

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE : BASISPRINCIPES

LENTE 2025

Hoe een gebouw verwarmen ?

Productie, distributie, emissie et regelgeving

Robin BAAR

écORce
INGÉNIERIE CONSULTANCE



- ▶ De verwarmingsbehoeften van een gebouw identificeren
- ▶ Kennismaken met de componenten van een verwarmingsinstallatie
- ▶ Een overzicht verkrijgen van de verwarmingsproductiesystemen
- ▶ Een overzicht verkrijgen van de warmteafgiftesystemen
- ▶ Het belang van regeling begrijpen



INLEIDING

- ▶ **Verwarmingsbehoeften**
- ▶ Hoe verwarmen?
- ▶ Componenten van een verwarmingsinstallatie

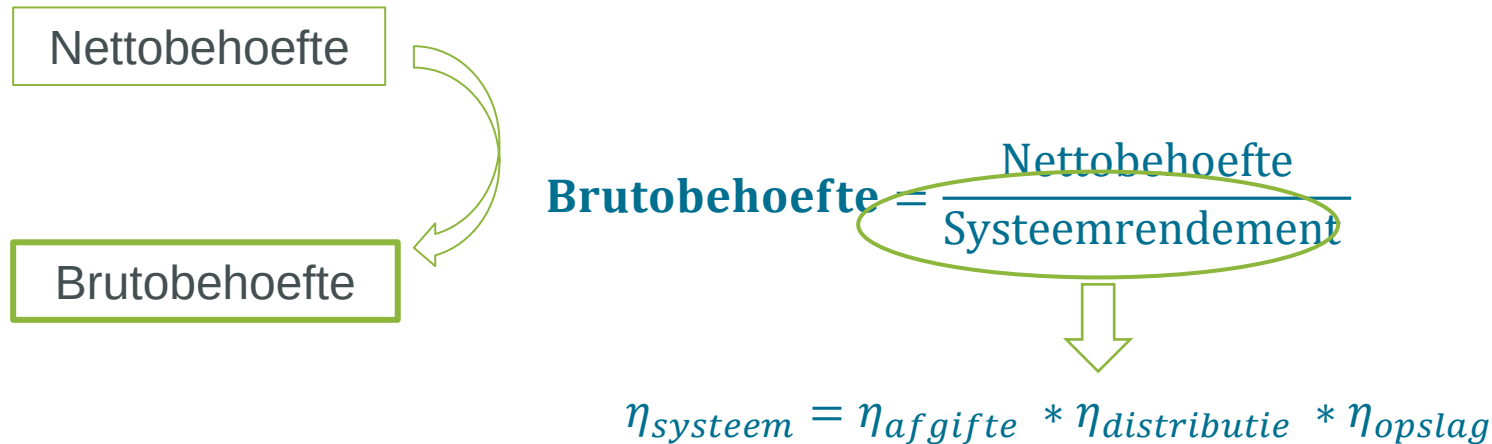
WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

REGELING

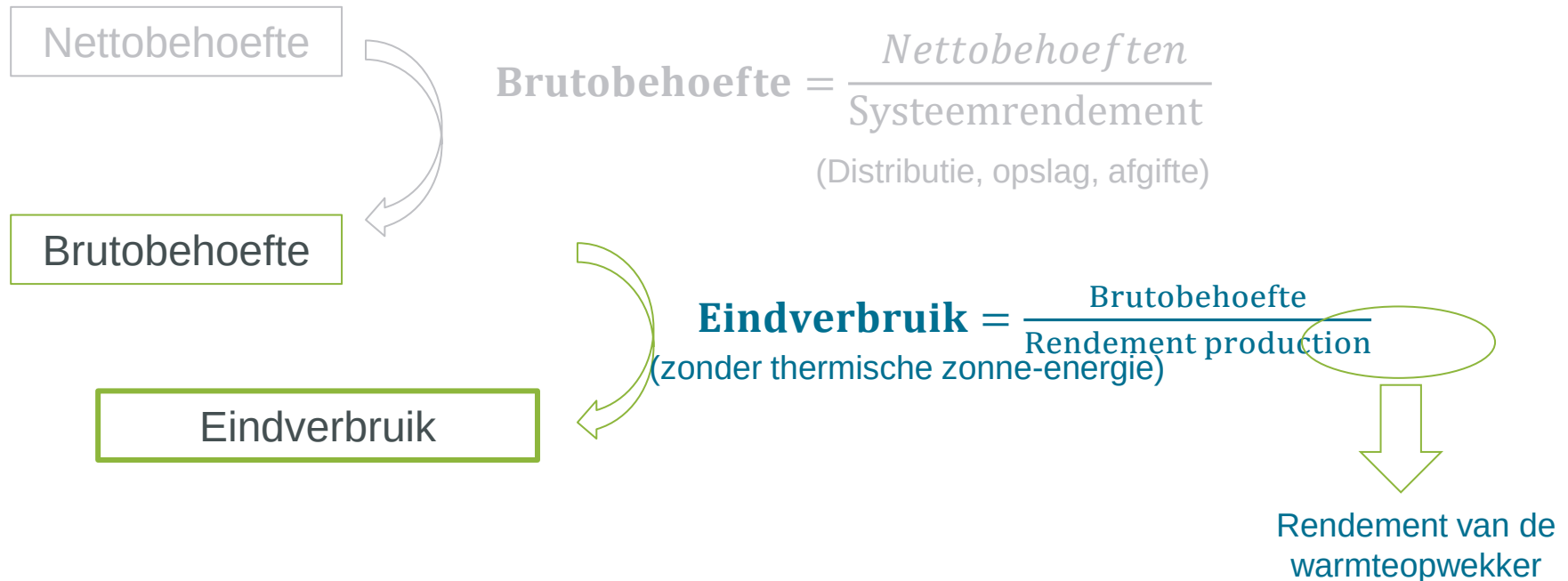




Rendement van het verwarmingssysteem - invloedsfactoren

- ▶ Type regeling
- ▶ Type verwarmingslichamen en hun locatie (voor geïsoleerde muur >< beglazing)
- ▶ Lengte en ligging van de leidingen (BV / AOR / buiten BV)
- ▶ Verwarmingswatertemperatuur
- ▶ Kwaliteit van de leidingisolatie
- ▶ Opslag (aanwezig/afwezig, locatie, kwaliteit van de isolatie, water t°)



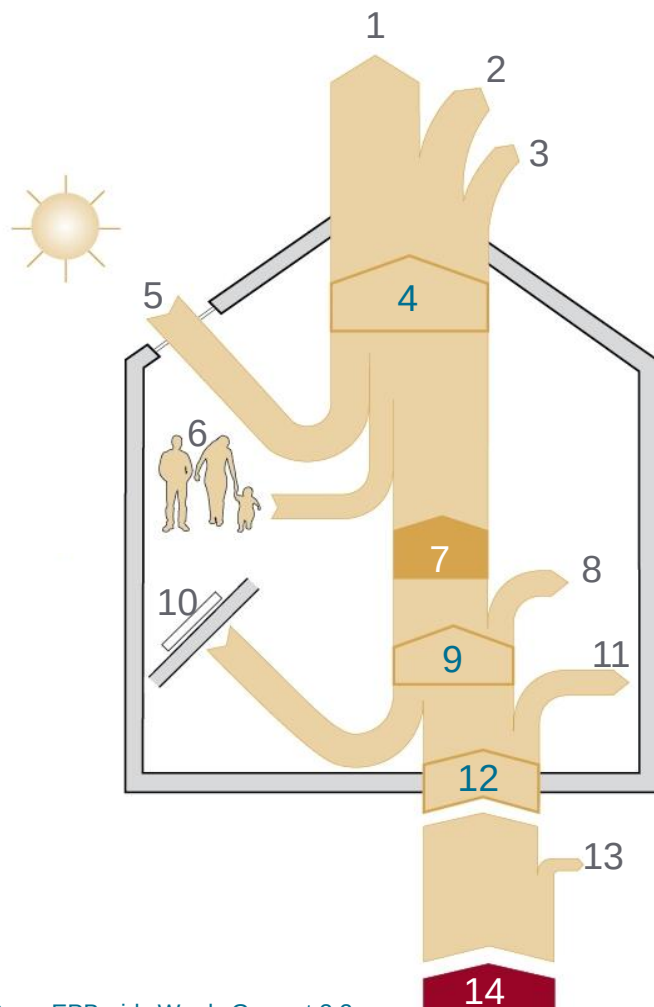


Productierendement

- ▶ Houdt verband met verliezen als gevolg van de omzetting van de brandstof in warmte (verliezen via verbrandingsrook ...)
- ▶ Afhankelijk van type toestel
 - Verwarmingsketel: rendement bij deellast van 30% = realistisch beeld van het totaal jaarlijks rendement
 - Warmtepomp: COP



ENERGIEBEHOEFTEN VOOR VERWARMING



Bron: EPB-gids Waals Gewest 3.2

- 1. Transmissieverliezen
- + 2. Verliezen door bewuste ventilatie
- + 3. Verliezen door in/exfiltratie
- = 4. Totale verliezen gebouwschil
- 5. Toevoer door zoninstraling
- 6. Interne toevoer
- = 7. Netto-energiebehoefte voor verwarming
- + 8. Systeemverliezen
- = 9. Bruto-energiebehoefte voor verwarming
- 10. Eventueel zonthermisch
- + 11. Productieverliezen
- = 12. Finaal energieverbruik voor verwarming
- + 13. Transformatieverliezen
- = 14. Primair-energieverbruik voor verwarming



