



# HRe-ketel

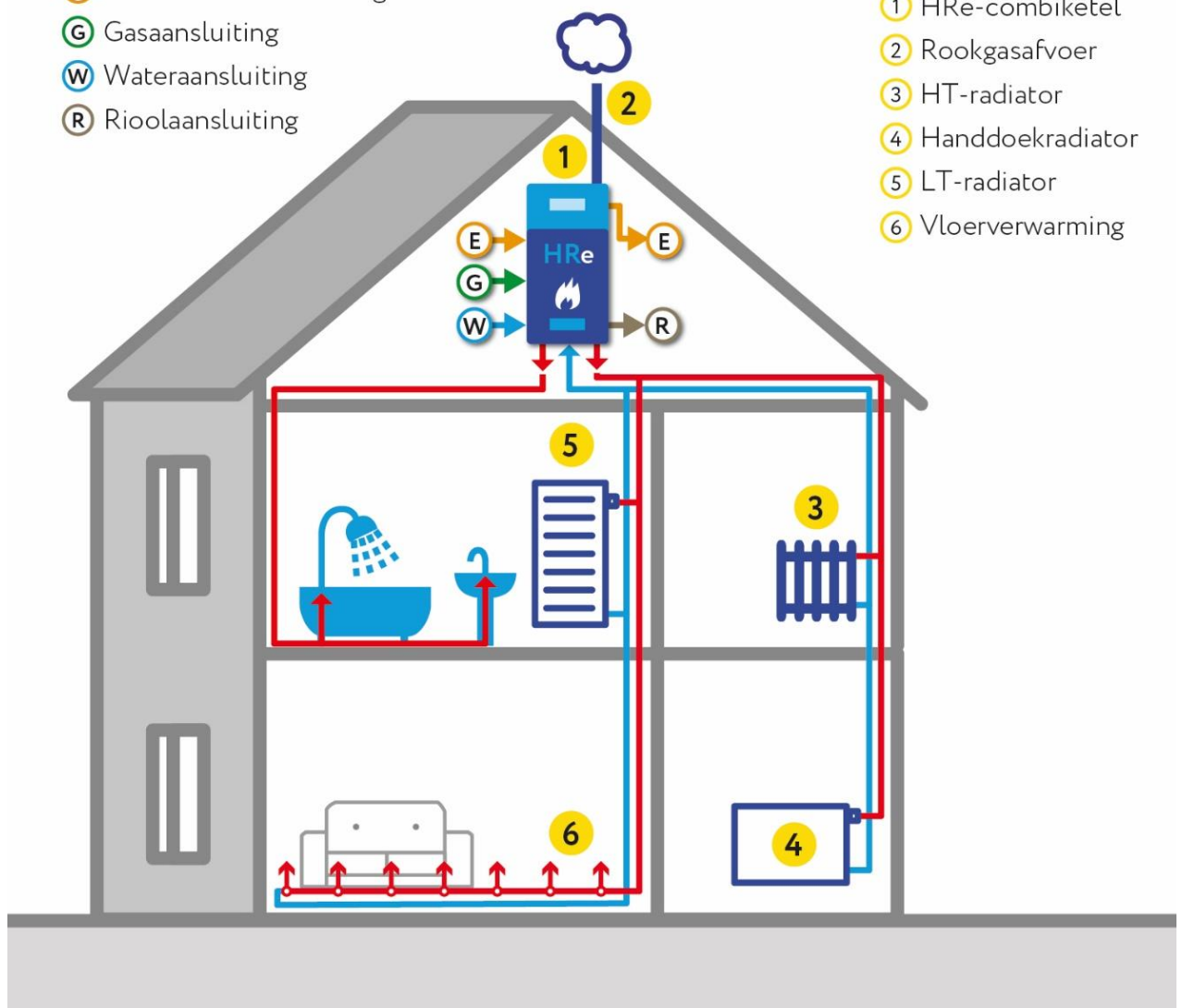
Een HRe-ketel (ofwel micro-WKK, warmtekrachtkoppeling) is een hoogrendementsketel op gas (aardgas, groengas of waterstof) die naast warmte ook elektriciteit produceert (vandaar de 'e' in HRe). De elektriciteit wordt door een motor in de ketel geproduceerd en de warmte die daarbij vrijkomt, wordt ingezet voor het verwarmen van de woning. De elektriciteit wordt net als bij zonnepanelen gelijktijdig gebruikt of bij een overschot teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. De HRe-ketel is op dezelfde manier als een gewone HR-ketel onderdeel van een centraal verwarmingssysteem.

