeken van de verschillende technieken en hoe deze zich tot elkaar verhouden.

Theoretisch warmteverlies

Uit de berekeningen voor het theoretisch warmteverlies per appartement volgen de waardes zoals weergegeven in tabel 2.

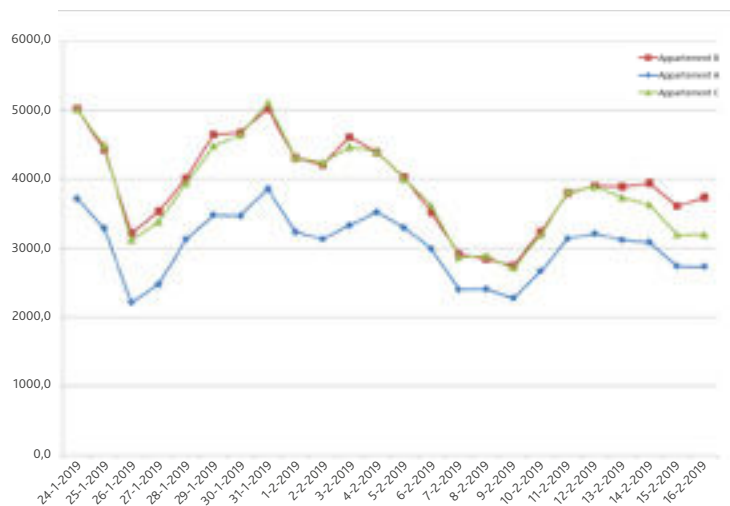
	Appartement A (referentiewoning)	Appartement B	Appartement C	Eenheid
Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht	100,9	125,0	125,0	W/K
Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)	42,6	42,6	42,6	W/K
Warmteverlies door buitenluchttoetreding	47,2	47,2	47,2	W/K
Totaal warmteverlies	190,8	214,8	214,8	W/K

Tabel 2: Theoretisch warmteverlies van de appartementen.

Dit is het theoretisch warmteverlies wat elk appartement verliest op basis van de bouwfysische gegevens, de gegevens van de gevels, ramen en het dak.

Berekend warmteverlies

Uit de berekeningen voor het werkelijk warmteverlies per



Figuur 1: Werkelijk warmteverlies van de appartementen.

appartement volgen de waardes weergegeven in figuur 1. Dit zijn de gemiddelde warmteverliezen van de appartementen per uur van die dag van de meetperiode. Deze waardes zijn gebaseerd op het theoretisch warmteverlies en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

Verhouding warmteverlies tussen referentiewoning en testwoningen

De warmteverliezen van de drie appartementen zijn tegenover elkaar uitgezet. De verschillen tussen de drie appartementen bepalen de factor waarmee het appartement met de gasgestookte CV-ketel moet worden gecorrigeerd om gelijk te staan aan een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht. Deze factor komt uit op 1,28, dit betekent dat wanneer het energiegebruik van de woning met de conventionele CV-ketel wordt vermenigvuldigd met 1,28, deze ongeveer gelijk moet zijn aan een CV-ketel in een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht zoals dit bij de woningen met de alternatieve technieken het geval is.

Om de gasgestookte CV ketel en de elektrisch gedreven warmtepomp en luchtverhitter te kunnen vergelijken, is in alle berekeningen het gas naar kWh energie omgerekend. In een doorsnee CV-ketel komt uit 1 m³ gas ongeveer 9,3 kWh energie vrij om de woning te verwarmen.

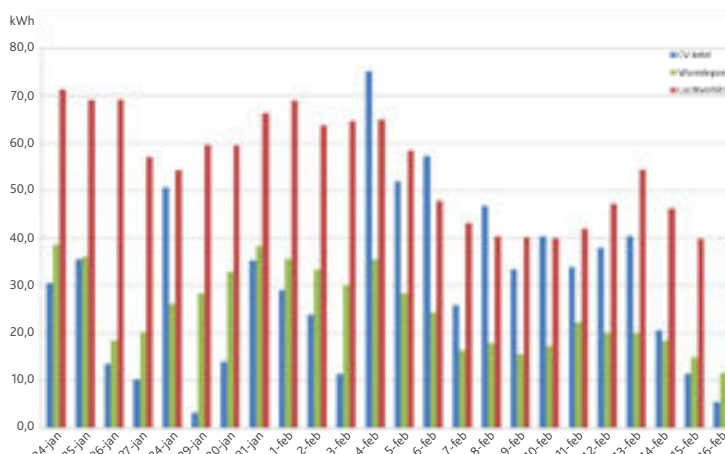
Eindresultaat

In tabel 3 voor de vergelijkingstabel van de drie technieken. Zie figuur 2 voor een grafische weergave van de bovenstaande waardes, weergegeven per dag. Ter aanvulling voor de vergelijking is in figuur 3 de gemiddelde buitentemperatuur weergegeven per dag.