Vereiste vermogen voor verwarming van een gebouw

- ▮ **NBN**
B 62-003
 - ▶ Bepaald op basis van genormaliseerde berekening van de verliezen:
NBN B62-003 & NBN EN 12831
- ▮ **NBN**
EN-12831
 - ▶ Op de koudste dag
 - ▶ Afhankelijk van verschillende factoren
 - Warmteverliezen van het gebouw: verliezen door transmissie / infiltratie / ventilatie
 - Opwarmvermogen na onderbreking
 - Ligging van het project
→ genormaliseerde klimaatvoorwaarden
 - ▶ Interne toevoer en toevoer door zoninstraling niet in aanmerking genomen



Grootteordes

- ▶ Oud gebouw (niet geïsoleerd, niet luchtdicht...): 100 tot 150 W/m²
- ▶ ZLE-gebouw: 20 tot 40 W/m²
- ▶ Passiefgebouw: 10 tot 30 W/m²



INLEIDING

- Verwarmingsbehoeften
- **Hoe verwarmen?**
- Componenten van een verwarmingsinstallatie

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

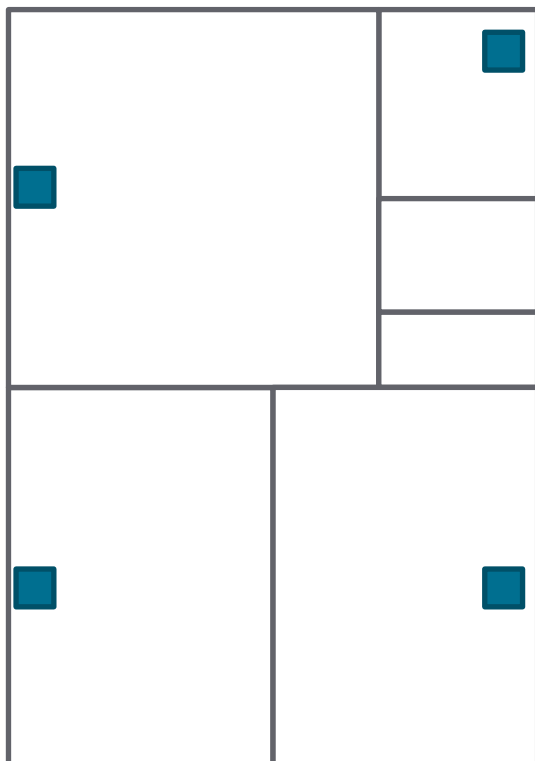
AFGIFTE

REGELING

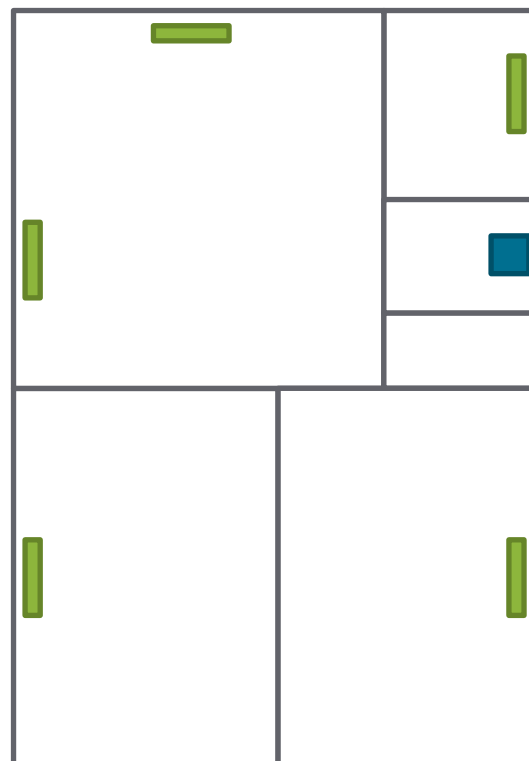


Productiewijze

Lokale productie



Centrale productie



 Afgifte-elementen

 Opwekkers



HOE VERWARMEN?

Lokale productie

- Hout-, gas-, stookoliekachel
- Elektrische radiatoren
- ...



Bron: Aduro



Centrale productie

Luchtverwarming

Waterverwarming



Bron: Radson



HOE VERWARMEN?

Met lucht

- ▶ $C_{p,\text{lucht}} = 1000 \text{ kJ/kgK}$
 - Leidingen nemen veel plaats in
 - Risico voor tocht
- ▶ Geringe thermische inertie
 - Snelle opwarming
 - Snelle afkoeling
- ▶ Aanwezigheid van ventilatoren
 - Hoger energieverbruik
 - Risico voor geluidshinder
- ▶ Lucht
 - Onderhoud van luchtkanalen
 - Mogelijk te koppelen met ventilatie
 - Inblaastemperatuur max. 35°C om comfort te verzekeren

Met water

- ▶ $C_{p,\text{water}} = 4186 \text{ kJ/kgK}$
 - Leidingen nemen minder plaats in
 - Leidingen gemakkelijk te integreren
- ▶ Hogere thermische inertie
 - Langzame opwarming
 - Langzame afkoeling
- ▶ Aanwezigheid van circulatiepompen
 - Energieverbruik



INLEIDING

- Verwarmingsbehoeften
- Hoe verwarmen?
- **Componenten van een verwarmingsinstallatie**