■	<b>Ruimteverwarming</b>
	Afgifte: HT en LT
	Buffervat nodig: nee
■	<b>Warmtapwater</b>
	Buffervat nodig: nee

- (E) Elektriciteitsaansluiting
- (G) Gasaansluiting
- (W) Wateraansluiting
- (R) Rioolaansluiting

## LEGENDA

- ① HRe-combiketel
- ② Rookgasafvoer
- ③ HT-radiator
- ④ Handdoekradiator
- ⑤ LT-radiator
- ⑥ Vloerverwarming





## VARIANTEN

### Micro-WKK op basis van een Stirlingmotor

De micro-WKK op Stirlingbasis heeft een geïntegreerde heteluchtmotor (Stirlingmotor) die een generator aandrijft die elektriciteit opwekt wanneer de ketel warmte levert. Deze variant HRe-ketel gebruikt hiervoor gas. De HRe-ketel is er in de solo-variant, waarbij de ketel alleen zorgt voor ruimteverwarming, of de combi-variant, die kan zorgen voor ruimteverwarming en warmtapwater. De Stirlingmotor wordt over het algemeen gecombineerd met een normale HR-brander (die ook in de HR-ketel zit). Deze brander wordt ingezet voor de piekvragen in de ruimteverwarming en voor de productie van warmtapwater. Als de HR-brander wordt ingezet, wordt er geen elektriciteit opgewekt.

### Micro-WKK op basis van brandstofcellen

De micro-WKK op basis van brandstofcellen produceert elektriciteit en warmte met behulp van waterstof en zuurstof. Naast het direct gebruiken van waterstof, werken sommige brandstofcellen op aardgas die zij omzetten in waterstof. Dit is voor het toepassen in woningen eenvoudiger, omdat de brandstofcel gebruik kan maken van het aanwezige aardgasnet. De brandstofcel heeft veel tijd nodig om op te starten en is daarom het beste te combineren met een buffervat. De brandstofcel is nog niet te koop voor de consument.

*In deze factsheet gaan we uit van de micro-WKK op Stirlingbasis. omdat dit type HRe-ketel al op de markt is voor de consument. We gaan uit van een combiketel, die zowel zorgt voor ruimteverwarming als voor warmtapwater.*



## DUURZAAMHEID

De HRe-ketel op Stirlingbasis gebruikt gas om de woning van warmte te voorzien. Dit levert geen gasbesparing op ten opzichte van een HR-combiketel. Er wordt zelfs iets meer gas verbruikt met deze ketel, maar doordat tijdens het opwekken van elektriciteit ook de geproduceerde warmte bijna volledig wordt benut, wordt bijna alle energie in het aardgas gebruikt. Door het gecombineerd opwekken van warmte en elektriciteit wordt met een HRe-ketel uiteindelijk een veel hoger rendement gehaald, dan wanneer het afzonderlijk wordt opgewekt. Bij de productie van elektriciteit in een centrale gaat gemiddeld tussen 40-60% van de energie verloren. Wanneer de HRe-ketel gebruikmaakt van aardgas, zal de elektriciteit niet CO<sub>2</sub>-vrij zijn. In de toekomst is de HRe-ketel te verduurzamen door het gebruik van groengas in plaats van aardgas.



