



INFORGAS

SPECIAAL DOSSIER NR. 4

TECHNISCH DOSSIER

HUISHOUELIJKE CONDENSERENDE KETELS



Aardgas

HUISHOUDELIJKE CONDENSERENDE KETELS

1. Inleiding

Het basisprincipe van het Rationeel Energiegebruik (REG) voor de centrale verwarming luidt: *verwarm op zo laag mogelijke watertemperatuur*. Dit principe werd destijds (1985) al toegepast door de SGT-technieken (Specifieke Gastoepassingen).

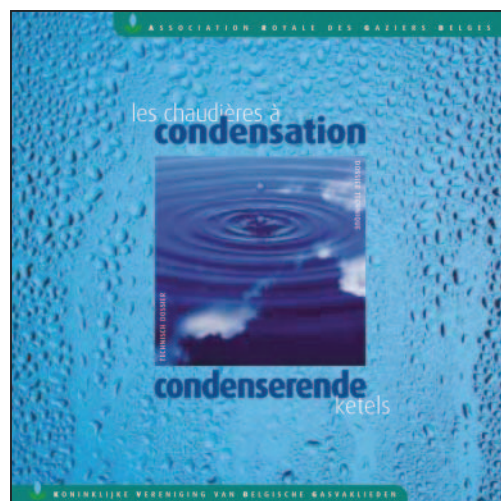
Het principe van de regeling van de ketel met glijdende watertemperatuur maakt het mogelijk een hoger productierendement te halen dat gedurende heel de stookperiode nagenoeg constant blijft. De directe sturing van de brander door de kamerthermostaat in functie van de buitentemperatuur beperkt de temperatuur van het vertrekwater automatisch (principe van de glijdende watertemperatuur). Hierdoor worden ook de stralings- en de convectieverliezen van de ketel verlaagd. Door het nadraaien van de circulatiepomp worden ook de distributieverliezen verlaagd en kan de restwarmte van de ketel benut worden.

De condensatietechniek maakt het mogelijk de prestaties van de aardgasketels nog verder te verbeteren.

De condenserende aardgasketels verbruiken aanzienlijk minder energie dan de traditionele ketels en zijn dan ook automatisch minder vervuilend voor het milieu. Er moet echter wel aan een aantal voorwaarden voldaan worden.

Om de basisregels voor de installatie en de werking van de condenserende ketels duidelijk te stellen, heeft de KVBG dit dossier samengesteld.

Het Speciaal Dossier Inforgas nr 4 “Huishoudelijke condenserende ketels” is een samenvatting van het algemeen dossier KVBG “Condenserende ketels” (CD Rom).



2. Principe van de condensatie

2.1 De verbranding van aardgas

Alle fossiele brandstoffen geven bij hun verbranding energie vrij in de vorm van warmte. Deze warmte

ontstaat in feite uit de chemische “exothermische” reactie van de koolstofatomen (C) en waterstofatomen (H), de voornaamste bestanddelen van de brandstoffen, met de zuurstof (O) aanwezig in de omgevingslucht.



De verbrandingsproducten van 1 m³ aardgas bevatten +/- 2 m³ waterdamp. De stikstof neemt niet deel aan de verbranding en wordt integraal teruggevonden in de verbrandingsproducten.

De verbrandingsproducten (H₂O, CO₂) zijn niet giftig; het zijn trouwens de producten die wij uitademen. Daar aardgas geen zwavel bevat, geeft het bij zijn verbranding ook geen SO₂ vrij en bestaat er dus geen gevaar voor interne corrosie van de ketel.

De warmte die bij de verbranding vrijkomt, noemt men de Calorische Waarde van de brandstof.

Er bestaan twee definities voor de “Calorische Waarde”:

De calorische bovenwaarde (H_s) en de calorische onderwaarde (H_i).

