RENDEMENT HR-KETEL

NADER ONDERZOEK TBV WARMTEREGELING

Internet	www.energymatters.nl
Mail	info@energymatters.nl
Tel	+31 30 691 1844
Fax	+31 30 691 1765

Titel	Rendement HR-ketel
Subtitel	nader onderzoek tbv Warmteregeling
Projectnummer	14.604
Status	Definitief
Datum	8 oktober 2014

In opdracht van	RVO

Inhoudsopgave

1 Opzet & doel onderzoek 3
1.1 Aanleiding onderzoek 3
1.2 Doel onderzoek 3
2 Methodiek Warmtebesluit 4
3 Informatie uit veldtesten 5
3.1 Statistische betrouwbaarheid veldtesten 5
3.2 Onzekerheidsmarge veldtesten 6
3.3 Representativiteit veldtesten t.o.v. Warmtebesluit 6
4 Rendement ruimteverwarming 8
4.1 Veronderstellingen rendement ruimteverwarming 8
4.2 Resultaten veldtesten 9
4.3 Relatie laboratoriumtesten en veldtesten 10
4.4 Opgave rendementen door andere bronnen 11
4.5 Conclusies rendement ruimteverwarming 11
5 Rendement warm tapwater 12
5.1 Veronderstellingen warmtapwaterrendement 12
5.2 Resultaten veldtesten 12
5.3 Relatie laboratoriumtesten en veldtesten 13
5.4 Opgave rendementen door andere bronnen 14
5.5 Techniek-ontwikkeling 15
5.6 Conclusies rendement warm tapwater 16
6 Samenvatting 17
Bronnen 18
Appendix I: Berekening rendement volgens Warmtebesluit 19
Appendix II: Achtergrond ruimteverwarming 20
Appendix III: Vergelijking veldtesten & laboratoriummetingen voor de functie verwarming 22
Appendix IV Vergelijking veldtesten & laboratoriummetingen voor de functie warm tapwater 24

1 OPZET & DOEL ONDERZOEK

1.1 Aanleiding onderzoek

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (hierna ook: RVO.nl). heeft in juni 2014 haar eerste rapportage over de ontwikkeling van de parameters van de Warmteregeling opgesteld.

Voor de bepaling van de rendementen voor ruimteverwarming en warm tapwater in de praktijk heeft RVO.nl in haar rapportage het veldtestenrapport (Energy Matters, 2014) betrokken. Van diverse kanten zijn er commentaarpunten bij het Ministerie van Economische Zaken (hierna ook: EZ) binnen gekomen betreffende het veldtestenrapport:

- de veldtesten gaan over te weinig ketels
- de statistiek is niet goed uitgewerkt
- het rendement voor tapwater is lager dan de 65% die door RVO.nl is voorgesteld.

EZ heeft voor wat betreft de parameters “gemiddeld opwekrendement voor ruimteverwarming” en “gemiddeld warm tapwater rendement” uit de Warmteregeling aangekondigd nader onderzoek te doen naar de uitkomsten van bovengenoemde RVO.nl rapportage. Dit rapport is opgesteld in opdracht van RVO.nl.

1.2 Doel onderzoek

Het nader onderbouwen van de uitkomsten van de rendementen van een HR-ketel voor warm tapwater en ruimteverwarming uit de RVO rapportage op basis van de veldtesten en andere bronnen.

Opzet onderzoek

Het onderzoek is als volgt opgebouwd:

- Stap 1: beschouwing huidige methodiek: welke parameters worden gevraagd
- Stap 2: aanvullende definities omtrent gebruikscontext t.b.v. bepaling rendement
- Stap 3: beschouwing representativiteit veldtest
- Stap 4: beschrijving ketelrendement op basis van voorgaande uitgangspunten

In de bijlage van dit rapport is de rekenmethode van het Warmtebesluit opgenomen, alsmede een beschouwing van de veldtesten en de Gaskeur laboratoriummetingen.

Scope

Dit onderzoek zal zich beperken tot zaken die betrekking hebben op de parameters voor het rendement van ruimteverwarming en tapwater in de Warmteregeling.

2 METHODIEK WARMTEBESLUIT

De volgende uitgangspunten zijn opgenomen in het Warmtebesluit[1] en de Warmteregeling[2] en zijn overgenomen in dit rapport:

- G6 aansluiting met gemiddeld verbruik (Toelichting Warmtebesluit, onder 2.1)
- HR-107 ketel met comfortklasse CW4 (Toelichting Warmtebesluit, onder 2.1)
- *Het rendement exclusief elektriciteitsverbruik van de ketel (..) "Dit leidt tot de conclusie dat het kostenverschil tussen warmtesituaties en gassituaties beperkt is. Gelet daarop is, vanwege het belang van eenvoud in de formule, het warmteverlies van de afleverset* ***en het elektriciteitsgebruik in de gassituatie niet meegenomen in de formule voor het brandstofrendement"*** (Toelichting Warmtebesluit, onder 2.4)
- De gaskwaliteit is vastgesteld op 0,03517 GJ / Nm op bovenwaarde (Warmtebesluit, Artikel 4).
- Tapwatervraag is vastgesteld op 7,2 GJ / jaar (Warmteregeling, Paragraaf 3 variabele kosten). De tapwatervraag is gebaseerd op het Basis Onderzoek Warmte Kleinverbruik (BWK). Het BWK onderzoek wordt jaarlijks uitgevoerd en bestaat uit een aselecte steekproef van afnemers van warmte. Uit het rapport van RVO.nl (2014) blijkt dat de tapwatervraag niet veranderd is, 7,2 GJ / jaar blijkt de gemiddelde tapwatervraag over de laatste vier jaar.

Het Warmtebesluit geeft een formule (Artikel 4, zie ook Appendix I) voor de berekening van de NMDA prijs maar het ontbreekt echter aan een definitie van het gemiddeld opwekkingsrendement voor ruimteverwarming. We zullen deze trachten te formuleren:

- Het rendement is het omzettingsgetal van inkomende energie (zoals gemeten door gasmeter, en/of warmtemeter) naar finale afgenomen energie door de verbruiker. Voor het Warmtebesluit gaat het alleen om de omzetting van gas naar warmte. Het elektriciteitsverbruik van de ketel wordt buiten beschouwing gelaten.
- Voor de geleverde warmte geldt de warmte gemeten direct achter de ketel.
- Het rendement wordt gegeven op bovenwaarde. Dit is het rendement waarbij de condensatiewarmte van de verbrandingsgassen wordt meegerekend.
- Het rendement is het gemiddelde rendement gedurende het jaar

Het eerste uitgangspunt hierboven geeft een belangrijke wijziging t.o.v. de rapportage van de veldtesten (Energy Matters, 2014). In de veldtesten zijn de rendementen uitdrukkelijk gedefinieerd als de rendementen <u>inclusief</u> het primaire[3] energiegebruik door het elektriciteitsverbruik van o.a. de pomp, ventilator en elektronica. In deze rapportage t.b.v. de Warmteregeling zijn alle rendementen opgenomen als de rendementen <u>exclusief</u> het energiegebruik door het elektriciteitsgebruik. Waar het nodig was om hier vanaf te wijken voor vergelijking met andere bronnen, is dit vermeld.

[1] Warmtebesluit 10 september 2013, houdende regels ter uitvoering van de Warmtewet http://wetten.overheid.nl/BWBR0033940/geldigheidsdatum_30-09-2014.

[2] Warmteregeling, 4 september 2013, houdende uitvoering van het Warmtebesluit en de Warmtewet. http://wetten.overheid.nl/BWBR0033862/geldigheidsdatum_30-09-2014.

[3] Dat wil zeggen dat de ingekomen elektrische energie is verrekend met een factor van 0,39 om de daadwerkelijke brandstofverbruik van het gemiddelde Nederlandse park van elektriciteitscentrales te bepalen.

3 INFORMATIE UIT VELDTESTEN

Energy Matters heeft in samenwerking met RVO in de periode 2012-2013 een analyse gedaan van de metingen van vijf verschillende warmtetechnieken waaronder HR-ketels. Dit onderzoek staat bekend als de *"veldtesten warmtetechnieken*". Deze veldtesten hebben, ondanks herhaaldelijke meetproblemen, geleid tot een goed inzicht in rendementen van HR-ketels, microWKK toestellen en warmtepompboilers in de praktijk. De HR-ketels uit de veldtest waren allen voorzien van het Gaskeur HR-107 label en van het Gaskeur HRww label.