## HUIDIGE STATUS

De HRe-ketel op Stirlingbasis is sinds 2010 op de markt. Het is hiermee een jonge techniek welke (nog) niet op grote schaal wordt toegepast in Nederland. Ten opzichte van de huidige standaard voor Nederlandse woningen (de HR-ketel) is de techniek relatief duur.



## RENDEMENT

Een HRe-ketel op Stirlingbasis kan hetzelfde gemiddelde rendement behalen als een HR-combiketel (104%), waarbij een deel van dit rendement wordt gebruikt om elektriciteit te produceren. Hierdoor is het totale rendement van opwekking van warmte en elektriciteit veel hoger dan bij losse opwekking door een HR-ketel voor warmte en een centrale voor elektriciteit. Het rendement van de HRe-ketel wordt hoger naarmate meer warmte wordt opgewekt met de Stirlingmotor en minder met de HR-brander. Hij behaalt daardoor een hoger rendement als hij wordt gekoppeld aan een lagetemperatuurafgiftesysteem of een warmwaterbuffer. Gemiddeld wordt 60% van de ruimteverwarming opgewekt door de Stirlingmotor en 40% door de HR-brander. Bij een lagere, meer constante, warmtevraag, is het percentage opgewekt met de Stirlingmotor hoger.

Tabel 1: Overzicht rendementen HRe-ketel

Type warmtevraag	Totaal rendement	Aandeel hiervan voor warmte	Aandeel hiervan voor elektriciteit
Ruimteverwarming			
• Stirlingmotor	104% <sup>1</sup>	80%	20%
• HR-brander	104%	100%	0%
Warmtapwater			
• HR-brander	72% <sup>2</sup>	100%	0%

Het gemiddelde rendement over een heel jaar hangt verder af van:

- Afgiftetemperatuur cv-water: Bij een lagere temperatuur afgifte kan de ketel meer continu draaien dan bij hoge afgifte. Dit levert een hoger rendement op.
- Het modulerend vermogen van de ketel: Maximaal rendement als ketel kan moduleren<sup>3</sup>.
- Het aantal keer aan- en uitschakelen van de ketel. Hoe lager dit is, hoe hoger het rendement.
- Goed onderhoud van de ketel; Schone branders leveren meer warmte dan vervuilde en het opnieuw laten instellen van de thermostaat kan het rendement verhogen.



## ENERGIEVERBRUIK

Tabel 2. Gemiddeld gasverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot HRe-ketel met Stirlingmotor t.b.v. ruimteverwarming<sup>4</sup>

Energie-label <sup>5</sup>	Warmtevraag ruimteverwarming (GJ/woning/jaar)	Gasverbruik t.b.v. ruimteverwarming (m <sup>3</sup> /woning/jaar)	Elektriciteitsbesparing t.g.v. ruimteverwarming (kWh/woning/jaar)	CO <sub>2</sub> -uitstoot t.g.v. ruimteverwarming (kg CO <sub>2</sub> /woning/jaar)
A++	27,4	950	1.140	1.190
A/A+	30,5	1.050	1.260	1.320
B	35,3	1.220	1.460	1.540
C	44,8	1.550	1.860	1.950
D	55,0	1.900	2.280	2.390
E	62,9	2.170	2.600	2.730
F	64,5	2.230	2.670	2.810
G	65,3	2.250	2.700	2.830

Gebruiksoppervlak woning: 120m<sup>2</sup> BVO<sup>6</sup>.

Tabel 3. Gemiddeld energieverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot t.b.v. warmtapwater

Aantal personen	Warmtevraag warmtapwater (GJ/woning/jaar)	Gasverbruik t.b.v. warmtapwater (m <sup>3</sup> /woning/jaar) <sup>7</sup>	CO <sub>2</sub> -uitstoot t.g.v. warmtapwater (kg CO <sub>2</sub> /woning/jaar)
1	4,0	180	320
2	8,0	350	620
3	12,0	530	940
4	16,0	700	1.250
5	20,0	880	1.570

<sup>1</sup> Totaal rendement gelijk aan dat van de HR-combiketel.