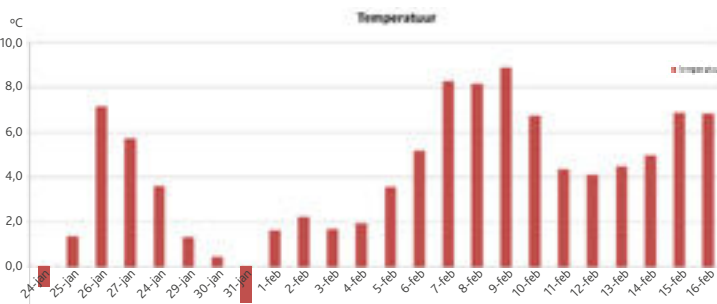
Om beter inzicht te krijgen in de gegevens zijn deze ook cumulatief weergegeven in figuren 4, 5 en 6. Figuur 4 toont het cumulatief energiegebruik over de gehele meetperiode. Van 3 naar 4 februari is een duidelijke knik te zien in de meetwaardes

	CV-ketel Appartement A (referentiewoning)	Luchtverhitter Appartement B	Warmtepomp Appartement C	Eenheid
Meetperiode 1: CV-ketel met nachtverlaging	257,3	703,6	338,1	kWh
Meetperiode 2: CV-ketel zonder nachtverlaging	480,3	603,6	262,5	kWh
Totaal:	744,1	1437,6	693,4	kWh

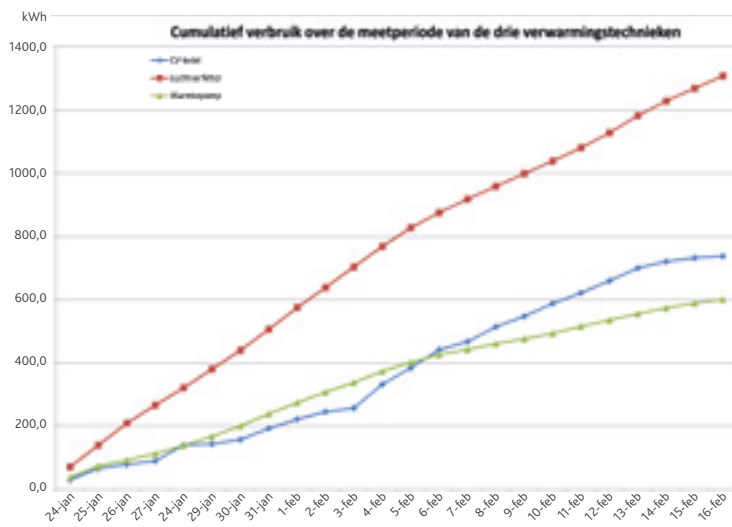
Tabel 3: Verbruik per verwarmingstechniek over de meetperiode.



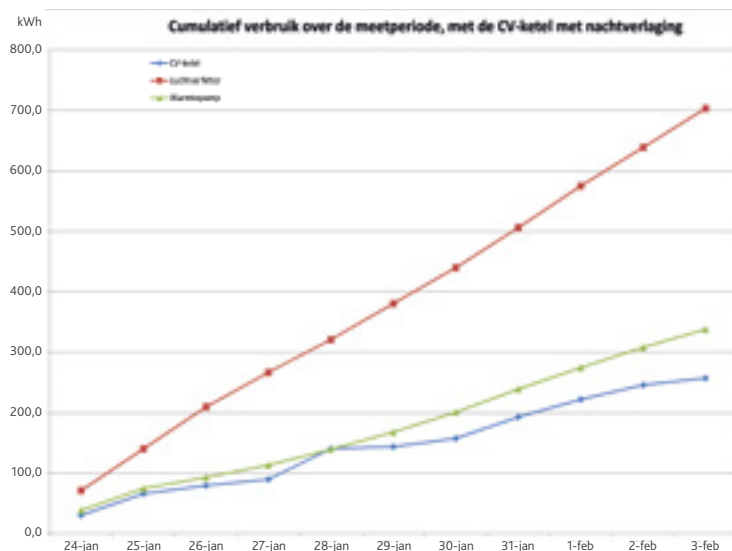
Figuur 2: Verbruik per verwarmingstechniek over de meetperiode.