3.1 Statistische betrouwbaarheid veldtesten

In het rapport van Techniplan wordt genoemd dat de veldtest onvoldoende basis vormt voor het nauwkeurig bepalen van een gemiddeld opwekrendement voor HR-ketels (Techniplan, 2014, p. 13). De veldtesten waren op voorhand niet opgezet om een representatieve steekproef te zijn van een populatie met een omvang van miljoenen ketels. Daarvoor was een steekproef nodig geweest die minimaal een factor 10 groter was. Het doel was om de prestaties van verschillende verwarmingssystemen te monitoren en conclusies te trekken over de werking in de praktijk.

De veldtesten hebben door de vele meetpunten (per minuut gemeten over een periode van twee jaar) veel data opgeleverd waarmee het rendement van ketels kan worden onderbouwd. Anders gezegd: het is geen proef met metingen van 1 dag bij 500 HR-ketels, maar wel een proef met gemiddeld circa 250 dagen betrouwbare metingen aan 19 HR-ketels. De veldtesten zijn hierdoor veruit de meest waardevolle bron van informatie voor het bepalen van het rendement voor ruimteverwarming en tapwater in de praktijk. Van de 23 ketels uit de veldtest waarvan data beschikbaar was, zijn 4 ketels voor ruimteverwarming en 4 ketels voor tapwater uitgesloten van de analyse. In het veldtestrapport (Energy Matters, 2014) is beschreven welke ketels op welke gronden uitgesloten zijn van het onderzoek.

In de veldtest is dankzij de continue monitoring onder vrijwel alle denkbare gebruiksomstandigheden gemeten waardoor kon worden nagegaan in hoeverre de diverse gebruiksomstandigheden van invloed zijn op de energetische prestaties van de geselecteerde toestellen. Prof. Van der Heijden van de Universiteit Utrecht komt in zijn analyse (2014, p. 12) tot de conclusie dat: "uit de geschatte betrouwbaarheidsintervallen van de gemiddelde rendementen blijkt dat de veldtesten hun nut hebben gehad."

De veldtesten zijn dus een waardevolle bron van informatie geweest over het gedrag van de gebruikers en de techniek in de dagelijkse praktijk en leveren veel informatie op over het rendement van HR-107 ketels.

3.2 Onzekerheidsmarge veldtesten

Er kan geen exacte opgave gedaan worden van de totale meetnauwkeurigheid. Reden is dat er voor opgave van een gemiddelde meetnauwkeurigheid een complexe berekening moet worden gemaakt voor iedere gebruiksomstandigheid. Vanwege de grote hoeveelheid gebruiksomstandigheden onder de veldproef is dit niet een mogelijkheid. Er is in de veldtest gebruik gemaakt van meetapparatuur die voldoet aan een meetprotocol dat door KIWA is opgesteld. In dit meetprotocol is opgenomen aan welke eisen de sensoren en de verwerkingsapparatuur moet voldoen. Deze eisen zijn gebaseerd op de hoogste techniek van de (in die tijd) toegepaste meetapparatuur met redelijke kostprijs. Er is in het meetprotocol geen opgave gedaan van de uiteindelijke nauwkeurigheid van metingen: de *best available technology* is toegepast.
Naast de meetnauwkeurigheid spelen ook aselecte filtering van gegevens door de datavalidatie van Energy Matters en onopgemerkte meetfouten een rol. Zoals eerder opgemerkt in de eindrapportage van de veldtesten ligt de orde van de bandbreedte van de resultaten in de orde van meerdere procentpunten. Dit blijkt ook uit een analyse van het betrouwbaarheidsinterval met de bootstrap methode[4]. Hier komt uit dat het rendement voor ruimteverwarming met een 95% betrouwbaarheid ligt tussen 95,1% met afwijking van +/-2,3%. Voor tapwater is dit 65,3% met een afwijking van +/-1,1%.

3.3 Representativiteit veldtesten t.o.v. Warmtebesluit

Representativiteit ruimteverwarming
Reeds in 1998 konden alle leveranciers een ketel leveren die voldoet aan het Gaskeur HR-107. Voor het verkrijgen van een Gaskeurlabel moet een ketel o.a. voldoen aan onder Gaskeur vastgelegde minimale energetische prestaties die onder één specifieke gebruiksomstandigheid, of tappatroon, gemeten wordt. Omdat de toestellen in de veldtest geselecteerd zijn op het HR-107 label en het HRww label kon een vergelijking tussen de energetische prestaties van deze toestellen onder de gedefinieerde gebruiksomstandigheden van Gaskeur en de veldtesten niet uitblijven en is daarom onderdeel van deze rapportage. Verder is een vergelijking gemaakt met een andere belangrijke bron, te weten de NEN 7120 die de energetische prestaties van toestellen onder gemiddeld jaarlijkse bedrijfsomstandigheden aangeeft.

De huidige leeftijd van de ketels uit de veldtest is gemiddeld zo'n 8,5 jaar en vormt daarom een goede afspiegeling van de gemiddelde leeftijd van de ketels van bestaande en nieuwe gebruikers[5]. Er zijn bovendien geen aanwijzingen beschikbaar waaruit zou blijken dat verbeteringen in de technieken van de meest moderne ketels voor de functie verwarming zou leiden tot hogere rendementen dan voor de technieken die in de ketels van de veldtesten zijn gebruikt. Dat betekent dat de veldtesten een goede afspiegeling vormen van de gevraagde typologie uit het Warmtebesluit en dat de uit de veldtest vastgestelde rendementen niet gecorrigeerd hoeven te worden.

---

[4] Met de bootstrapping methode kan een inschatting worden gemaakt van de onnauwkeurigheid van het gemiddelde rendement op basis van de gegevens van de veldtest. Deze methode is toegepast in lijn met de aanpak de notitie van Prof. Van der Heijden.
[5] Uitgaande van een gemiddelde levensduur van een ketel van 15 jaar (Warmteregeling, Artikel 2 lid 1 onder b).

Representativiteit warm tapwater
Vanaf 2001 zijn er vrijwel uitsluitend HR-107 toestellen met ook het HRww-label (Hoog Rendement warm tapwater) verkocht. In de veldtesten waren alle ketels voorzien van het Gaskeur HR-107 label en HRww label. Het HRww label wordt in het Warmtebesluit niet verplicht gesteld, maar in de praktijk zijn vanaf de introductie van het HR-107 label bijna al deze ketels ook voorzien van het HRww label.

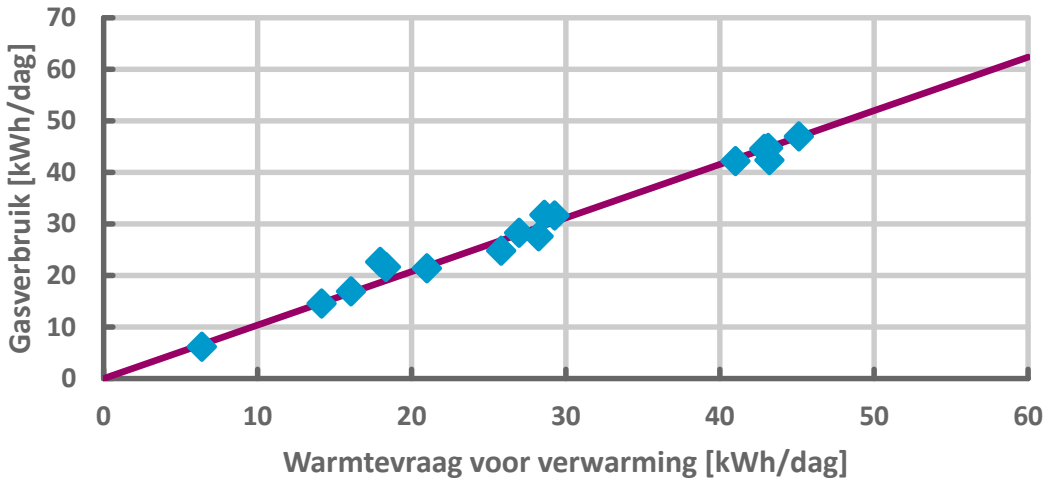
Het Comfort Warmtapwater (CW)-label van een combiketel geeft aan hoeveel warm tapwater de ketel per minuut kan leveren, en loopt van CW1 tot CW6. In het Warmtebesluit (Toelichting Warmtebesluit, onder 2.1) is aangegeven dat de CW4 klasse geldt als referentieketel. In de veldtesten zaten overwegend HR-ketels met CW klasse 3 en een aantal met CW4 en CW5. De CW klasse zegt niets over het gemeten laboratoriumrendement. Er is dus ook geen aanleiding om te veronderstellen dat dat de gemiddelde rendementscurve beïnvloed zou worden door de CW klasse. De resultaten van de veldtesten laten de prestaties van de ketels zien onafhankelijk van de CW klassen door de werkelijke prestaties te koppelen aan de werkelijke warmtevraag voor tapwater.