Het verschil tussen beide is de latente condensatiewarmte van de waterdamp bevat in de verbrandingsproducten die gecondenseerd of niet gecondenseerd wordt.

$$H_s = H_i + \text{latente condensatiewarmte.}$$

Het principe van de condensatie bestaat er dus in de condensatiewarmte van de waterdamp, die bij de verbranding ontstaat, terug te winnen.

Van alle koolwaterstoffen heeft aardgas de hoogste koolstof/waterstofverhouding. De verbrandingsproducten van aardgas bevatten dus meer waterdamp.

Hoe meer waterdamp er gevormd wordt, hoe groter het verschil tussen de calorische bovenwaarde (H_s) en de calorische onderwaarde (H_i) en hoe winstgevender de condensatietechniek wordt.

Voor aardgas bedraagt dit verschil 11%, voor huisbrandolie daarentegen slechts 6%.

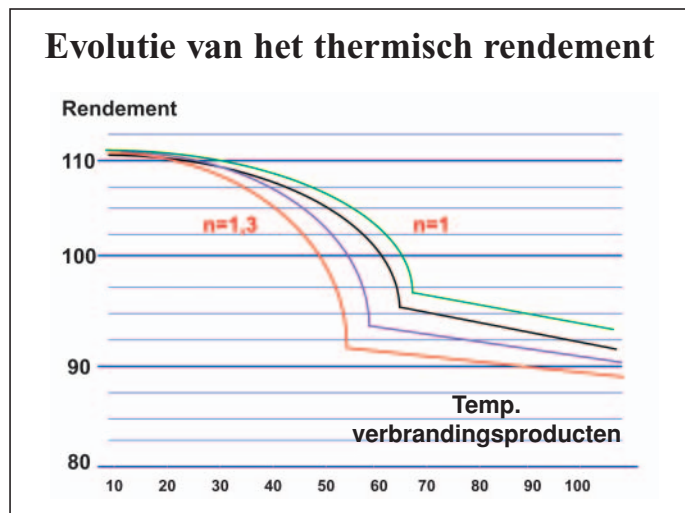
De verbranding van 1 m³ CH₄ produceert 2 m³ waterdamp, wat bij volledige condensatie overeenstemt met 1,9 liter condensatiewater.

2.2 Condensatietemperatuur van de waterdamp

Als we de verbrandingsproducten afkoelen tot onder een bepaalde temperatuur, condensatietemperatuur of dauwpunt genoemd, zal de waterdamp die zij bevatten condenseren en de warmte die opgeslorpt werd tijdens de verdamping vrijgeven. Voor het aardgas schommelt deze temperatuur tussen 58,5 en 60°C, in functie van het type gas, L of H.

3. Condenserende ketels

Om de waterdamp te laten condenseren, moeten de verbrandingsproducten dus afgekoeld worden tot onder het dauwpunt. In een condenserende ketel gebeurt dit door de verbrandingsproducten doorheen een wisselaar (condensor) te sturen waarin water circuleert op een lagere temperatuur dan de dauwpunttemperatuur, d.w.z. het retourwater van de verwarmingskring.



Nevenstaande grafiek, die de evolutie van het rendement in functie van de temperatuur van de verbrandingsproducten weergeeft, toont duidelijk de positieve invloed van de energie-inbreng van de condensatiewarmte zodra de temperatuur van de verbrandingsproducten lager is dan de condensatietemperatuur (dauwpunttemperatuur). De invloed van de luchtvermaat (n>1) is eveneens weergegeven.

Condenserende ketel - hoger rendement

In een klassieke ketel houdt men het water in de warmtewisselaar door middel van een retourkring op een temperatuur van meer dan 60°C zodat het niet gaat condenseren. De rookgasverliezen bedragen 12% (*) aan voelbare warmte (v_R) en 11% aan latente warmte (condensatiewarmte).