WARMTEPRODUCTIE

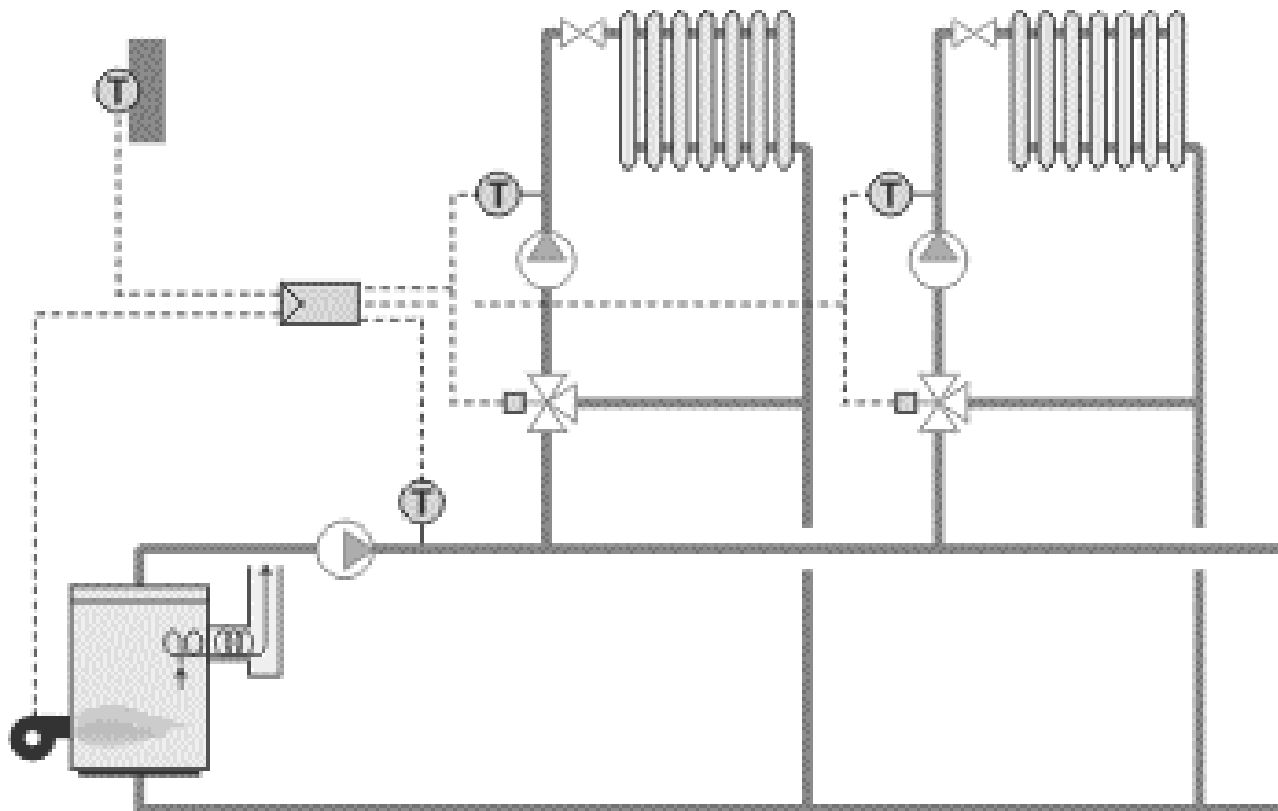
DISTRIBUTIE

AFGIFTE

REGELING

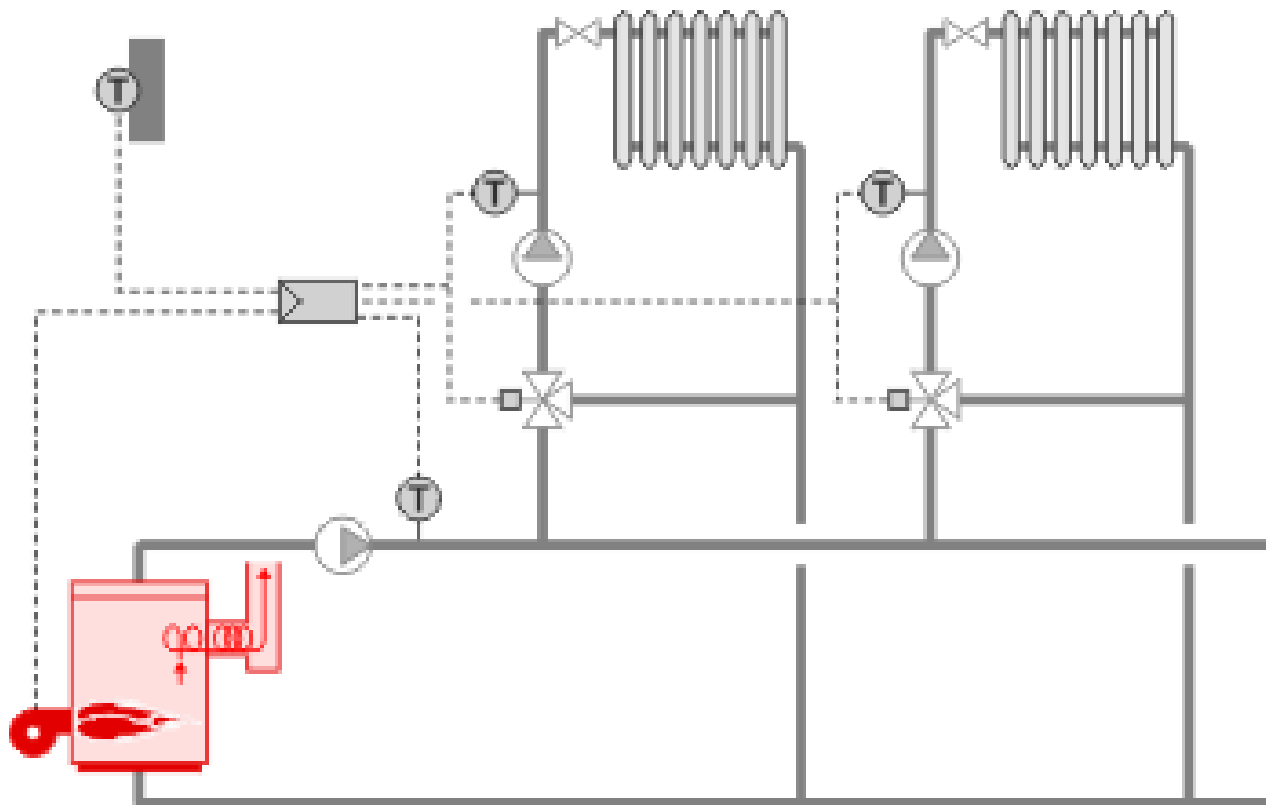


Componenten van een verwarmingsinstallatie



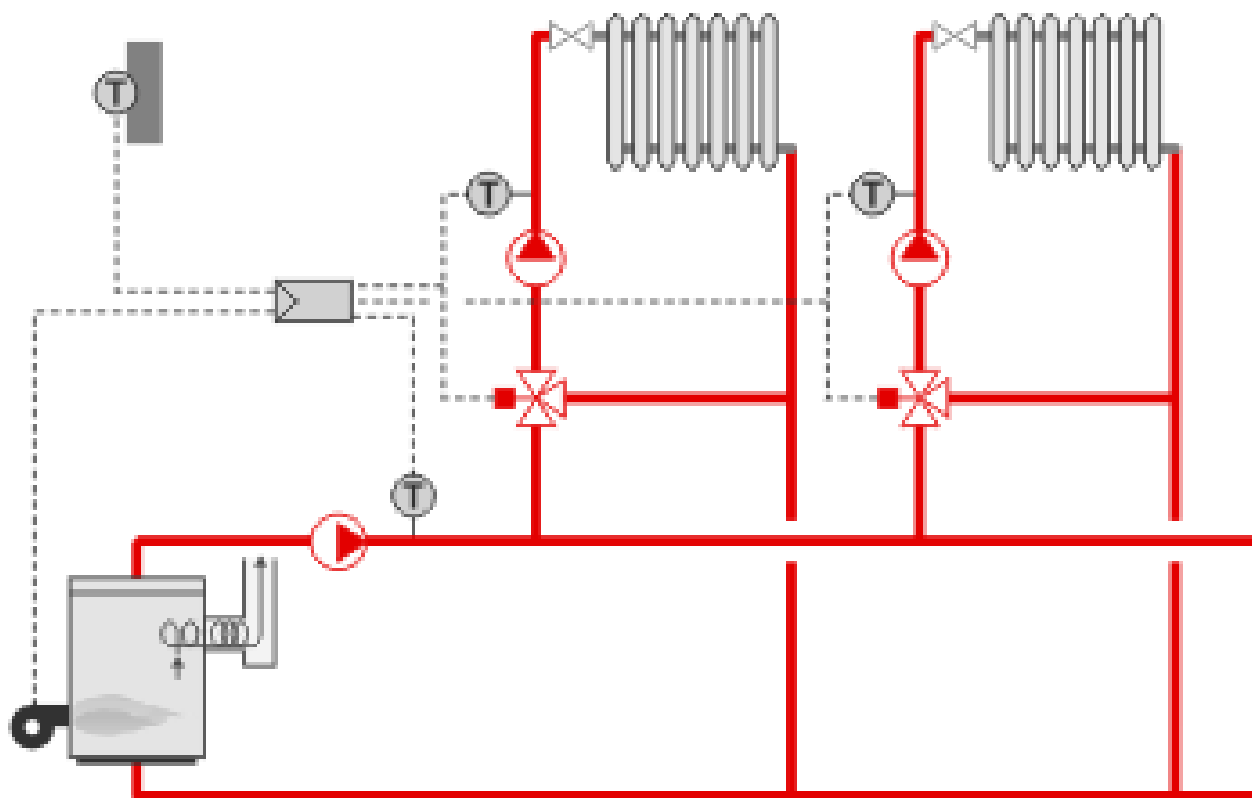
INLEIDING — PRODUCTIE — DISTRIBUTIE — AFGIFTE — REGELING

Componenten van een verwarmingsinstallatie



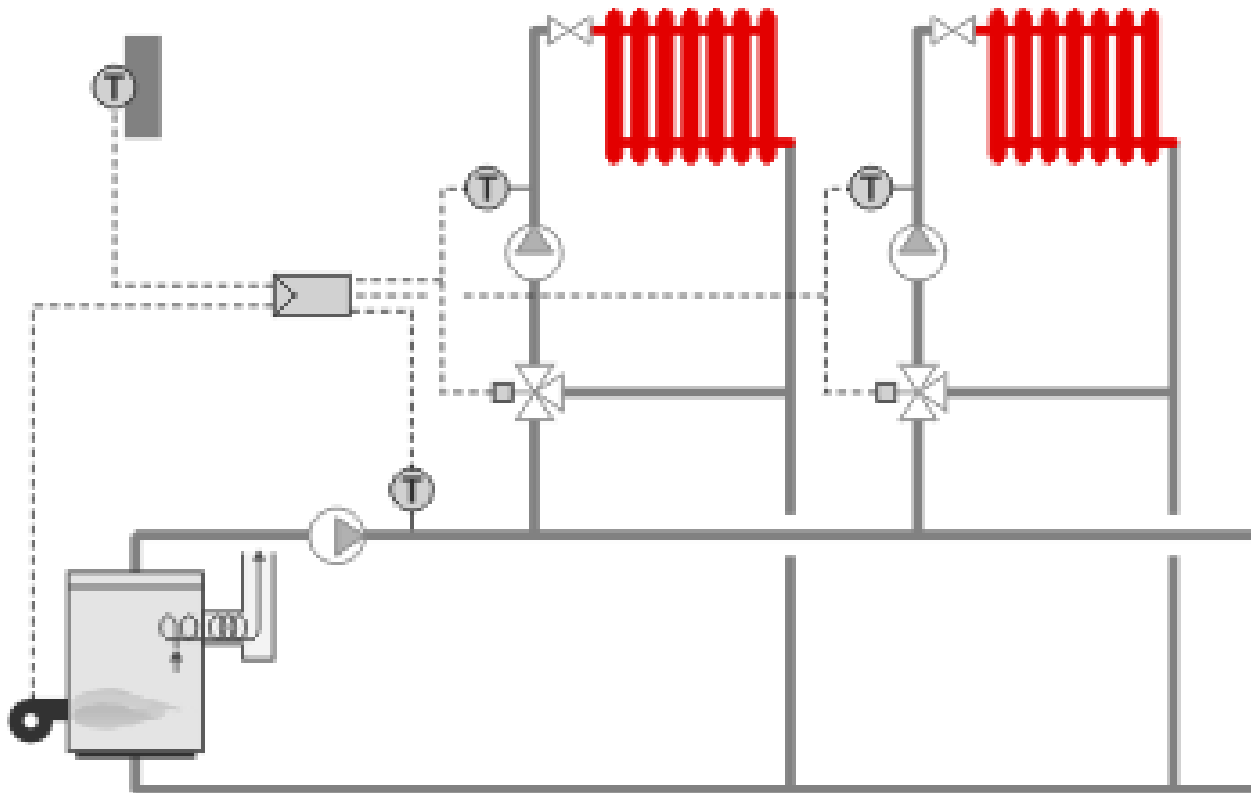
$$\Rightarrow \eta_{\text{totaal}} = \eta_{\text{productie}} * \eta_{\text{distributie}} * \eta_{\text{emissie}} * \eta_{\text{regeling}}$$

Componenten van een verwarmingsinstallatie



$$\Rightarrow \eta_{\text{totaal}} = \eta_{\text{productie}} * \eta_{\text{distributie}} * \eta_{\text{emissie}} * \eta_{\text{regeling}}$$