Dat betekent dat de veldtesten een goede afspiegeling vormen van de gevraagde typologie uit het Warmtebesluit en dat de uit de veldtest vastgestelde rendementen niet gecorrigeerd hoeven te worden.

4 RENDEMENT RUIMTEVERWARMING

4.1 Veronderstellingen rendement ruimteverwarming

In de veldtest bleek er een vrijwel lineaire relatie te liggen tussen de warmtebehoefte voor verwarming en het gasverbruik met een snijpunt door nul (zie Figuur 1).



Figuur 1: Relatie warmtebehoefte en brandstofverbruik ruimteverwarming

De verhouding tussen de warmtevraag en het brandstofverbruik is onafhankelijk van de warmtevraag hetgeen betekent dat het rendement voor ruimteverwarming onafhankelijk is van de hoogte van de jaarlijkse warmtevraag. Dit betekent dat het rendement volgens de uitkomsten van de veldtesten zowel bij hoge warmtevragen (geldig voor bijvoorbeeld oudere, slechter geïsoleerde woningen) als bij lage warmtevragen (geldig voor bijvoorbeeld de nieuwere woningen) gelijk is. Er is dus ook geen aanleiding om te veronderstellen dat er een relatie is tussen het rendement en het bouwjaar van de woning.

Het rendement voor ruimteverwarming van een HR-107-ketel wordt vooral beïnvloed door de retourtemperatuur van het cv-systeem. Deze retourtemperatuur is bepalend voor de afkoeling van de verbrandingsgassen met de daarmee gepaard gaande schoorsteenverliezen. In de veldtest is deze relatie ook naar voren gekomen. Het verschil in de retourtemperaturen zoals geconstateerd in de veldtesten en de aannamen van deze retourtemperatuur van de laboratoriumtesten en in de NEN 7120 methode geeft een goede verklaring van de verschillende rendementen die gecommuniceerd worden. In Appendix III wordt hierop nader ingegaan.

Er is in de veldtesten geen correlatie gevonden met warmtevraagpatronen of de aansturing van de ketel door het type kamerthermostaat (aan-uit gestuurd of modulerend aangestuurd) (zie Appendix II).

4.2 Resultaten veldtesten

In totaal was voor ruimteverwarming data beschikbaar van 19 systemen[6], waarvan 10 combiketels en 9 combi-ketels gekoppeld aan een zonneboiler. Uit de veldtest blijkt dat het gemiddelde rendement voor ruimteverwarming met de HR-107 ketels exclusief elektriciteit uitkomt op 95,1% (onderaan middelste kolom Tabel 1).

De rendementswaarden (exclusief elektriciteit) kwamen drie maal boven de 100% op bovenwaarde. Dit is technisch gezien onmogelijk. Aangenomen mag worden dat deze resultaten door meetonnauwkeurigheden zijn ontstaan en dat de werkelijke waarden hoog moeten zijn maar wel realistisch. In lijn met het advies van Prof. Van der Heijden[7] (2014) zijn deze waarden gecorrigeerd naar de maximale waarden die conform NEN 7120 met een HR-ketel kunnen worden gerealiseerd, te weten 97,5%. Na deze correctie blijkt dat het gemiddelde rendement voor ruimteverwarming met de HR-107 ketels exclusief elektriciteit uitkomt op 94,2% (onderaan laatste kolom Tabel 1).

We komen tot de volgende tabel met daarin de rendementen op ruimteverwarming:

Tabel 1: rendementswaarden ruimteverwarming veldtesten

Systeem	Rendement cv **incl. elektriciteit**	Rendement cv **excl. elektriciteit** ongecorrigeerd	Rendement cv **excl. elektriciteit** gecorrigeerd
1	88,1%	90,1%	90,1%
2	90,7%	92,6%	92,6%
3	90,0%	91,8%	91,8%
4	99,5%	104,0%	97,5%
5	92,9%	95,5%	95,5%
6	97,3%	103,8%	97,5%
7	96,0%	98,3%	97,5%
8	94,7%	97,2%	97,2%
9	92,3%	95,0%	95,0%
10	96,4%	96,4%	96,4%
11	93,4%	95,2%	95,2%
12	94,6%	96,3%	96,3%
13	93,6%	96,2%	96,2%
14	85,4%	85,1%	85,1%
15	93,4%	95,5%	95,5%
16	94,2%	97,2%	97,2%
17	99,2%	102,3%	97,5%
18	87,6%	90,3%	90,3%
19	84,5%	84,7%	84,7%
gemiddeld	92,8%	95,1%	94,2%
stddev	4%	5%	4%

[6] Voor 19 van de 23 systemen was voldoende data beschikbaar voor analyse van het rendement voor ruimteverwarming (zie Paragraaf 3.1)

[7] Hoogleraar statistiek, Universiteit Utrecht

4.3 Relatie laboratoriumtesten en veldtesten

Naast de veldtest ligt het voor de hand om te kijken naar de laboratoriumtesten van Gaskeur, en naar de NEN-7120. De NEN-7120 is bedoeld voor de bepaling van de energieprestatie van gebouwen (zie verderop in deze paragraaf).

Metingen onder Gaskeur
De laboratoriummeetmethode van Gaskeur is gebaseerd op de Europese norm EN 15502 en wordt door KIWA uitgevoerd. In de Gaskeur methode wordt voorgeschreven dat HR-ketels niet worden getest op vollast maar op een deellast van 30% bij tapwatertemperaturen van 30 graden retour en 36 graden aanvoertemperatuur. Ondanks dat de Gaskeur meting slechts een éénpuntsmeting is, maakt deze meting het wel mogelijk om een goede onderlinge vergelijking van ketels te maken. De Gaskeurlabels zijn niet bedoeld om de om de absolute rendementen onder praktijkomstandigheden te voorspellen. In afhankelijkheid van de praktijkomstandigheden kunnen in het veld zowel hogere rendementen (bij bijvoorbeeld laag temperatuur verwarmingssystemen) als lagere rendementen (bij bijvoorbeeld een niet correcte inregeling van de volumestromen over de radiatoren) voorkomen.

Onder laboratorium omstandigheden zoals hierboven aangehaald halen HR-107 ketels een rendement voor ruimteverwarming van minimaal 96,3% op bovenwaarde op basis van een retourtemperatuur van 30 graden. Uit de veldtesten komt een rendement van 94,2%. Het verschil is te verklaren door een hogere retourtemperatuur in de praktijk. In Appendix III wordt hier dieper op ingegaan.

Jaargebruiksrendementen in de NEN 7120.
In de NEN 7120 wordt voor hoge temperatuur verwarmingssystemen (zoals in de veldtesten) bij toepassing van een HR-107 toestel opgave gedaan van een jaargebruiksrendement van 95%. Voor opgave van deze 95% is uitgegaan van een Nederlandse cv systeem en een inzet van nachtverlaging[8]. De opgave is gedaan op basis van een uitgebreid simulatie-onderzoek (Boilsim[9]) door TNO. In de veldtest is een gemiddeld rendement van 95,1% exclusief elektriciteit aangetroffen (zie Tabel 1, middelste kolom). Na correctie voor uitschieters naar boven komt het gemiddelde rendement op 94,2%. In de praktijk blijken de rendementen nauwelijks lager uit te vallen dan de opgave in de NEN 7120. De veldtesten staven dus de theoretische verwachtingen vanuit Boilsim rond het praktijkrendement voor ruimteverwarming van de HR-107-ketel.

[8] Bij nachtverlaging wordt er 's nachts minder of helemaal niet gestookt, waardoor de ruimtetemperatuur daalt. In de ochtend geldt dan een opwarmtijd waarin de ruimtetemperatuur weer op het gewenste niveau wordt gebracht.
[9] http://www.boilsim.com/

4.4 Opgave rendementen door andere bronnen

Andere bronnen die zijn opgeleverd in het kader van de warmtewet zijn:

- Rapport RVO.nl (2014). *Update parameters warmteregeling.*
- Rapport Techniplan (2014). *Beschouwing voorstel RVO.nl tot 'update parameters warmteregeling'.*
- Notitie Prof. Dr. Van der Heiden over het rendement ruimteverwarming en het rendement warmtapwater.
- Vereniging Eigen Huis, 2014. Brief met kenmerk CU20140401 van de Vereniging Eigen Huis aan Minister Blok, 3 april 2014.