<sup>2</sup> Totaal rendement gelijk aan dat van de HR-combiketel.

<sup>3</sup> Moduleren betekent dat de ketel niet altijd vol aan- of uitstaat. De warmte die de ketel levert wordt afgesteld op de vraag.

<sup>4</sup> Op basis van 107% rendement, waarvan 20% elektriciteit en 80% warmte.

<sup>5</sup> Het energielabel wordt bepaald op basis van de schilisolatie en eventuele andere duurzame oplossingen in of op een woning, zoals zonnepanelen. In deze factsheets gaan we ervan uit dat het energielabel enkel gebaseerd is op de schilisolatie.

<sup>6</sup> Gemiddeld oppervlak woning in Nederland (CBS)

<sup>7</sup> Bron: ECN (Rapport: Kentallen warmtevraag woningen, 2009).

Een HRe-ketel gebruikt, naast aardgas, ook elektriciteit. Dit is nodig voor het aansturen van de ketel en het rondpompen van het water. Het elektriciteitsverbruik van een HRe-ketel is ongeveer gelijk aan dat van een HR-ketel en ligt rond de 200 kWh/jaar<sup>8</sup>.



## KOSTEN (INCL. BTW)<sup>9</sup>

Micro-WKK op Stirlingbasis:

- **Aanschaf:** inclusief installatie: € 11.500
- **Onderhoud:** € 100 per jaar
- **Subsidie:** Geen
- **Energie:** ca. € 1.230 per jaar aan ruimteverwarming en warmtapwater voor een woning met energielabel B en een 4-persoonshuishouden
- **Aansluiting:** € 145 - € 220 per jaar (bij jaarverbruik 500 m<sup>3</sup> t/m 4.000 m<sup>3</sup>)
- **Besparing energiekosten elektriciteit:** per woning met energielabel B ca. € 290 per jaar, uitgaand van een minimaal elektriciteitsverbruik van 1.500 kWh per jaar.



## LEVENSDUUR

15 jaar



## EISEN AAN/KENMERKEN VAN WONING

**Infrastructuur:**

- Aansluiting nodig op het gasnet, elektriciteitsnet, waternet en riolering t.b.v. condenswaterafvoer.

**Isolatie:**

- In principe geen eisen aan isolatie. Maar de HRe-ketel is het gunstigst als de warmtevraag beperkt en constant is (dan maakt de Stirling de meeste uren). Dit gebeurt met name als de HRe-ketel wordt gecombineerd met laagtemperatuurverwarming.

**Type afgiftesysteem:**

- Bij voorkeur laagtemperatuurafgifte, omdat dit gunstig is voor het rendement.

**Ruimte in en om woning:**

- Stevige wand voor bevestiging van de HRe-ketel; de ketel is anderhalf maal zo groot dan een gewone hr-ketel en een stuk zwaarder.
- Er moet een luchtinlaat- en afvoer aanwezig zijn (verbinding met buiten).
- Bij combinatie met buffervat, is er hier ook ruimte voor nodig.



## VOORDELEN

- Efficiënte opwekking van warmte en elektriciteit
- Besparing op de elektriciteitsrekening



## WETENSWAARDIGHEDEN

- Contactgeluid moet vermeden worden in verband met de trillingen van het apparaat.
- De HRe-ketel met een Stirlingmotor wordt nog maar heel beperkt toegepast in Nederland, dus niet iedere monteur kan hier advies over geven of onderhoud plegen.
- Net als bij de HR-combiketel is de CW-waarde van belang voor de hoeveelheid warmtapwater die de ketel kan leveren (zie factsheet HR-ketel).

<sup>8</sup> Bron: Energietrends 2016, ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland, 2016

<sup>9</sup> Bron: Milieu Centraal.