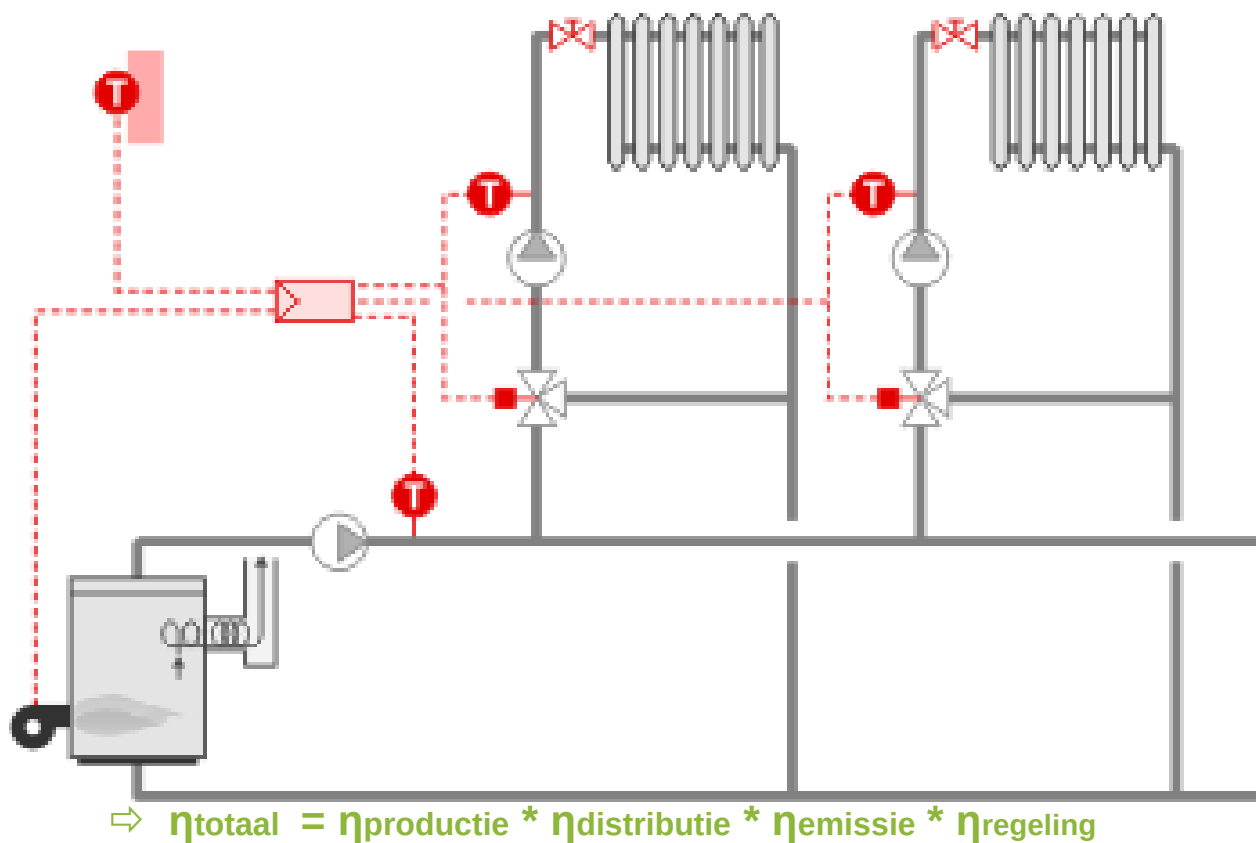
Componenten van een verwarmingsinstallatie



$$\Rightarrow \eta_{\text{totaal}} = \eta_{\text{productie}} * \eta_{\text{distributie}} * \eta_{\text{emissie}} * \eta_{\text{regeling}}$$



Componenten van een verwarmingsinstallatie



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ **Verbranding**
- ▶ Verbrandingstoestel
- ▶ Warmtepomp

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

REGELING



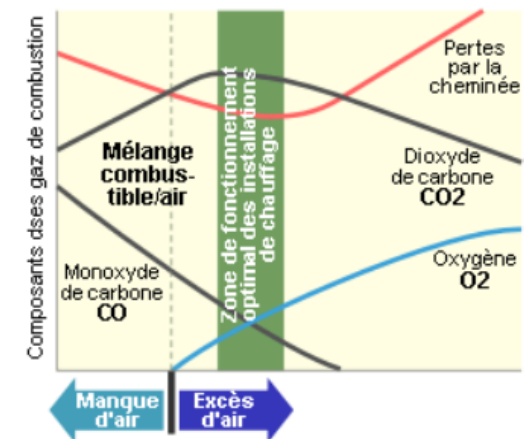
Verbranding en brandstof

- Reactie van de verbranding:



- Koolwaterstoffen < gas, stookolie, hout, kool, ...
- Lucht: N₂, O₂, CO₂, ...
 - Het stikstof in de lucht vormt in sommige omstandigheden NO_x

	CO ₂ -productie	H ₂ O-productie
1 m ³ gas	~ 2 kg/m ³	~ 1,7 kg/m ³
1 l stookolie	~ 3 kg/l	~ 0,9 kg/l



Calorische waarde

- ▶ Dit is de warmte die kan vrijkomen bij de volledige verbranding van een eenheid brandstof.
- ▶ **Onderste** verbrandingswaarde (OVW of PCI)
 - Door de verbranding gerecupereerde warmte = hoeveelheid warmte die vrijkomt bij complete verbranding
 - Het water wordt in dampvorm met de rookgassen in de atmosfeer afgevoerd
- ▶ **Bovenste** verbrandingswaarde (BVW of PCS) +
 - Door verbranding gerecupereerde energie +   gwinning van condensatiewarmte van de waterdamp in de rookgassen (= latente warmte)

⇒ **Principe van een condensatieketel**



Calorisch vermogen – Grootteordes

⇒ **BVW = OVW + latente warmte**

	OVW	BVW	
Aardgas	~ 10 kWh/m ³	~ 11,11 kWh/m ³	+ 11,11 %
Stookolie	~ 10 kWh/l	~ 10,64 kwh/l	+ 6,4 %
Propaan	~ 6,6 kWh/l	~ 7,2 kWh/l	+ 9 %
Steenkool	~ 8,7 kWh/kg	~ 9 kWh/kg	+ 3,5 %
Hout	~ 2,5 tot 4 kwh/kg	~ 2,7 tot 4,3 kwh/kg	+ 7,5 %
Pellets	~ 5 kWh/kg	~ 5,5 kWh/kg	+ 10 %



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

- Verbranding
- **Verbrandingstoestel**
- Warmtepomp

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

REGELING



Prestaties van een ketel

- ▶ Gekenmerkt door verschillende rendementswaarden
 - Nominaal of nuttig rendement
 - Verbrandingsrendement
 - Seizoensrendement



Nuttig rendement

- Is het momentaan rendement tijdens de werking van de brander

$$\Rightarrow \eta_{\text{utile}} = P_u / P_a$$

Waarbij

- P_a = het in de brandstof vervatte vermogen

P_a = brandstofdebiet x verbrandingswaarde OVW (of BVW)

- P_u = het nuttig vermogen, het vermogen dat aan het verwarmingswater wordt geleverd

$P_u = (P_a - \text{Verliezen rookgassen} - \text{Omgevingsverliezen}) / P_a$

- Het momentaan rendement verschilt naargelang de watertemperatuur en het vermogen van de brander ten opzichte van het vermogen van de ketel

⇒ **De fabrikant levert een nominaal rendement in ideale verbrandingsvoorwaarden voor een waterregime**

- Plage de puissance

à 80/60: 489kW

à 40/30: 530kW

- Rendement

Pleine charge PCI 80/60: 97,4%

Charge partielle PCI retour 30°C: 109,5%



Verbrandingsrendement

- ▶ Het beeld van volledige omvorming van brandstof in warmte en overdracht van die warmte aan het water van de verwarmingsketel.

$$\Rightarrow \eta_{\text{brandst}} = (P_a - \text{Verliezen rookgassen}) / P_a$$

Waarbij

- P_a is het in de brandstof vervat vermogen

$$P_a = \text{brandstofdebiet} \times \text{verbrandingswaarde OVW}$$

Rendement vaak hoger dan 100% voor condensatieketels

- ▶ Het momentaan verbrandingsrendement van een ketel kan worden berekend als volgt:

$$\Rightarrow \eta_{\text{brandst}} = 100 - f \times (T_{\text{rook}} - T_{\text{omg}}) / \%CO_2$$

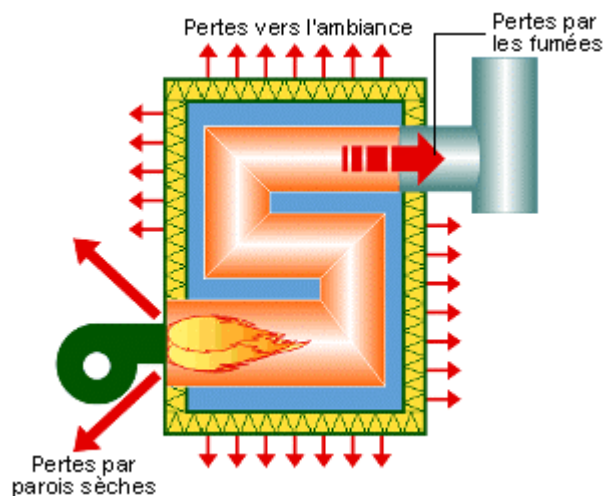
Avec,

- T_{rook} = de temperatuur van de rookgassen bij het verlaten van de ketel [°C] > **meetbaar**
- T_{omg} = omgevingstemperatuur in de stookruimte [°C] > **meetbaar**
- $CO_2\%$ = CO_2 -gehalte in de rookgassen [%] > **meetbaar**
- f = factor die hoofdzakelijk afhangt van het type brandstof



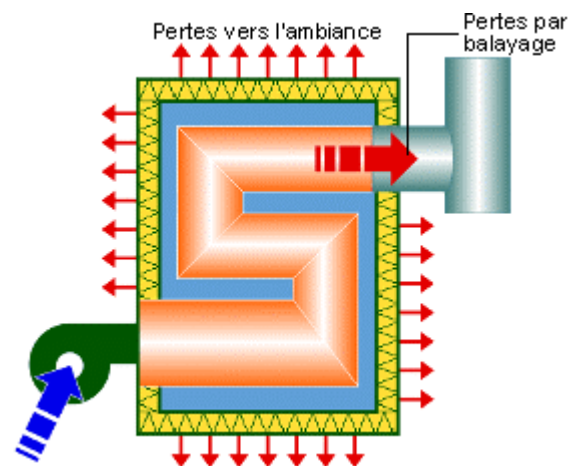
Seizoensrendement

- ▶ Verhouding tussen de totale energie die wordt overgedragen aan het verwarmingswater tijdens het volledige stookseizoen en de energie vervat in de brandstof.
- ▶ Die factor maakt het mogelijk de totale prestaties te berekenen.
- ▶ Hij houdt rekening met de stilstandsverliezen:
 - Verliezen door straling en convection
 - Verliezen door interne convection in de schoorsteen