Het rapport van RVO.nl gaat uit van een rendement voor ruimteverwarming van 93%, als gemiddelde tussen de 92% genoemd door Techniplan en het voorstel van Vereniging Eigen Huis (94%). De rendementen uit de oorspronkelijke rapportage van Energy Matters (2014) betreffende de veldtest zijn INCLUSIEF het elektriciteitsverbruik, maar wel exclusief een correctie voor uitschieters. Gezien het Warmtebesluit dient te worden gerekend met rendementen exclusief elektriciteitsverbruik.

Ondanks verschillen in veronderstellingen wat betreft rendementen inclusief of exclusief elektriciteit en aannames, liggen de voorgestelde rendementen van de behandelde rapporten dicht bij elkaar.

4.5 Conclusies rendement ruimteverwarming

De resultaten van de veldtesten wijken niet significant af van de rendementsbepalingen die andere partijen hebben aangedragen. Omdat de veldtesten de enige bron vormen voor de werkelijke rendementen in de praktijk en de resultaten verklaarbaar zijn t.o.v. de Gaskeur metingen en de NEN 7120, wordt voorgesteld om de resultaten van de veldtesten als uitgangspunt te hanteren voor het aan te houden rendement t.b.v. de parameters uit de onder de Warmteregeling. Het resultaat van de veldtesten geeft een gemiddeld rendement van 94,2% voor ketels die voorzien zijn van het Gaskeur HR-107 label. Gegeven de kleine steekproef en de spreiding in de resultaten en de meetonnauwkeurigheid stellen we voor het rendement af te ronden naar hele getallen. Het rendement voor ruimteverwarming wordt dan 94%.

5 RENDEMENT WARM TAPWATER

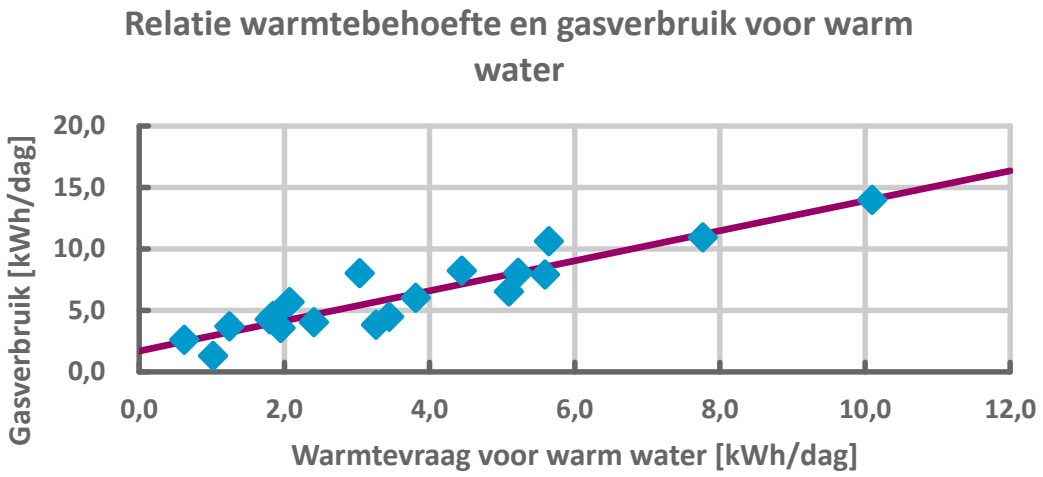
5.1 Veronderstellingen warmtapwaterrendement

Uit de veldtest is als resultaat naar voren gekomen dat er een tweetal parameters zijn die het energetisch gebruik voor warmtapwater beïnvloeden:

- De warmtebehoefte voor warmtapwater;
- De stilstandsverliezen van de toestellen[10]

Andere relaties zijn niet gevonden.

De veldtesten hebben een duidelijk lineair verband aangetoond tussen de vraag naar warmtapwater en het bijbehorende brandstofverbruik. Zie Figuur 2. De lijn gaat niet door nul, dit komt omdat er stilstandsverliezen optreden.



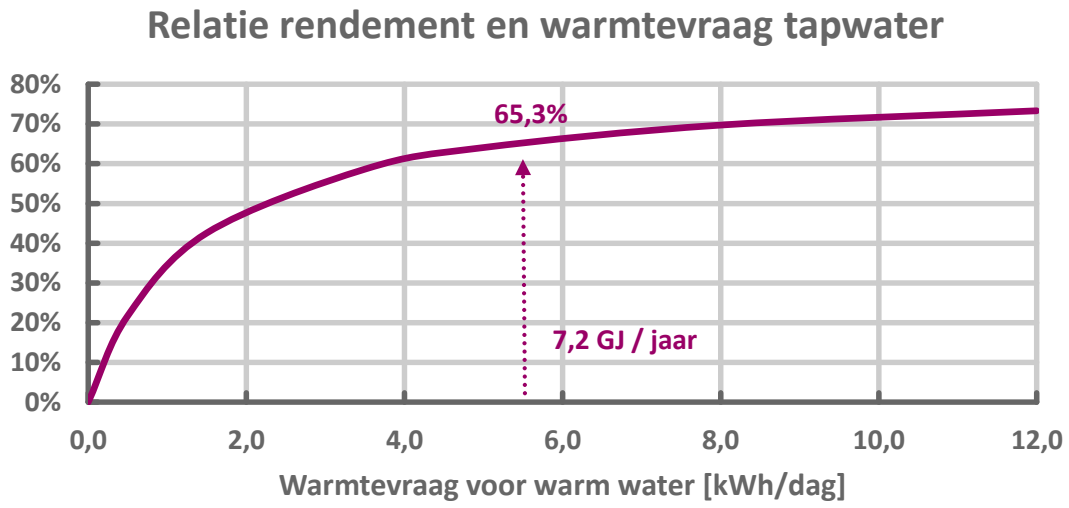
Figuur 2: verband warmtapwatervraag en brandstofverbruik

De lineaire lijn kan worden vertaald naar de relatie tussen de warmtapwatervraag en het rendement. Vanwege de stilstandsverliezen is het rendement voor warmtapwater in grote mate afhankelijk van de hoogte van het verbruik. Hoe groter het verbruik, hoe minder de stilstandsverliezen meetellen en hoe dichter het rendement in de buurt komt van de maximale efficiency.

5.2 Resultaten veldtesten

Met de meetresultaten uit de veldtesten kan een curve worden getrokken die de relatie weergeeft tussen warmtapwatervraag en rendement (zie Figuur 3). De x-as bevat de dagelijkse warmtapwatervraag in kWh/dag, de y-as het rendement exclusief elektriciteitsverbruik.

[10] Stilstandsverliezen zijn gedefinieerd als het energieverbruik op momenten dat er geen afname van ruimteverwarming of warm water is. De in deze rapportage meegenomen stilstandsverliezen betreffen hier uitsluitend het gasverbruik.



Figuur 3: Rendement taptapwater afhankelijk van de vraag. Rendementscurve exclusief elektriciteit op basis van de veldtesten (Energy Matters, 2014).

Anders dan voor verwarming is er zonder opgave van de warmtebehoefte voor warm tapwater geen uitspraak te doen over het warmtapwaterrendement. Een tapwatervraag van 7,2 GJ / jaar conform de Warmteregeling wordt aangehouden voor de bepaling van het rendement voor warmtapwatervraag (zie Hoofdstuk 2). Dit komt overeen met een warmtapwatervraag van 5,5 kWh / dag. Uit de rendementscurve van de veldtest (Figuur 3) blijkt dat het rendement exclusief elektriciteit bij 7,2 GJ warmtapwatervraag hierbij 65,3% bedraagt.

5.3 Relatie laboratoriumtesten en veldtesten

Kwaliteitsverklaringen

Gaskeur kent geen opgave van de gemeten tapwater rendementen. Ten behoeve van het gebruik in de NEN 7120 worden echter door KIWA voor HR-107 ketels zogenaamde “gecontroleerde kwaliteitsverklaringen” opgesteld. In een gecontroleerde kwaliteitsverklaring is de relatie opgegeven tussen de jaarlijkse warmtebehoefte voor warm tapwater en het daarbij behorende taprendement. De gecontroleerde kwaliteitsverklaringen geven daarmee voor ieder toestel een curve die vergelijkbaar is met die van figuur 2. Voor iedere jaarlijkse warmtapwaterbehoefte kan het rendement dan worden afgelezen. Hierdoor is het mogelijk om de laboratoriumresultaten te vergelijken met de resultaten in de praktijk. Kwaliteitsverklaringen zijn opvraagbaar bij ISSO[11].