(*) Formule voor de berekening van de voelbare warmteverliezen.
(Benaderende formule voor een gas overeenstemmend met een gemiddeld gas van type L of H)

$$\text{Gas H} \quad v_R = \left\{ \frac{39}{CO_2} + 0,86 \right\} \frac{\Delta t}{100}$$

$$\text{Gas L} \quad v_R = \left\{ \frac{38,5}{CO_2} + 0,87 \right\} \frac{\Delta t}{100}$$

Het verbrandingsrendement op H_i is dus gelijk aan:

$$\frac{(100 - 12)}{100} = 88\%$$

(de 11% latente warmte wordt in de berekening van de H_i niet meegerekend).

88% op H_i of 79% op H_s

In een “Hoog Rendement” ketel maar zonder condensatie (ketel HR+) schommelt het rendement in functie van de temperatuur van het water dat door de ketel vloeit: het rendement neemt toe naarmate de watertemperatuur daalt. De temperatuur van de verbrandingsproducten is lager dan in het geval van een klassieke ketel. De latente warmteverliezen van 11% blijven volledig bestaan maar de voelbare warmteverliezen (evenredig met de temperatuur van de verbrandingsproducten) dalen van 12% naar 8%.

Het verbrandingsrendement wordt dan: $\frac{(100 - 8)}{100} = 92\%$

92% op H_i of 83% op H_s

In een klassieke “Hoog Rendement” ketel wordt 92% van de energie-inhoud - zonder latente warmte - van de brandstof benut.

In een condenserende ketel neemt het rendement, zoals bij een hoog rendement ketel, toe naarmate de watertemperatuur daalt. Wanneer deze temperatuur lager is dan de condensatietemperatuur wordt een hoeveelheid waterdamp gecondenseerd en de teruggewonnen energie zal het rendement doen toenemen, en dit niet enkel evenredig met de daling van de ketelwatertemperatuur maar ook in functie van de hoeveelheid waterdamp die gecondenseerd wordt.

De condenserende ketels zijn, wegens de aanwezigheid van een bijkomende warmtewisselaar (condensor) meestal uitgerust met een brander met mechanische ondersteuning van de luchttoevoer of de afvoer van de verbrandingsproducten.

Daardoor is de luchtvermaat kleiner dan bij een klassieke ketel en meet men doorgaans een hoger CO_2 -gehalte. De voelbare warmteverliezen bedragen 2% en de latente warmteverliezen bedragen nog slechts 5%.

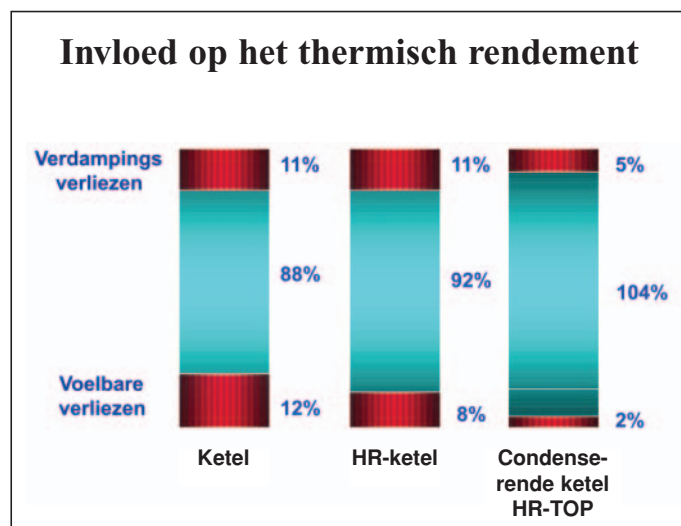
Het verbrandingsrendement op H_i is dus:

$$\frac{(100 - 2) + (11 - 5)}{100} = 104\%$$

104% op H_i of 94% op H_s

Tijdens een stookseizoen schommelt de vertrekwater-temperatuur, en dus het rendement, in functie van de buitentemperatuur. In de praktijk zal het rendement van een verwarmingsinstallatie met lagetemperatuurradiatoren schommelen tussen 95 en 107% op H_i of tussen 86 en 97% op H_s .