Bij werking van de brander

Bron: Energie +



Bij stilstand van de brander



Overzicht van bestaande technologieën

- ▶ Keteltypes
 - Wandketel - vloerketel
 - Atmosferische ketel - ketel met ventilatorbrander
 - Hoge temperatuur - lage temperatuur - condensatieketel
 - Luchtdichte - niet luchtdichte ketel
 - Brander on/off - tweetraps - Modulerend
- ▶ Brandstof: aardgas (of propaangas) - stookolie - hout
- ▶ Ruim gamma beschikbare vermogens
- ▶ Kleine vermogens van 1 kW tot zeer grote vermogens (> 12MW)



Vloerketel

- ▶ Neemt meer plaats in in de installatie
- ▶ Voor eengezinswoningen maar ook voor grote gebouwen
- ▶ Mogelijkheid van ketels met grote waterinhoud
- ▶ Groot vermogensgamma 15kW tot 12MW



Wandketel

- ▶ Neemt minder plaats in - Beperkt gewicht en afmetingen
- ▶ Geschikt voor appartementen en eengezinswoningen
- ▶ Hoofdzakelijk gascondensatieketels
- ▶ Vermogen van 10 tot 100 kW, ook mogelijkheid van trapsgewijze installatie voor grotere vermogens



Atmosferische ketel

- ▶ Brandertoevoerbuïs onder de vuurhaard
- ▶ Geen ventilator,
- ▶ Hoge NO_x-emissie
- ▶ Aanzienlijke stilstandsverliezen
- ▶ Zeer slechte prestaties, laag rendement (tussen 85% en 92%)
- ▶ **Dit systeem verdwijnt!**



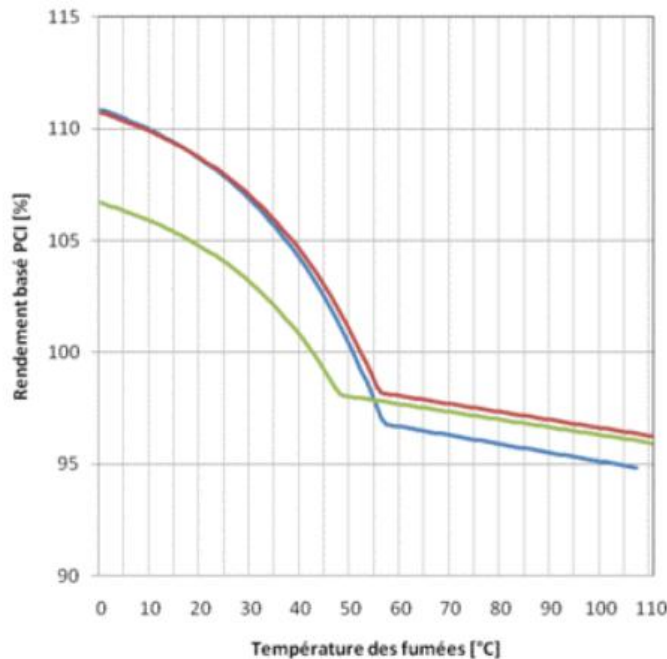
Ketel met ventilatorbrander

- ▶ Branderkeuze onafhankelijk van de ketel (stookolie of gas)
- ▶ Brander uitgerust met ventilator
- ▶ Vrij geringe stilstandsverliezen
- ▶ Rendement afhankelijk van de regeling
- ▶ Nuttig rendement ~ 84 .. 90 %
(of zelfs meer voor condensatieketels!)

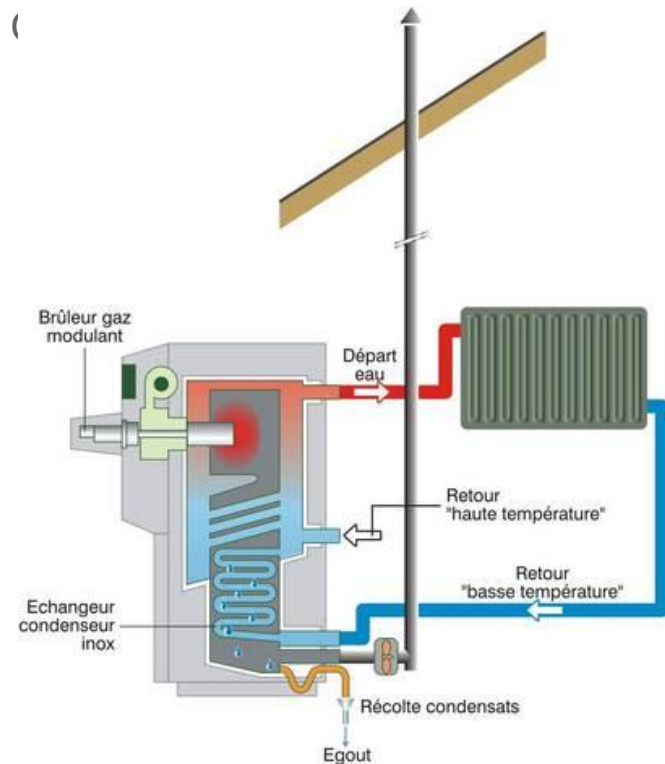


Condensatieketel

- ▶ Condensatie van de waterdamp die aanwezig is in de rookgassen dankzij een warmtewisselaar
- ▶ Rendement ~ 95 .. 108 % (op basis van)
- ▶ Lager temperatuurregime



Bron: energie+



⇒ Het is mogelijk om een afzonderlijke condensator te gebruiken, toegevoegd aan een traditionele ketel om het rendement te verhogen.