De resultaten van de vergelijking tussen het laboratoriumrendement en de resultaten van de veldtest kon uitsluitend worden gemaakt voor ketels waar een kwaliteitsverklaring beschikbaar van was (dit betreft ruim 50% van de totale populatie uit de veldtest). De resultaten van de vergelijking zijn in Tabel 2 weergegeven.

[11] http://www.isso.nl/werkvelden/energie-milieu/epa/gelijkwaardigheidsverklaringen

Tabel 2: rendementen op basis van 7,2 GJ warmtebehoefte voor warm tapwater voor de HR-ketels uit de veldtest waarvoor kwaliteitsverklaringen beschikbaar waren.

Gem. rendement bij warmtebehoefte 7,2 GJ op basis van **kwaliteitsverklaringen** (inclusief elektriciteit, exclusief elektronica-verbruik)	Gem. rendement bij warmtebehoefte 7,2 GJ op basis van **veldmetingen** (inclusief elektriciteit, exclusief elektronicaverbruik)	verschil tussen resultaat kwaliteitsver-klaringen en resultaat van de veldmetingen bij 7,2 GJ warmtebehoefte (absoluut verschil)
70,9%	66,3%	4,6%

In deze tabel is gebruik gemaakt van de rendementscurve (overeenkomstig de curve van Figuur 3) die vanuit de kwaliteitsverklaringen beschikbaar zijn. Voor ieder toestel is het rendement bepaald bij een warmtebehoefte van 7,2 GJ/jaar. Het gemiddelde van deze uitkomsten is in de eerste kolom weergegeven. Hetzelfde is gedaan met de resultaten van de veldtesten. Dit resultaat is in de tweede kolom weergegeven. Dit getal wijkt af van de 65,3% uit Paragraaf 5.3, omdat in Tabel 2 alleen de ketels zijn meegenomen waarvan een kwaliteitsverklaring beschikbaar was. Het verschil tussen het te verwachten resultaat vanuit de laboratoriummetingen en de resultaten vanuit de veldmetingen is in de derde kolom weergegeven.

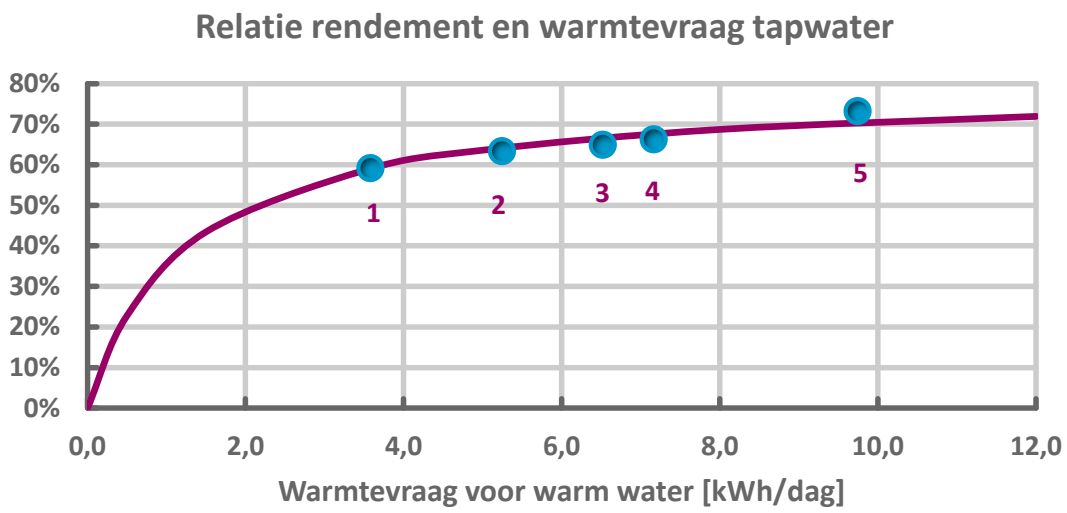
Opgemerkt moet worden dat er in de kwaliteitsverklaringen opgave wordt gedaan van de rendementen inclusief het gebruik van elektriciteit exclusief het gebruik van de elektronica. Voor de veldtesten zijn de rendementen gepresenteerd exclusief alle elektriciteit. Om een goede vergelijking mogelijk te maken tussen de laboratorium resultaten en de veldtesten zijn de rendementen van de veldtesten daarom eerst gecorrigeerd op het elektrisch gebruik exclusief elektronica.

De opgave in Tabel 2 geeft dus alleen aan dat er een verschil wordt geconstateerd in de energetische prestaties zoals deze onder de gecontroleerde kwaliteitsverklaringen worden afgegeven en de energetische prestaties van dezelfde toestellen in de veldtest. Dit verschil is vanuit de veldtesten niet goed te verklaren. Mogelijk liggen afwijkende tappatronen hieraan ten grondslag.

De veldtesten leveren geen directe strijdigheid met de laboratoriummetingen. Zie Appendix IV. Door de lagere gemeten waarde kan de veldtest wel worden beschouwd als een veilige waarde voor het praktijkrendement.

5.4 Opgave rendementen door andere bronnen

Er zijn door diverse partijen uitspraken gedaan over de warmtebehoefte voor tapwater en het bijbehorende rendement. Die zijn weergegeven in onderstaande grafiek. In de grafiek zijn wederom de resultaten van de veldtest weergegeven met de paarse lijn.



Figuur 4: Overzicht rendement versus tapwatervraag

De blauwe punten vormen de uitgangspunten, gerangschikt op tapwatervraag, van de volgende bronnen (de omrekenfactor van kWh/dag naar GJ / jaar is 1.314):

1. Energy Matters, 2014. *Eindrapportage veldtesten*. Rendement van HR-ketels. Warm tapwatervraag: 4,9 GJ/ jaar op basis van 19 systemen
2. Warmtereling, 2010 op basis van Haskoning, 2010. Warm tapwatervraag: 7,2 GJ / jaar (gebaseerd op BWK)
3. VFK, 2012. *Opgave toestelpark 2012*. Warm tapwatervraag: 8,4 GJ / jaar
4. BuildDesk, 2011. *Rendementen van tapwatersystemen*. Warm tapwatervraag: 9 GJ / jaar
5. Haskoning 2010. *Rekenmodel warmtewet.* Warm tapwatervraag: 12,5 GJ/ jaar (Dit rapport geeft zowel een rendement voor 7,2 GJ als voor 12,5 GJ).

Het is een gegeven dat de diverse partijen uitspraken hebben gedaan over rendementen die ogenschijnlijk ver van elkaar afliggen. Uit figuur 3 blijkt echter dat de uitspraken geen van allen strijdig zijn met de resultaten van de veldtesten; de ogenschijnlijke strijdigheid in uitspraken van partijen wordt uitsluitend veroorzaakt door een verschil in aanname van de warmtapwatervraag. De warmtevraag voor warm tapwater staat in deze rapportage niet ter discussie en is een gegeven, gelet op de Warmteregeling (zie Hoofdstuk 2). De 7,2 GJ is in elk geval geen extreme waarde, gelet op andere databronnen.

5.5 Techniek-ontwikkeling

Er zijn aanwijzingen beschikbaar waaruit blijkt dat de keteltechnieken voor de functie warm tapwater in de afgelopen jaren flink zijn verbeterd. Zie hiervoor Tabel 3. Hierin zijn op basis van de beschikbare kwaliteitsverklaringen de gemiddelde rendementen voor warm tapwater weergegeven van de ketels die in de veldtesten zijn gebruikt bij een warmtebehoefte van 7,2 GJ en van de meest verkochte ketels in 2014. Van ruim 50% van de ketels uit de veldtest kon de kwaliteitsverklaring worden gevonden (zie Tabel 3). Deze kwaliteitsverklaringen zijn in de jaren 2003-2008 verstrekt.

Tabel 3: Techniekontwikkeling tapwater

	rendement bij warmtebehoefte 7,2 GJ op basis van kwaliteitsverklaringen 2014	rendement bij warmtebehoefte 7,2 GJ op basis van kwaliteitsverklaringen veldmetingen (2003-2008)
gemiddeld	0,783	0,709

Uit de kwaliteitsverklaringen blijkt dat het gemiddelde rendement voor warm tapwater onder laboratoriumcondities van gangbare HR-107 ketels uit 2014 fors is toegenomen ten opzichte van het rendement van de HR-107 ketels uit de veldtest (zie Tabel 3). Er kan worden overwogen om deze verbetering in de toekomst tot uitdrukking te brengen in het aan te nemen rendement voor warm tapwater onder de Warmtewet.