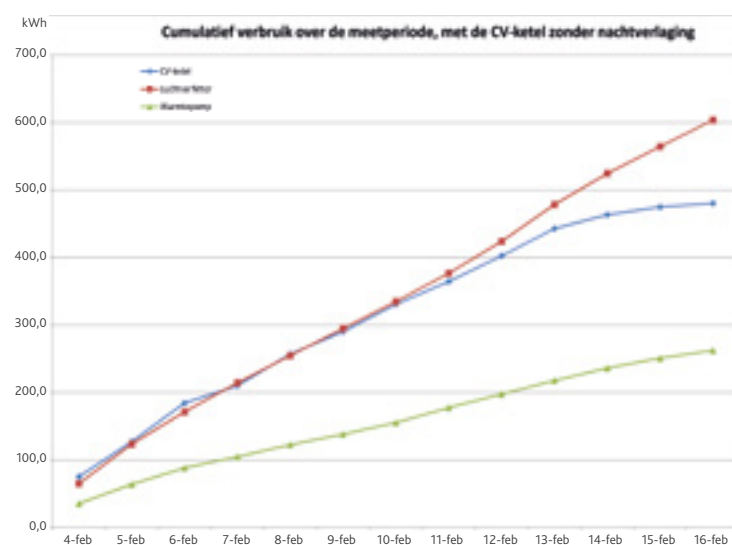
Figuur 3: Gemiddelde buitentemperatuur per dag over de meetperiode.



Figuur 4: Cumulatief verbruik van de drie verwarmingstechnieken over de hele meetperiode.



Figuur 5: Cumulatief verbruik over de meetperiode met de CV-ketel in nachtverlagingsstand.



Figuur 6: Cumulatief verbruik over de meetperiode met de CV-ketel zonder nachtverlagingsstand

van de CV-ketel. Dit komt omdat de CV-ketel die dag van nachtverlagingsstand overgeschakeld in continustand. In de meetperiode 1 is de ingestelde temperatuur in de nacht lager dan die overdag. In meetperiode 2 is de hele dag dezelfde ingestelde temperatuur gebruikt.

Figuren 5 en 6 tonen het cumulatief energiegebruik van de verschillende verwarmingstechnieken, gesplitst in de periode waar de CV-ketel in nachtverlagingsstand heeft gestaan en in de periode waar de CV-ketel continu heeft gedraaid. Figuur 5 toont meetperiode 1, waar de CV-ketel in nachtverlagingsstand heeft gestaan, en figuur 6 toont meetperiode 2 met de CV-ketel in continustand.

In figuur 5 is te zien dat de warmtepomp en de CV ketel ongeveer hetzelfde traject doorlopen mbt energiegebruik. De CV ketel wordt in dit geval 's nachts in een nachtverlagingsstand gezet. De warmtepomp verwarmt continu. Om de woning te verwarmen gebruikt de warmtepomp deels warmte uit de buitenlucht wat wordt "opgepompt" met behulp van elektriciteit. De luchtverhitter gebruikt in deze situatie de meeste energie. De luchtverhitter kent in dit geval geen nachtverlaging.

In figuur 6 is te zien dat zonder nachtverlaging de CV ketel praktisch evenveel energie gebruikt als de luchtverhitter. De warmtepomp verwarmt ook in dit geval de woning continu. Dit continu verwarmen is ook het geval bij de luchtverhitter.

Conclusie

Er zijn uit dit onderzoek meerdere conclusies te trekken. Deze zijn opgesplitst in:

- de hypothese,
- elektriciteit in de toekomst en
- gas in de toekomst.

Hypothese

Wat het onderzoek laat zien is dat beide alternatieve elektrische verwarmingstechnieken de woning kunnen verwarmen. Dit betekent dat de gasgestookte CV-ketel dus vervangen kan worden door een elektrisch alternatief, ook al is de woning niet energiezuinig uitgevoerd en het verwarmingsafgiftesysteem blijft zoals het is. De elektrische varianten functioneren dus goed in een slecht geïsoleerde woning met hoge temperatuur verwarming.