Condenserende ketel

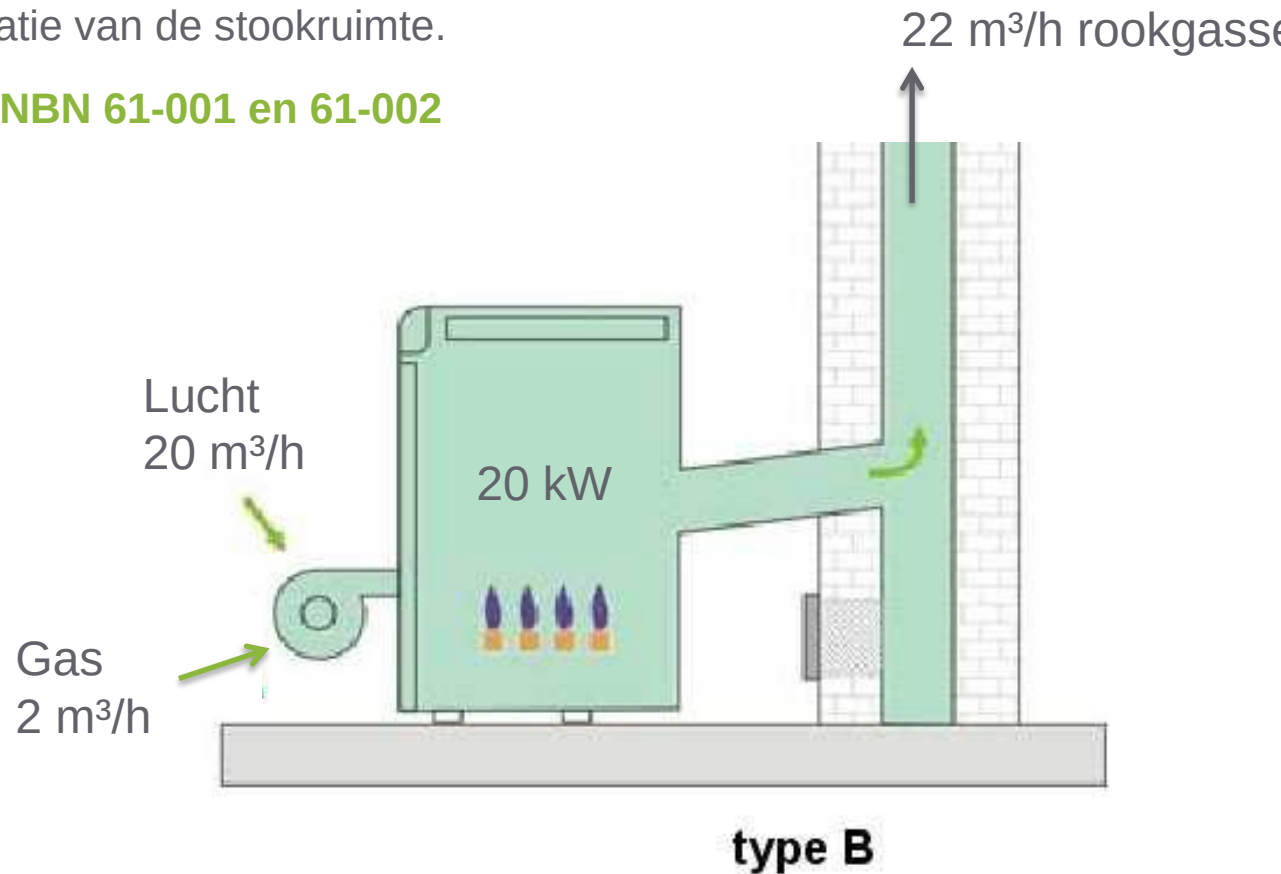


Bron : Vaillant

Niet-luchtdichte ketel

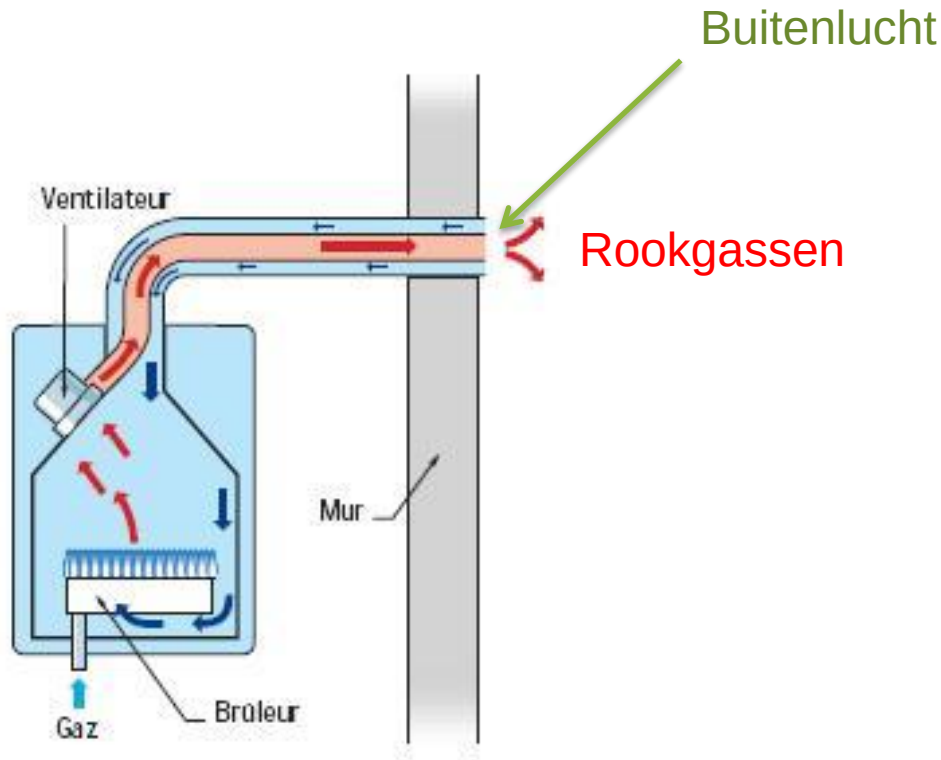
- ▶ Een ketel wordt “niet-luchtdicht” genoemd wanneer de lucht voor de verbranding uit de stookruimte wordt gehaald.
- ▶ Ketelclassificatie: type B
- ▶ Zorgen voor ventilatie van de stookruimte.

⇒ **Normen NBN 61-001 en 61-002**

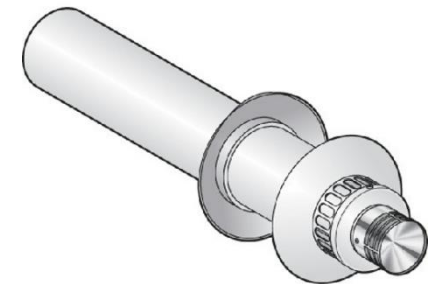


Luchtdichte ketel

- Een ketel is zogenaamd “luchtdicht” wanneer zijn werking onafhankelijk is van de lucht in het lokaal waarin hij is geplaatst. Dit principe wordt ook wel aangeduid met de term “ventouse”.



Principe de fonctionnement

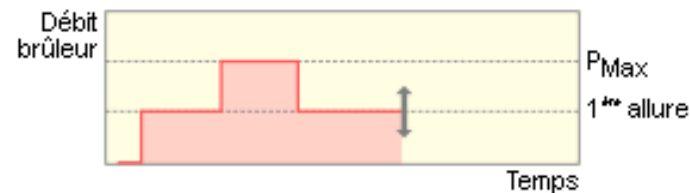


Brander aan/uit

- ▶ “Alles of niets”

Tweetrapsbrander

- ▶ Aangeschakeld in de eerste vlamgang, gaat over naar tweede vlamgang indien nodig



Progressieve tweetrapsbranders

- ▶ Heeft twee vermogensniveaus
- ▶ De overgang van eerste naar tweede vlamgang verloopt geleidelijk

Modulerende brander

- ▶ Alle werkingsgangen zijn mogelijk
- ▶ Module in een vermogensgamma
 - >vermeld in de technische fiche van het toestel - bv. tussen 6 en 24 kW



Verbranding van biomassa

- ▶ Verbranding brandhout, pellets (productieresten)



Bron: ETA

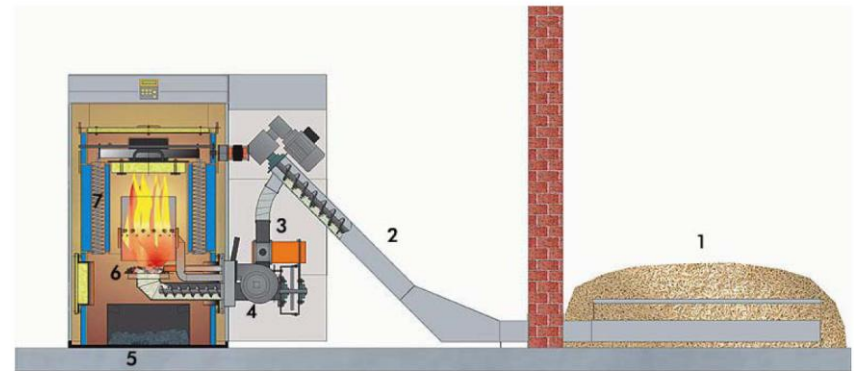


Figure 16: Chaudière automatique à granulés de bois
1: silo de stockage des pellets, 2: vis d'extraction du combustible, 3: système de sécurité incendie, 4: ventilateur pour l'air primaire et secondaire, 5: cendrier, 6: brûleur, 7: chauffage de l'eau par tubes de fumée – système automatique de nettoyage des tubes (Source : Ökofen 2004)

Bron: Ökofen

Specifieke kenmerken

- ▶ Hoge investeringskosten
- ▶ Groot vermogensgamma (24 tot >> kW)
- ▶ Veel onderhoud nodig (assen, enz.)
- ▶ Nood aan opslagruimte voor brandstof
- ▶ Zeer grote inertie



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ Verbranding
- ▶ Verbrandingstoestel
- ▶ **Warmtepomp**

DISTRIBUTIE

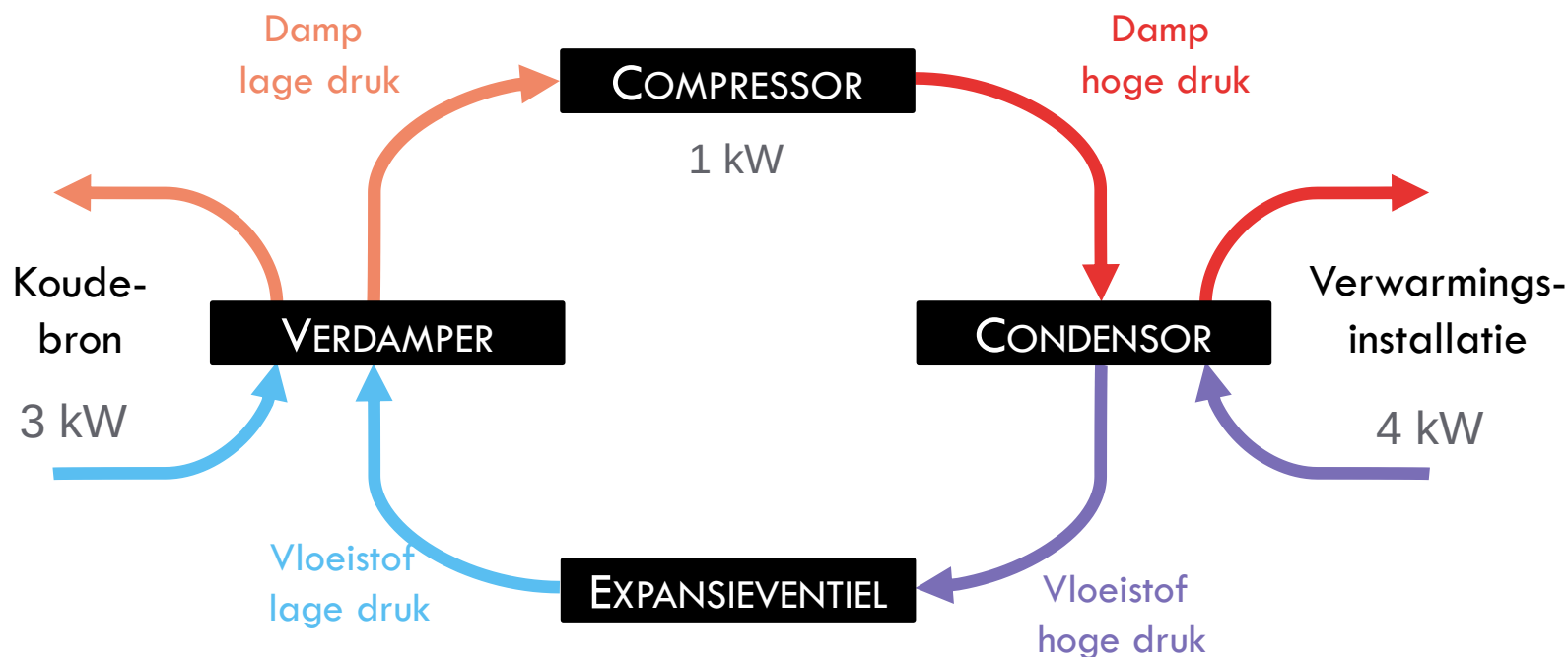
AFGIFTE

REGELING



Weringsprincipe

- Put warmte uit een “koudebron” (bodem, buitenlucht ...)
> elektriciteitsverbruik
- Verhoogt het temperatuurniveau
- Geeft deze warmte af aan een hogere temperatuur



- Prestatiecoëfficiënt van een warmtepomp

⇒ **COP = Thermisch vermogen condensor / opgenomen vermogen**



Koudebron

- ▶ De bodem (= geothermisch)
- ▶ De lucht (= aerothermisch)
- ▶ Het water (hydrothermisch)
- ▶ Verloren warmte (vervuilde lucht, process ...)