Onderstaande figuur geeft het verloop van de verliezen en van het rendement voor de drie gevallen: traditionele ketel, hoog rendement ketel en condenserende ketel.



Een rendement van meer dan 100%

Dit is wetenschappelijk onmogelijk. Maar toen men in de jaren vijftig begon met laboratoriummetingen van de rendementen van ketels werkend op steenkool en stookolie, was de technologie “condensatie” totaal niet gekend. Om hogere rendementswaarden te verkrijgen, werd de H_i als referentie genomen voor de berekening van het rendement. Zolang de ketels niet condenserend werkten, bedroeg het mogelijk maximumvermogen vanzelfsprekend 100% op H_i . De Europese en de internationale normalisatie is dit blijven doen, vandaar dus een rendement van meer dan 100% voor de condenserende ketels vermits het mogelijk maximumvermogen verhoogd wordt met de hoeveelheid warmte teruggewonnen door de condensatie. Het rendement van de condenserende ketels nu uitgedrukt op H_s is dus commercieel niet meer haalbaar.

Condensatiebereik

Op basis van het histogram van de gemiddelde temperaturen gemeten te Ukkel over een periode van dertig jaar, kunnen we berekenen dat voor een klassieke installatie bemeaten voor radiatoren 90/70°C, de ketel gedurende ongeveer 80% van het stookseizoen condenserend zal werken.

Dezelfde berekening toont aan dat voor een installatie uitgerust met overgedimensioneerde radiatoren of voor een installatie bemeten voor een stookcurve 70/50°C, de ketel gedurende heel het stookseizoen condenserend zal werken.

Bouw

Er bestaan verschillende typen condenserende ketels. Deze differentiatie vloeit voort uit de bouwkenmerken van de ketel, resulterend uit de keuze door de fabrikant van het design, de gebruikte materialen (aluminium, roestvrij staal, ...), de regeling, enz.

De huishoudelijke condenserende ketels hebben meestal een kleine waterinhoud. Om plaatselijke oververhittingen te voorkomen, moeten deze ketels absoluut constant bevoeid worden. Dit impliceert ofwel de toepassing van één enkele kring zonder pomp op de primaire kring met open collector waarop de verschillende gebruikers zijn aangesloten, ofwel de toepassing van een primaire kring in gesloten lus met een evenwichtsfles (zie verder) en een recirculatiepomp.

In dit laatste geval zal men, wanneer het debiet in de secundaire kring lager is dan het nominaal debiet, dus vrijwel het grootste gedeelte van het jaar, gezien de noodzaak van een groot debiet in de primaire kring, moeten werken met een grote ΔT als men condenserend wil werken. Dit kan voor de gebruikers leiden tot een gebrek aan comfort indien men geen gebruik maakt van thermostaatkranen.



Het doel van de evenwichtsfles is te vermijden dat de primaire kring (productie) de secundaire kring (kring verbruikers) beïnvloedt en vice versa. De invloed van de drukverschillen van de pompen van de secundaire kring, resulterend uit het openen of het sluiten van de

driewegkranen, op de primaire kring moet weggewerkt worden. In het geval van een condenserende ketel moet men absoluut voorkomen het warm vertrekwater te mengen met het koude retourwater.

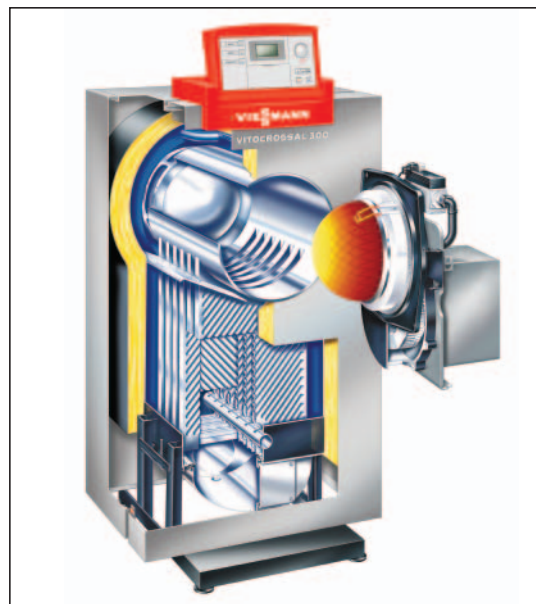
Daar de warmtebehoefte (verwarming, sanitair warm water, ...) in de loop van het jaar doorlopend schommelen, is het gebruik van een aan-uit brander af te raden, zelfs wanneer de vertrekwatertemperatuur correct afgesteld is. De start/stilstandfrequentie leidt tot een verhoging van de emissies en tot niet te veronachtzamen warmteverliezen.