5.6 Conclusies rendement warm tapwater

De voorstellen die door diverse partijen zijn gedaan voor het te hanteren warmtapwaterrendement onder de Warmtewet zijn niet strijdig met de resultaten van de veldtesten indien deze voorstellen worden vertaald naar een eenduidig gebruik van warm tapwater van 7,2 GJ per jaar.

Ook de verschillen met de gecontroleerde kwaliteitsverklaringen volgens de meetmethode van het Gaskeur HRww en de veldmetingen laten geen directe strijdigheid zien.

Omdat de veldtesten een betrouwbare bron vormt voor de werkelijke rendementen in de praktijk wordt voorgesteld om de resultaten van de veldtesten als uitgangspunt te hanteren voor het aan te houden rendement onder de Warmteregeling. Het resultaat van de veldtesten geeft een gemiddeld rendement van 65,3% voor ketels die voorzien zijn van het Gaskeur HRww label. Dit kan worden beschouwd als een veilige aanname. Gegeven de kleine steekproef en de spreiding in de resultaten en de meetonnauwkeurigheid stellen we voor het rendement af te ronden naar hele getallen. Het rendement voor warm tapwater wordt dan 65%.

6 SAMENVATTING

Het Warmtebesluit geeft duidelijke kaders voor de uitgangspunten van de bepaling van het rendement:

- Uitgangspunt is een HR-107 ketel
- Elektrische energie wordt niet meegenomen
- Het warmtapwaterrendement wordt bepaald bij een warm tapwatervraag van 7,2 GJ/jaar

Aan Energy Matters is gevraagd een nadere onderbouwing te geven van de parameters voor ruimteverwarming en warm tapwater op basis van de gegevens uit de veldtesten. De veldtesten leveren duidelijke indicaties van het gedrag van HR-ketels in de praktijk en vormen daarmee waardevolle bron van informatie voor het bepalen van de rendementsparameters. In deze rapportage is aangetoond dat de gevonden gegevens over het rendement voor ruimteverwarming goed overeenkomen met de verwachtingen vanuit de theorie. Let op: de uitdrukking van het rendement kan verschillen door het wel/niet meenemen van elektrische energie. In eerder verschenen rapportages van de veldtesten is gekozen voor een rendement INclusief elektrische energie, omgerekend naar primaire energie. Dit terwijl de NEN 7120 (EPG) bijvoorbeeld juist een rendement exclusief elektrische energie geeft. In dit rapport wordt, in navolging van het Warmtebesluit, ook uitgegaan van het rendement exclusief elektrische energie.

Rendement voor ruimteverwarming

De resultaten van de veldtesten wijken nauwelijks af van de voorstellen die door diverse partijen zijn gedaan. Omdat de veldtesten de enige bron vormen voor de werkelijke rendementen in de praktijk en de resultaten verklaarbaar zijn t.o.v. de Gaskeur metingen en de NEN 7120, wordt voorgesteld om de resultaten van de veldtesten als uitgangspunt te hanteren voor het aan te houden rendement onder de Warmteregeling. Het resultaat van de veldtesten geeft een gemiddeld rendement van 94,2% voor ketels die voorzien zijn van het Gaskeur HR-107 label. Hierbij de opmerking dat in dit gemiddelde rendement de uitschieters van de woningen met te hoge rendementen zijn teruggezet naar veilige waarden. De opgegeven 94,2% is daardoor een veilige, conservatieve waarde. Er kan geen opgave worden gedaan van de totale meetonnauwkeurigheid (zie Paragraaf 3.2). Gegeven de kleine steekproef en de spreiding in de resultaten stellen we voor het rendement af te ronden naar hele getallen. Het rendement voor ruimteverwarming wordt dan 94%.

Rendement warm tapwater

De voorstellen die door diverse partijen zijn gedaan voor het te hanteren warmtapwaterrendement onder de Warmteregeling zijn niet strijdig met de resultaten van de veldtesten indien deze voorstellen worden vertaald naar een eenduidig gebruik van warm tapwater van 7,2 GJ per jaar. Ook de verschillen met de gecontroleerde kwaliteitsverklaringen volgens de meetmethode van het Gaskeur HRww en de veldmetingen laten geen directe strijdigheid zien. Omdat de veldtesten een betrouwbare bron vormt voor de werkelijke rendementen in de praktijk wordt voorgesteld om de resultaten van de veldtesten als uitgangspunt te hanteren voor het aan te houden rendement onder de Warmtewet. Het resultaat van de veldtesten geeft een gemiddeld rendement van 65,3% voor ketels. Gegeven de kleine steekproef en de spreiding in de resultaten stellen we voor het rendement af te ronden naar hele getallen. Het rendement voor warm tapwater wordt dan 65%.

BRONNEN

BECO groep, 2010. *Warmtetarieven voor huishoudens*.

BWK2013: Gegevens warmtegebruik kleinverbruikers, Energie-Nederland. De gegevens zijn niet openbaar. Het onderzoek wordt jaarlijks uitgevoerd.

Energie-Nederland, 2014. *Notitie Aanpassing referentierendementen Warmtewet*. 2 juni 2014.

Vereniging Eigen Huis, 2014. Brief met kenmerk CU20140401 van de Vereniging Eigen Huis aan Minister Blok, 3 april 2014.

Energy Matters, 2014. *Eindrapportage veldtesten, Energieprestaties van 5 warmtetechnieken bij woningen in de praktijk.* 15 januari 2014.

ISSO: Database gelijkwaardigheidsverklaringen. **http://www.isso.nl/werkvelden/energie-milieu/epa/gelijkwaardigheidsverklaringen**.

NEN 7120: Energieprestatie van gebouwen. **www.nen.nl**

Prof. Dr. Van der Heijden, 2014. *Notitie over het rendement ruimteverwarming en het rendement warmtapwater.*

Rijksdienst voor ondernemend Nederland RVO.nl, 2014. *Update parameters warmteregeling*. 27 juni 2014.

Royal Haskoning: *Rekenmodel Warmtewet*, Royal Haskoning, 21 september 2009, **http://internetconsultatie.nl/Warmteregeling**

VFK, 2012. *De HR-ketel, een Nederlands feestje*. Geraadpleegd op 28 September 2014. Beschikbaar online: **http://www.energiegids.nl/sites/default/files/archief/a37f7e/eg-2013_4_27-30.pdf**

Warmtebesluit d.d. 10 september 2013, zoals gepubliceerd in het Staatsblad nr. 359 jaargang 2013

Warmteregeling d.d. 4 september 2013, zoals gepubliceerd in het Staatscourant 13 september 2013

APPENDIX I: BEREKENING RENDEMENT VOLGENS WARMTEBESLUIT

Het gebruiksafhankelijke deel wordt vastgesteld met de volgende formule (Warmtebesluit Artikel 4):

$$P_w = \frac{P_g}{\eta * CV_g}$$

waarbij:

P_w = de variabele kosten in het jaar t, uitgedrukt in euro per gigajoule;

P_g = de gemiddelde gebruiksafhankelijke gasprijs op basis van het gemiddelde van het gebruiksafhankelijke deel van de overeenkomsten tussen leverancier en verbruiker van de bekende éénjaarscontracten met vaste prijs op basis van het G1 tarief van de drie grootste Nederlandse gasleveranciers inclusief energiebelasting en de opslag duurzame energie, voor het jaar t, uitgedrukt in euro per m3;

CV_g = de bovenwaarde van de verbrandingswaarde van aardgas: 0,03517 GJ / Nm3;

η = het brandstofrendement van de warmteproductie.

Het brandstofrendement van de warmteproductie η wordt berekend met de volgende formule

$$\eta = \frac{1}{energie_g}$$

η = het brandstofrendement van warmteproductie;

$energie_g$ = energetische waarde van aardgasgebruik in de gaswoning.

De energetische waarde van aardgasgebruik in de gaswoning wordt vastgesteld met inachtneming van de formule:

$$energie_g = \frac{VR\ x\ (1 + LVR)}{\eta_{ruimte}} + \frac{VT\ x\ (1 + LVT)}{\eta_{tap}}$$

VR = warmtevraag voor ruimteverwarming als percentage van de totale warmtevraag;

VT = warmtevraag voor warm tapwater als percentage van de totale warmtevraag;

LVR = procentuele leidingverlies bij ruimteverwarming;

LVT = procentuele leidingverlies bij tapwater;

η_{ruimte} = gemiddeld opwekrendement voor ruimteverwarming op bovenwaarde (B.W.);

η_{tap} = taprendement op bovenwaarde (B.W.).