Aërothermische WP



Statische warmtewisselaar

Geothermische WP



Horizontale captatie

Hydrothermische WP



Oppervlaktewater



Dynamische warmtewisselaar



Verticale captatie



Grondwater

Energetisch belang

- ▶ Mogelijk hoge energie-efficiëntie
Volgens soort bron: lucht / water / bodem (geothermie)
- ▶ Eventueel omkeerbaar

Specifieke kenmerken

- ▶ Alle vermogensgamma's beschikbaar
- ▶ Werking bij lage temperatuur
 - ⚠ Sanitair warm water → aangepaste warmtepomp
 - ⚠ Type afgifte-element (zie verder)



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

- ▶ **Distributienet**
- ▶ Materialen
- ▶ Andere toebehoren

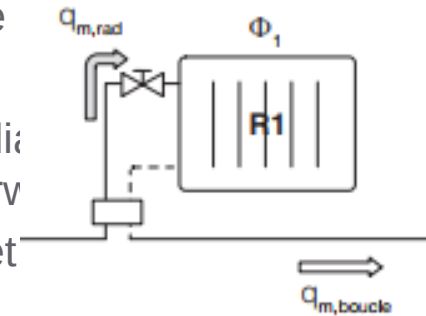
AFGIFTE

REGELING



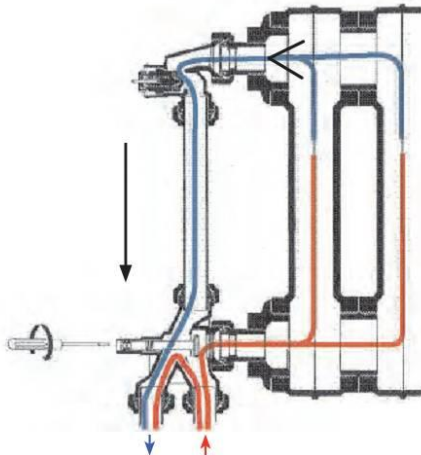
Installatie met enkele leiding (oude installaties)

- ▶ Verschillende radiatoren zijn aangesloten op eenzelfde
- ▶ De vertrek- en retourleiding zijn een en dezelfde.
- ▶ Een deel van het debiet van de kring loopt in de radiator door een vertakking en wordt vermengd met het retourv
- ▶ Met eenpijpskleppen kan de verhouding tussen debiet van de radiator worden geregeld.
- ▶ Sterke daling van de watertemperatuur



Bron: Buildwise, Rapport 14

Bron: Gobicoleur

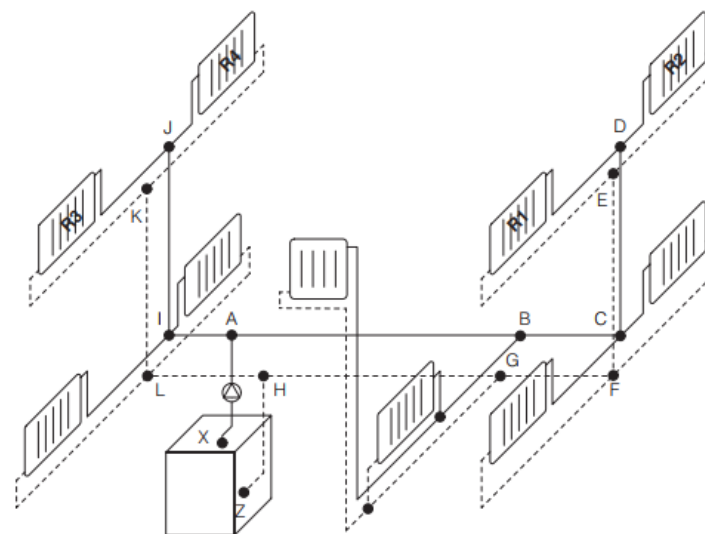
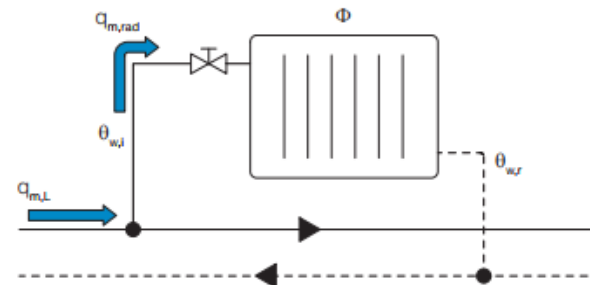


Bron: Traiteur Cheval Blanc



Tweepijpsinstallatie

- De radiatoren worden parallel gemonteerd, op 1
 - De ingang van de radiator wordt aangesloten
 - De uitgang van de radiator wordt aangesloten



Bron: Buildwise, Rapport 14



Collector

- ▶ Elk verwarmingslichaam is afzonderlijk verbonden
- ▶ Kunststof of meerlaagse leiding
- ▶ Elke kring voedt één enkele radiator
- ▶ De collectoren zijn onderling verbonden en dan aangesloten op de ketel
- ▶ Gemakkelijk te regelen
- ▶ Ideaal voor kleine installaties



Bron: Techno-kit

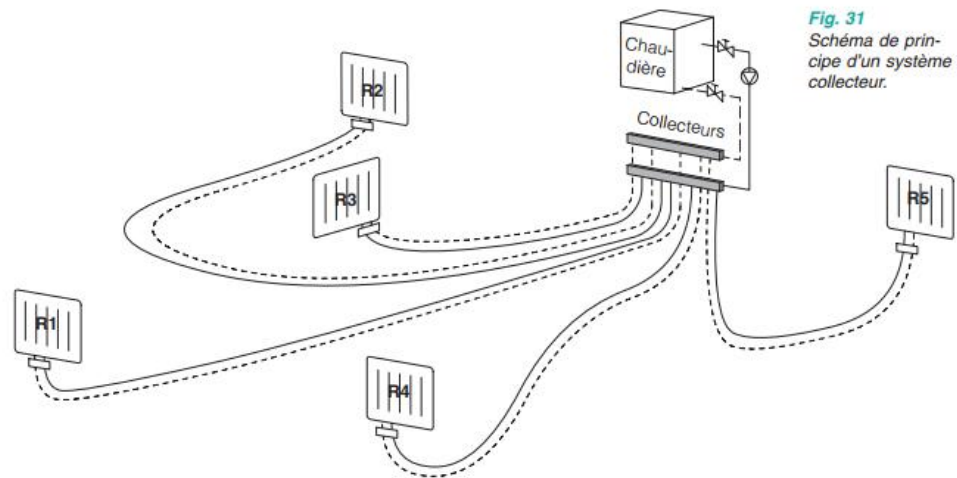


Fig. 31
Schéma de principe d'un système collecteur.

Bron: Buildwise, Rapport 14

INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

- Distributienet
- **Materialen**
- Toebehoren

AFGIFTE

REGELING



Meerlaagse synthetische materialen

- + Prijs van het materiaal
- + Soepel en makkelijk te plaatsen
- + Ideaal voor inbouw in een dekvloer
- + Niet erg gevoelig voor kalkafzetting
- + Gemakkelijk te vervoeren
- Grotere warmteuitzetting
- Gevoelig voor UV (te beschermen door technische kokers)
- Buiging
- Wordt niet gelast
- Afkomstig van petrochemische industrie
- Beperkte bedrijfstemperatuur (maximaal 70 °C)



Verzinkt staal

- + Gemakkelijk te plaatsen
- Versnelde aantasting boven 60°C
- Gevoelig voor corrosie en kalkaanslag
- Onverenigbaar met koper stroomopwaarts



Source / Bron : Style-indus

Elektrolytisch verzinkt staal

- + Gemakkelijk te plaatsen
- + Bestand tegen corrosief water, corrosiebestendig
- + Large plage de température possible
- Onverenigbaar met koper stroomopwaarts



Source / Bron : Chauffage Sanitaire Partedis



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

- Distributienet
- Materialen
- **Toebehoren**

AFGIFTE

REGELING



Circulatiepomp

- Zorgt voor correcte watercirculatie in de kringen
 - Met constant debiet: aan / uit
 - Met variabel debiet: past snelheid aan om het gevraagde debiet te leveren

⇒ **Opmerking: sedert 08/2015: verplichte installatie van hoerendementscirculatiepompen EEL-index $\leq 0,23$**

Bron: wilo



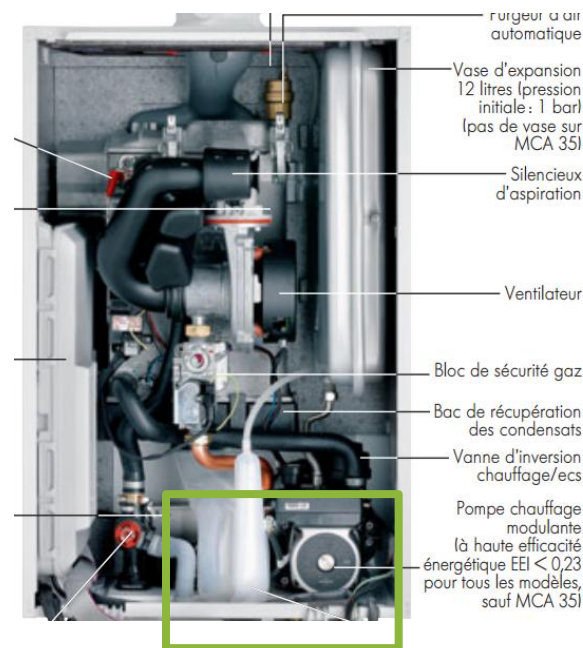
Bron: Grundfos



Bron: wilo



Bron: KSB



Expansievat

- ▶ Voorkomt dat de druk in de installatie te hoog oploopt
- ▶ Voorkomt onderdruk in de installatie

Verschillende types:

- ▶ Open expansievat (systeem verdwijnt)
- ▶ Gesloten expansievat

Met variabele druk (kleine installaties)

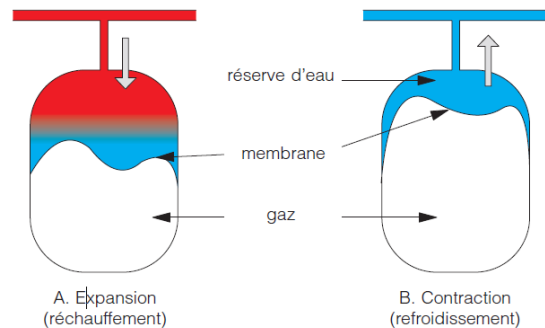


Fig. 65 Principe de fonctionnement du vase d'expansion fermé à pression variable.