Een hoog-laag brander, of beter nog, een modulerende brander is dus een must.

Installatie

De condenserende ketels moeten, zoals alle gastoestellen, geïnstalleerd worden conform de voorschriften van de normen NBN D 51-003 en NBN B 61-002.

Wanneer een condenserende ketel op een reeds bestaande verwarmingsinstallatie wordt aangesloten, moet deze laatste vóór de indienststelling van de condenserende ketel grondig gereinigd worden om alle onzuiverheden en bezinksels te verwijderen. Deze onzuiverheden en bezinksels kunnen zich binnenin de ketel afzetten en plaatselijke oververhittingen veroorzaken en daardoor de ketel beschadigen. Dit risico is vooral groot bij ketels met kleine waterinhoud. Het gebruik van filters of slibvangers is aangeraden.



Daar de verbrandingsproducten afgekoeld worden tot onder het dauwpunt, dus tot in het condensatiebereik, verlaten zij de ketel met een vochtigheidsgraad van 100%.

De temperatuur van de verbrandingsproducten ligt iets hoger dan de retourwatertemperatuur; zij is dus begrepen tussen 30 en 95°C in functie van de karakteristieken van de installatie. Door de lage temperatuur en de daaruit voortvloeiende geringe schoorsteentrek, evenals de verdere condensatie van de verbrandingsproducten in de rookgasafvoerleidingen, moeten bij de berekening van deze afvoerkanalen specifieke criteria inzake materiaal, dichtheid, uitvoering enz. nageleefd worden. De condenserende ketels moeten op passende afvoerkanalen aangesloten worden. Deze kanalen moeten waterdicht zijn, mogen ook geen verbrandingsproducten doorlaten en zij moeten beantwoorden aan de norm EN 1443.

Op dit ogenblik zijn de meeste condenserende ketels van het type C (gesloten) en zij moeten met de afvoerkanalen, aangegeven door de fabrikant, geïnstalleerd worden.

De condensaten zijn lichtjes zuur ($H_2O + CO_2$). In de praktijk meet men een pH begrepen tussen 3,5 en 4, wat overeenstemt met de pH van regenwater. Bij de verwarming van appartementsgebouwen wordt de hoeveelheid zure condensaten - 1 liter/m³ gas - geneutraliseerd door het basisch water afkomstig van baden, stortbaden, wasmachines, enz. Het is dus niet nodig de afvoer van de condensaten aan te sluiten op een neutralisatiebak.

4. Hydraulische schema's

Wat is het ideale schema ?

Er bestaat geen kant en klaar antwoord op deze vraag.

Energetisch gezien hangt dit in hoofdzaak af van twee factoren:

Primo:

het type van de toepassing:

- toepassingen op lage temperatuur (bv. radiatoren en/of vloerverwarming) of toepassingen met plusminus dezelfde temperaturen,
- gemengde toepassingen (lage temperatuur voor de verwarming en hoge temperatuur voor de sanitair-warmwaterbereiding).

Secundo:

het type ketel en het regelsysteem dat men wil installeren.

De keuze tussen deze verschillende factoren heeft een invloed op het concept van het hydraulisch schema en dus van de installatie.