De hoge temperatuur CO₂ warmtepomp verbruikt ongeveer evenveel energie als de CV-ketel met nachtverlaging zoals is te zien in figuur 5. Wanneer de CV-ketel geen nachtverlaging heeft, dan verbruikt de warmtepomp zelfs veel minder energie. Hierdoor is de warmtepomp een goed alternatief voor een gasloze toekomst.

Elektriciteit in de toekomst

Wat niet is meegenomen is dat bij gebruik van elektrische verwarming ook zonnepanelen in combinatie met elektrische energieopslag toegepast kan worden. Dit verhoogt de (kosten)efficiëntie van zowel de energieopwekker als de elektrische verwarming. Indien er geen of te weinig afname van elektriciteit is, leveren op dit moment zonnepanelen in combinatie met een gasgestookte CV-ketel de opgewekte stroom terug aan de energieleverancier. De energieleverancier geeft vervolgens korting op de energierekening van de gebruiker. Verhoudingsgewijs is de teruggeleverde elektriciteit alleen niet evenveel waard als de elektriciteit die ingekocht wordt. Wanneer de elektriciteit wordt opgewekt en direct wordt gebruikt voor elektrische verwarming, dan kan een grotere besparing worden behaald die niet mogelijk is met een gasgestookt systeem. Omdat het opwekken van energie en het gebruik van energie vaak niet gelijktijdig is biedt tussentijdse energieopslag een mogelijke oplossing.

Kostentechnisch zijn de elektrische verwarmingstechnieken er nog niet. De investeringskosten van de apparaten en de prijs per kWh energie liggen voor de elektrische systemen hoger. Op het gebied van de prijs per kWh wordt nu wel actie ondernomen, het is dus mogelijk dat in de toekomst een gunstigere verhouding ontstaat tussen de gas en elektra prijs per kWh.

Gas in de toekomst

Voor de gasgestookte CV-ketel laat het onderzoek zien dat het inregelen van de CV-installatie en het toepassen van bijvoorbeeld een modulerende klokthermostaat cruciaal zijn voor het zuinig en efficiënt werken van de CV-ketel. In meetperiode 1, waar nachtverlaging is toegepast voor de CV-ketel, is te zien dat het systeem een aanzienlijk lager

energiegebruik laat zien dan in meetperiode 2, waar geen nachtverlaging is toegepast. Dit is goed terug te zien in figuur 5 en 6.

Adviezen

In het onderzoek is gebruik gemaakt van slecht geïsoleerde woningen. Een goed geïsoleerde schil voorkomt natuurlijk warmteverlies. Een slecht geïsoleerd huis heeft veel meer energie nodig om op temperatuur te blijven. Dit zorgt voor een hoog energiegebruik en hogere investeringskosten in de warmteopwekker. Deze is immers groter om aan de grotere energiebehoefte van de woning te kunnen voldoen. Het advies is dan ook om altijd te isoleren.

Aanbevelingen

De testen zijn uitgevoerd in woningen die nagenoeg niet zijn geïsoleerd. Om een beter beeld te krijgen van de werking van alternatieve technieken zouden deze tests ook kunnen worden uitgevoerd in beter geïsoleerde woningen. Hierdoor wordt een beter beeld verkregen van het energiegebruik van deze technieken.

Ook is met de toenemende elektrificatie van woningen waarschijnlijk een zwaarder elektrisch infrastructuur nodig. Als er naast elektrisch verwarmen ook elektrisch gekookt wordt en een auto elektrisch wordt opgeladen, heeft dit mogelijk gevolgen voor de bestaande elektrische infra. Middels een vervolgonderzoek zou hier aandacht aan gegeven kunnen worden.

Als laatste is lokale duurzame energieopwekking (zoals zonnepanelen) en energieopslag niet meegenomen in de beschouwing. We verwachten met deze middelen de bestaande elektrische infra te ontlasten en energiegebruikskosten te verlagen. Hiermee worden hoge maatschappelijke investeringen voorkomen. Het onderling koppelen van de individuele energiesystemen per woning (opwekking, verbruik en opslag) en managen van deze energiestromen zal in een vervolgproject meegenomen worden, dat wij samenvatten onder de naam AWESOME hetgeen betekend: Andere Warmte en Elektriciteit door Slim Opslaan en Managen van Energie.

Referenties

1. ISSO-publicatie 51 Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen – 2018
2. Kleintje Warmteverliesberekening voor woningen – 2017
3. Kleintje CV-service Monteren en onderhouden van gasinstallaties – 2019
4. Stichting MOED - <https://duurzaammoed.nl/>