De waarden van deze parameters zijn gebaseerd op een analyse van Royal Haskoning (2009) en worden als volgt vermeld in de Warmteregeling:

VR = 79%

VT = 21%

LVR = 5%

LVT = 10%

η_{ruimte} = 90%

η_{tap} = 65%

APPENDIX II: ACHTERGROND RUIMTEVERWARMING

Uit de veldtesten is geen eenduidige invloed op het rendement gebleken van de volgende zaken:

- De aansturing van het cv-systeem (thermostaat)
- Warmtevraag voor verwarming.

De aansturing van het cv-systeem (thermostaat)

In onderstaande tabel is de relatie tussen de regeling (bijvoorbeeld aan/uit of modulerend) en het rendement (η_{CV} en η_{tap}) weergegeven.

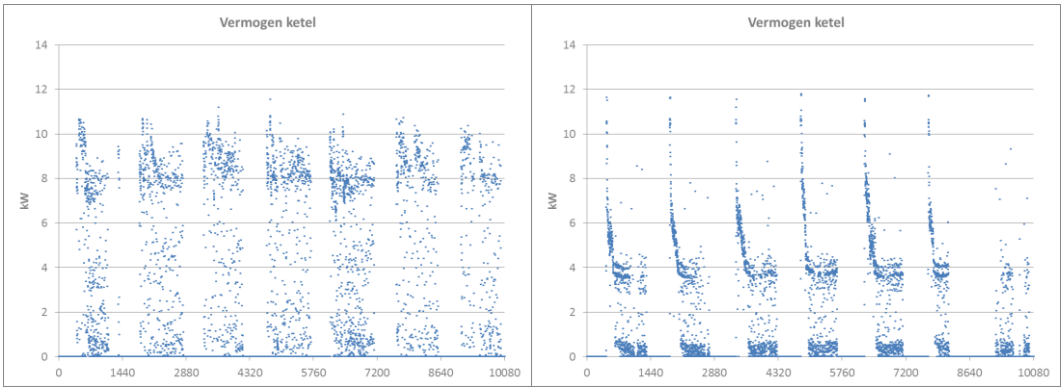
Installatie	η CV		η tap	Regeling	T retour gem. [°C]	T aanvoer max [°C]	ΔT [°C]
HR_01	88%		69%	aan/uit	45	70	10
HR_02			36%	modulerend	35	70	5
HR_04	91%		34%	modulerend	35	70	10
HR_05	90%			aan/uit	45	85	10
HR_07	99%		34%	aan/uit	45	65	5
HR_08	93%		50%	aan/uit	50	80	10
HR_11	97%		68%	aan/uit	35	60	5
HR_12	96%		32%	aan/uit	40	70	15
HR_13	95%		53%	aan/uit	40	75	15
HR_18	92%		60%	aan/uit	40	80	10
HR_20	96%		54%	modulerend	30	70	10

Figuur 5: Resultaten veldtest voor rendement HR ketels exclusief elektriciteitsverbruik

Daaruit valt niet op te maken dat modulerende regelingen[12] leiden tot een beter omzettingsrendement van gas naar warmte.

In Figuur 6 zijn de geleverde CV-vermogens van twee ketels met een verschillende regeling weergegeven gedurende een winterweek op minutenbasis. Deze figuur geeft duidelijk het verschil tussen een modulerende en een aan/uit regeling weer. Waar de aan/uit regeling (linker plaatje) voornamelijk switcht tussen de 0 en 8 kW, is bij de modulerende regeling een duidelijk aanwarmingspatroon waarneembaar, die consequent begint bij 12 kW en gedurende de verwarming terugloop richting 4 kW. Op het moment dat de gewenste temperatuur in de woning bereikt is, switch de ketel ook weer over naar een aan/uit regeling tussen de 0 en 4 kW.

[12] Een modulerende regeling zorgt ervoor dat het vermogen van een ketel wordt aangepast aan de warmtebehoefte.

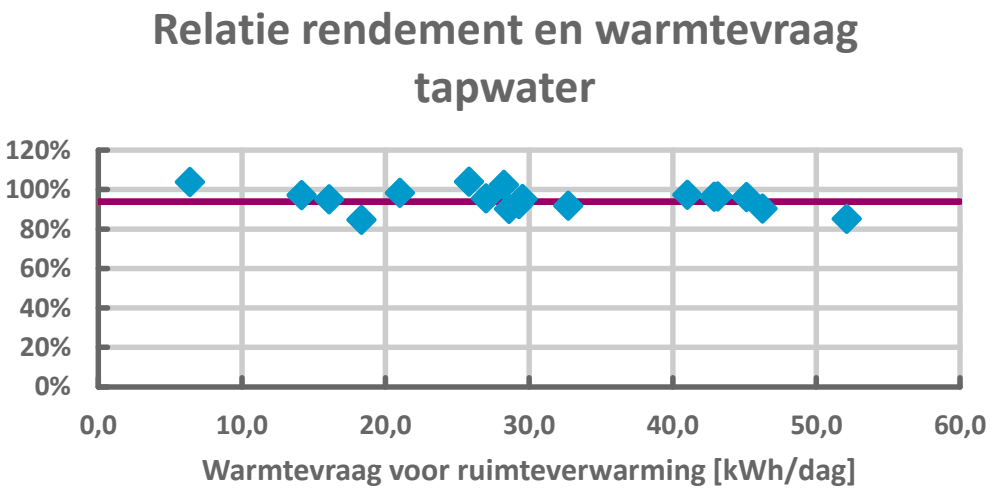


Figuur 6 – Draairegime tijdens dezelfde week; links - aan/uit; rechts - modulerend.

Uit de veldtesten komt naar voren dat er geen waarneembare invloed is op het rendement voor ruimteverwarming bij een meer gelijkmatige warmtevraag in vergelijking tot sterk fluctuerende aan/uit warmtevraag. Hieruit concluderen we dat het niet nodig is om voor het gemiddelde rendement rekening te houden met de type aansturing van de HR-ketel. Wel dient rekening gehouden te worden met de retourtemperatuur van een HR-ketel.

Warmtevraag voor verwarming.

Uit de veldtest blijkt dat er een lineair verband bestaat tussen warmtevraag en brandstofverbruik. Het is gebruikelijk om stilstandsverliezen toe te rekenen aan het warmtapwaterverbruik. Dit is in de veldtest, conform NEN 7120, ook gedaan. Dit leidt ertoe, dat het rendement van ruimteverwarming niet direct afhankelijk is van de warmtevraag. Figuur 7 laat zien dat er in de veldtest geen verband aangetoond kon worden tussen warmtevraag en rendement op ruimteverwarming voor een HR-ketel.



Figuur 7: Rendement ruimteverwarming in relatie tot warmtevraag

Er zijn enkele ketels met een rendement boven de 100%. Dit is fysisch gezien niet mogelijk en moet veroorzaakt zijn door een meetfout of meetonnauwkeurigheid. In dit rapport zijn de rendementen boven de 100% bijgesteld naar 97,5%. Er is geen relatie gevonden tussen het veel of weinig aanwezig zijn van gebruikers in woningen. Bij veel afwezigheid zal de gemiddelde warmtevraag dalen maar het rendement blijft gehandhaafd.

APPENDIX III: VERGELIJKING VELDTESTEN & LABORATORIUMMETINGEN VOOR DE FUNCTIE VERWARMING

Het Gaskeur HR label werd al snel na de introductie van de condenserende ketel geïntroduceerd om een onderscheid te kunnen maken tussen de energetische prestaties van de condenserende ketel en de beperkte prestaties van de conventionele ketel. Dankzij de introductie van een nieuwe techniek (de zogenaamde gas-luchtsturing) konden de prestaties van de condenserende ketels verder worden opgevoerd hetgeen in 1997 heeft geleid tot de introductie van een indeling in rendementsklassen onder de Label HR100, HR104 en HR107. Reeds in 1998 konden alle leveranciers een HR-107 ketel leveren.

De Gaskeurlabels zijn niet bedoeld om de om de absolute rendementen onder praktijkomstandigheden te voorspellen. In afhankelijkheid van de praktijkomstandigheden kunnen in het veld zowel hogere rendementen (bij bijvoorbeeld laag temperatuur verwarmingssystemen) als lagere rendementen (hogere retourtemperaturen als gevolg van een niet correcte inregeling van de volumestromen over de radiatoren) voorkomen.