Pas na de keuze van deze factoren (type toepassingen, type ketel) kan een coherent hydraulisch schema worden opgesteld.

De verantwoordelijkheid van het studiebureau en van de installateur in verband met de resultaten die men in de praktijk zal behalen is groot.

Om een beeld te geven van de verschillende mogelijkheden, heeft de KVBG onder de schema's voorgesteld door de fabrikanten drie typische gevallen geselecteerd die in de principeschema's hierna voorgesteld worden.

Deze schema's worden gegeven als voorbeeld. In de praktijk moet in het geval van vervanging van een ketel rekening worden gehouden met het bestaand hydraulisch schema dat niet altijd ideaal is om zo veel mogelijk condenserend te kunnen werken. Met een beetje verbeelding kan vrijwel altijd een condenserende oplossing worden gevonden, ofwel door de bestaande installatie lichtjes te wijzigen ofwel door in te spelen op de regeling. Voor de basisprincipes moeten de uitvoeringsdetails, beschreven in de installatievoorschriften van de fabrikanten, steeds gevolgd worden.

Elke fabrikant van condenserende ketels heeft een of meerdere hydraulische schema's eigen aan zijn materiaal. Zijn voorschriften moeten vanzelfsprekend worden nageleefd. De principes beschreven in het technisch dossier van de KVBG dienen als leidraad.

De hierna gegeven voorbeelden zijn enkel bedoeld om de aandacht te vestigen op het basisprincipe.

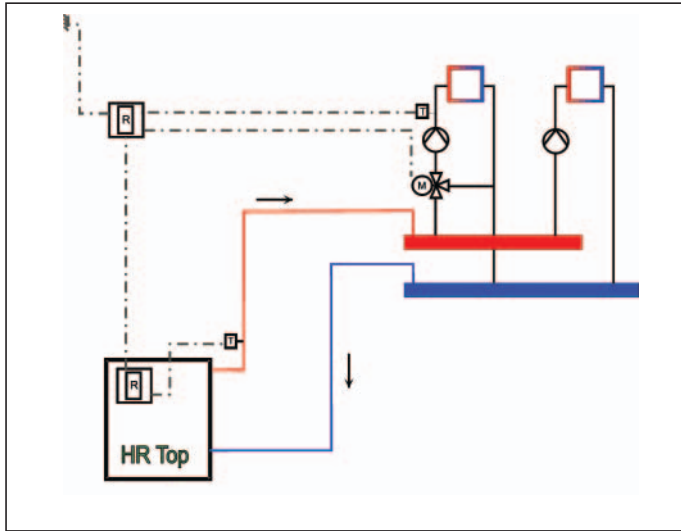
BASISPRINCIPE

Zorg ervoor dat de condenserende ketel gedurende héél het stookseizoen steeds gevoed wordt met zo koud mogelijk retourwater.

De decentralisatie van de functies verwarming/sanitair warm water is en blijft de beste oplossing inzake energiebesparing. Voor de sanitairwarmwaterbereiding door voorraadtoestellen bestaan er direct gestookte condenserende toestellen op aardgas.

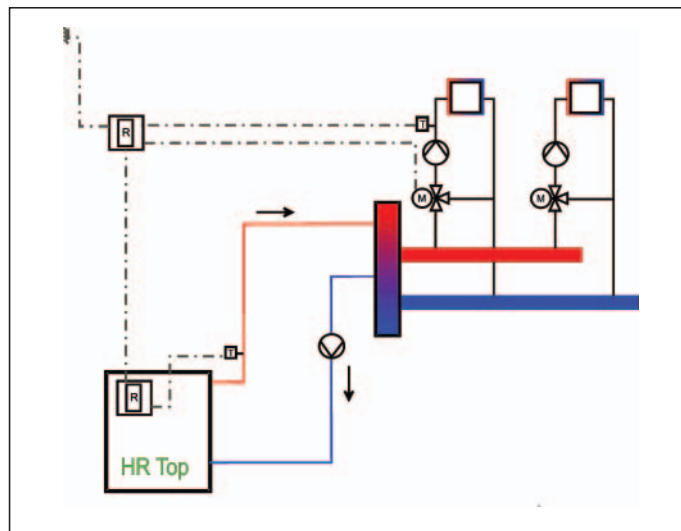
Voorbeeld nr 1:

- Radiatorenverwarming
- Toepassingen op plusminus identieke temperaturen
- Schema zonder evenwichtsfles



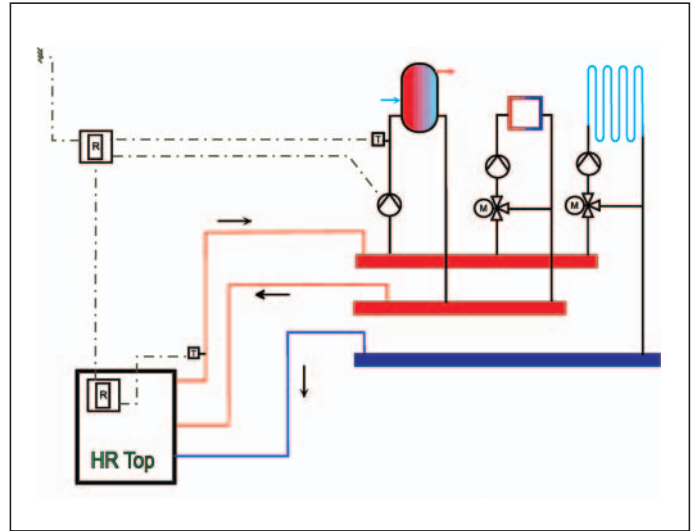
Voorbeeld nr 2:

- Radiatorenverwarming
- Toepassingen op plusminus identieke temperaturen
- Schema met evenwichtsfles

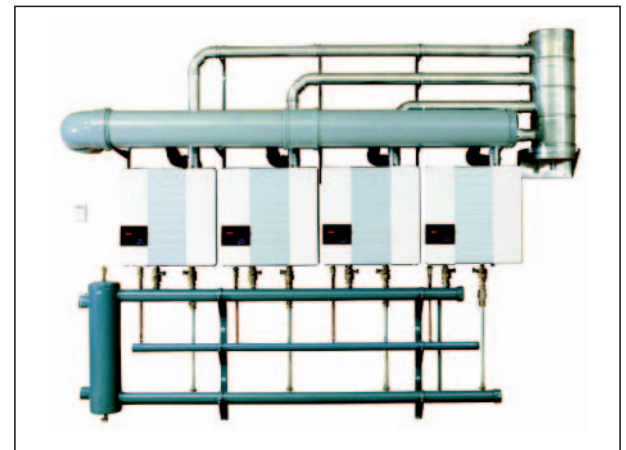


Voorbeeld nr 3:

- Toepassingen op verschillende temperaturen
- Radiatoren + SWW bereiding + vloerverwarming



Een andere mogelijkheid, die meer en meer ingang vindt, vooral voor de installaties met een gemiddeld vermogen, is de plaatsing van een geheel bestaande uit een cascade (maximum 4) van huishoudelijke condenserende ketels. Dit geheel, voorgemonteerd en voorbedraad, moet beschouwd worden als één enkele condenserende ketel die werkt met een groot modulatiebereik.



De condenserende ketel moet natuurlijk voorzien zijn van de kwaliteitslabel HR TOP afgeleverd door de KVBG.

De lijst van de ketels HR TOP kan geraadpleegd worden op de site www.aardgas.be van de KVBG.

Besluit

Dankzij de aard zelf van het aardgas en dus de kwaliteit van de verbrandingsproducten, maakt een condenserende ketel, geïnstalleerd volgens de regels van goed vakmanschap, een energiebesparing van 10 tot 15 % mogelijk. De meerkost voor de installatie van een condenserende ketel wordt ruimschoots gecompenseerd door de besparing op het energieverbruik.