Bij een te hoge ketelcapaciteit zal de gemiddelde modulatie lager worden. Dit geldt speciaal voor combi-ketels waarbij het maximale vermogen bepaalt wordt door het gewenste comfort voor warmtapwater en niet voor verwarming. In het algemeen is bij combi-ketels het maximale vermogen voor warmtapwater hoger dan de maximale warmtebehoefte voor verwarming waardoor deze ketels eerder in de richting gaan van een gemiddelde benuttingsgraad van 15% in plaats van de 30% benuttingsgraad die onder Gaskeur wordt gebruikt. Hierdoor kan het rendement in de praktijk hoger uitvallen.

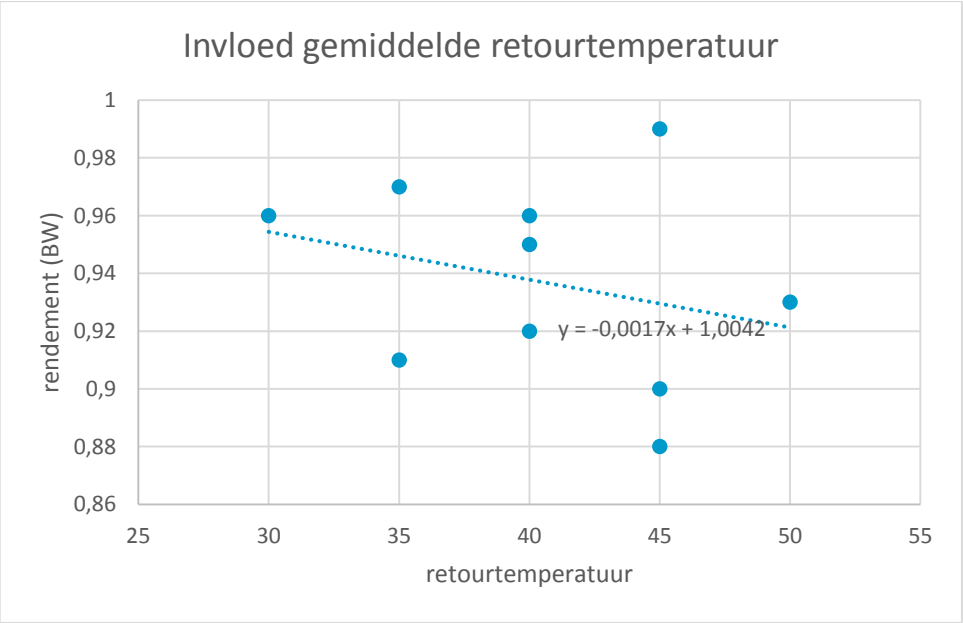
In het verleden had een overcapaciteit van een ketel een negatief gevolg voor het energiegebruik. Dit geldt niet voor HR-107 toestellen. Door de introductie van de gas-luchtsturing die voor alle HR-107 toestellen wordt gebruikt is een overcapaciteit eerder een voordeel dan een nadeel. Met de gas-luchtsturing is een diepe modulatie tot 20% mogelijk geworden met als kenmerk dat de exacte mengverhouding van gas en lucht behouden blijft over het gehele modulatiegebied. Het gevolg is dat bij modulatie er gebruik gemaakt wordt van een “kleine vlam” bij een relatief grote warmtewisselaar. Het rendement is daardoor bij modulatie beter dan bij vollast. Hoe dieper de modulatie, des te beter het rendement. Met dit gegeven moet worden geconstateerd dat de Gaskeur puntmeting op een 30% modulatiepunt een conservatieve (lees voorzichtige) benadering is. In de praktijk zullen vrijwel alle combi-toestellen gedurende lange perioden op een minimum modulatie draaien. Is de warmtebehoefte lager dan het vermogen op de minimum modulatie dan zal er worden overgegaan op een aan-uitbedrijf waarbij de ketel gedurende de aantijd op minimumlast draait. In de uit-periode is er door het uitzetten van de ventilator geen ongewenst luchttransport door de ketel waardoor de stilstandsverliezen sterk zijn beperkt tot op maximaal 1%.

<u>Afwijking van de testcondities HR-107</u>
Het ontwerp van het CV systeem is van invloed op de gemiddelde tapwatertemperatuur. En radiatorsysteem gedraagt zich anders dan een vloerverwarmingssysteem. In de Gaskeur (EN 15502) testmethode wordt geen onderscheid gemaakt tussen de diverse berekeningsmethoden en installaties; er is een lineair verband gelegd tussen maximale warmtebehoefte die met een

aanvoer- en retourtemperatuur gedekt wordt bij respectievelijk 80 en 60 graden en een gemiddelde warmtebehoefte met een 30% van de maximale warmtebehoefte met bijbehorende aanvoer- en retourtemperatuur van respectievelijk 36 en 30 graden.
Indien echter de relatie wordt gelegd naar het afgiftevermogen van een radiator (het normaal toegepaste systeem in Nederland) dan moet worden geconstateerd dat er bij een 30% gemiddelde warmtevraag een bijbehorende tapwatertemperatuur hoort van aanvoer en retour van respectievelijk 43 en 37 graden. Vooral de verhoogde retourtemperatuur zal een verlaging van het rendement opleveren.

De invloed van voorgaande punten komen heeft vooral betrekking op de retourtemperatuur die als grootste beïnvloeder op het rendement. De relatie tussen de retourtemperatuur en het rendement is indicatief uit de veldtesten naar voren gekomen. Zie figuur 7.

In de veldtesten is een gemiddelde retourtemperatuur waargenomen van 40 graden. Dit wijkt weinig af van een te verwachten retourtemperatuur van 37 graden voor ideaal ontworpen en ingeregelde hoog temperatuur verwarmingssystemen. Het verschil geeft de belangrijkste reden aan waarom het gemiddelde praktijkrendement van 94,2% iets lager is dan de door de NEN 7120 aangenomen 95%. In de NEN 7120 wordt ervan uitgegaan dat installaties ideaal zijn ontworpen en ingeregeld.



Figuur 8: relatie rendement en retourtemperatuur

APPENDIX IV VERGELIJKING VELDTESTEN & LABORATORIUMMETINGEN VOOR DE FUNCTIE WARM TAPWATER

Voor het warmtapwaterrendement zien we in de veldtest een lager rendement dan mag worden verwacht op basis van de kwaliteitsverklaringen van KIWA (zie Tabel 2 onder Paragraaf 5.3). Dit verschil is vanuit de veldtesten niet goed te verklaren. Mogelijk liggen afwijkende tappatronen hieraan ten grondslag.

Daarnaast heeft de meetnauwkeurigheid een grote invloed op het taprendement. Bij tapwaterbedrijf is er sprake van snelle temperatuurwisselingen bij ieder begin van de tapping. De snelheid van monitoring en de reactiesnelheid van sensoren hebben dan een forse invloed.

De onder laboratoriumomstandigheden uitgevoerde metingen ten behoeve van de kwaliteitsverklaringen, uitgevoerd door KIWA geven (volgens opgave) een totale meetnauwkeurigheid over de 24-uurs meting van 5%. Hiervoor was het nodig om de meest snel reagerende sensoren en computer verwerkingstechniek in te zetten.

De metingen in de praktijk hebben een lagere nauwkeurigheid dan van de laboratoriummetingen. Deze meetnauwkeurigheid komt vooral tot uitdrukking in de snelheid van opwarmen van de sensoren en scansnelheid aan het begin van een tapping. Wordt de werkelijke snelheid van opwarmen door de ketel onvoldoende snel door de meetapparatuur waargenomen dan wordt een deel van werkelijk geleverde warmte “gemist”. Er zal daardoor een lager rendement worden gemeten dan dat het werkelijk rendement is.

Dit gegeven kan een belangrijke reden zijn dat de rendementen van de veldtesten circa 5% lager uitkomen dan de rendementen zoals opgegeven in de kwaliteitsverklaringen. Door het volgen van de rendementen die in de veldtesten zijn waargenomen worden derhalve “veilige”, “conservatieve” waarden gehanteerd.

Energy Matters helpt u bij het realiseren van een efficiënte, schone en betrouwbare energievoorziening.

ENERGYMATTERS
CONSULTANTS FOR ENERGY SOLUTIONS

Princenhofpark 15 + 18
3972 NG Driebergen
Postbus 197
3970 AD Driebergen
T +31 (0)30 691 1844
F +31 (0)30 691 1765
E info@energymatters.nl
I www.energymatters.nl