Bron: Buildwise, Rapport 14

Met constante druk (grote installaties)

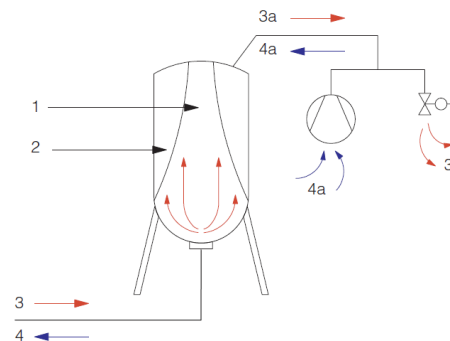


Fig. 75 Principe de fonctionnement du vase d'expansion à compresseur.

1. Eau sous pression d'installation
2. Air sous pression d'installation
3. Réchauffement (expansion) de l'eau
- 3a. Libération de la pression via la soupape de surpression
4. Refroidissement (contraction) de l'eau
- 4a. Ajout de pression via le compresseur

Bron: Buildwise, Rapport 14



Expansievat

Met variabele druk



Bron: Gitrasun



Bron: Energie +

Met constante druk



Bron: Energie +



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

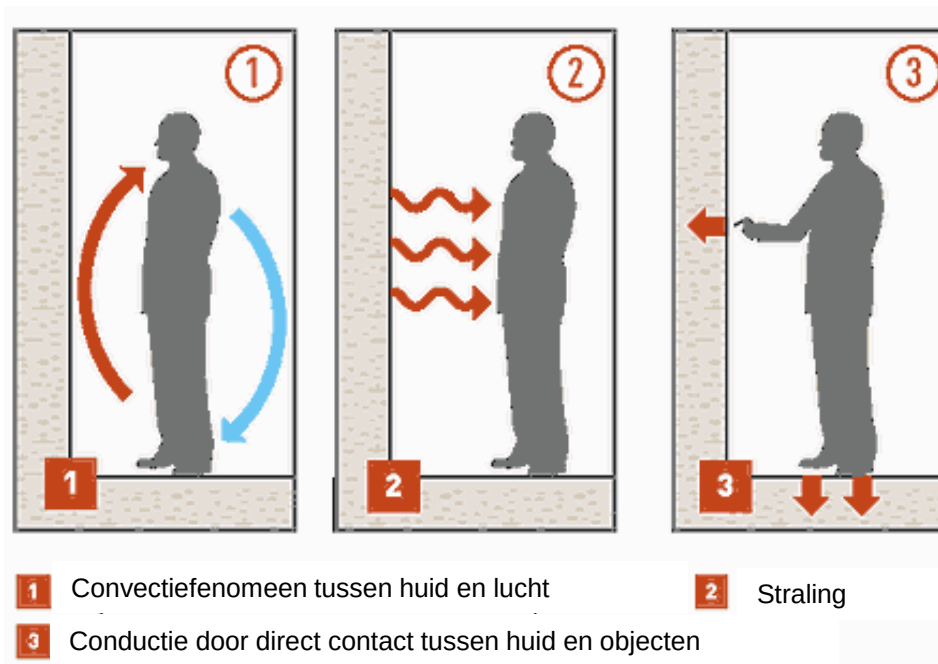
- ▶ **Wijze van afgifte**
- ▶ Types afgifte-elementen

REGELING



Principe van warmteafgifte

- Convectie
- Straling
- Conductie



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

- Wijze van afgifte
- **Types afgifte-elementen**

REGELING



Radiator

- ▶ Warmteuitwisseling door convectie (en straling)
- ▶ Het emissievermogen hangt af van:
 - De grootte, de vorm en het materiaal van de radiator
 - De gemiddelde temperatuur van het circulerende water
 - Het waterdebiet dat circuleert
 - De omgevingstemperatuur
 - De plaats van de radiator (aanwezigheid van vensterbank, nis ...)
- ▶ Gemakkelijk te regelen (thermostatische kraan)
- ▶ Reactiviteit en thermische dynamiek (inertie)

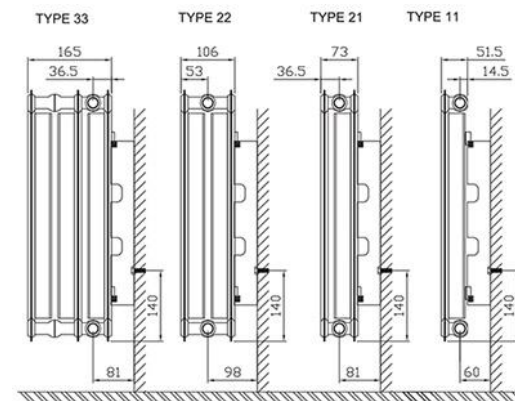


Bron: Radson



Radiator

- ▶ Verschillende types radiator:
 - Het eerste cijfer staat voor het aantal platen.
 - Het tweede cijfer staat voor het aantal ribbenrijen.
- ▶ Verschillende temperatuurregimes:
 - 90/70/20
 - **75/65/20 – genormaliseerde emissie**
 - ...



Bron: Chauffage décor

- ⇒ **Er bestaan correctietabellen die rekening houden met het temperatuurregime.**
- ▶ De plaats van de radiator heeft ook een invloed op het emissievermogen.
 - ⇒ **Er bestaan correctiefactoren op basis van de plaats van de radiator.**





Oefening

- In een vertrek staat een radiator met een vermogen van 1500 W voor een temperatuurregime van 75/65/20. Wat is het vermogen in regime 60/50/20?

Température de l'eau de départ $\theta_{w,l}$ (°C)	Température ambiante θ_a (°C)	Température de l'eau de retour $\theta_{w,r}$ (°C)																				
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85									
70	24	0,30	0,40	0,48	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84													
	22	0,35	0,45	0,53	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89													
	20	0,40	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,87	0,94													
	18	0,46	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99													
	16	0,51	0,60	0,68	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04													
65	24	0,27	0,36	0,44	0,51	0,58	0,65	0,71														
	22	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,70	0,76														
	20	0,37	0,46	0,54	0,61	0,68	0,75	0,81														
	18	0,42	0,51	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86														
	16	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,91														
60	24	0,24	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60															
	22	0,29	0,37	0,45	0,51	0,58	0,64															
	20	0,34	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69															
	18	0,39	0,46	0,54	0,61	0,67	0,74															
	16	0,43	0,51	0,59	0,65	0,72	0,79															
55	24	0,21	0,29	0,36	0,42	0,48																
	22	0,26	0,33	0,40	0,47	0,53																
	20	0,30	0,38	0,45	0,51	0,57																
	18	0,35	0,42	0,49	0,56	0,62																
	16	0,40	0,47	0,54	0,60	0,67																

Bron: Buildwise, Rapport 14



Convector

- ▶ Warmtediffusie door convectie (95%) + straling (5%)
- ▶ Hoge reactiviteit
- ▶ Vrij eenvoudige regeling
- ▶ Bestaat ook in koud & warm!
 - 2 buizen
 - 4 buizen

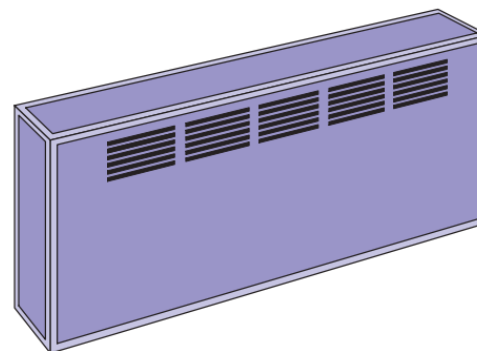
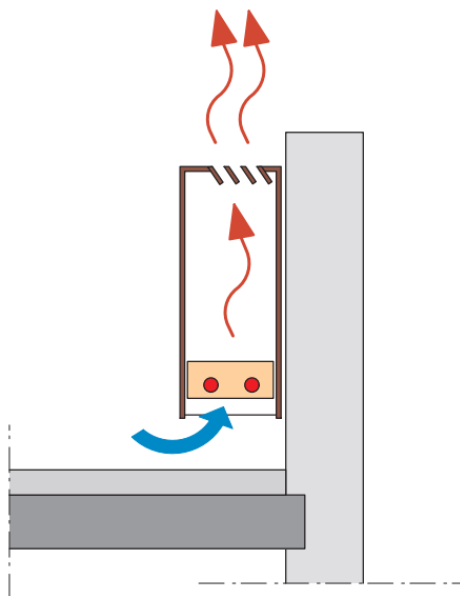


Fig. 16
Convecteur
intégré dans
un habillage.

Source / Bron : CSTC, Rapport 14



Ventilatorconvector

- ▶ Uitgerust met een ventilator die de lucht doet circuleren
 - Maakt kleiner formaat of lagere werkingstemperatuur mogelijk!
- ▶ Betere warmteafgifte
- ▶ Groter stroomverbruik

Source / Bron : Kampmann



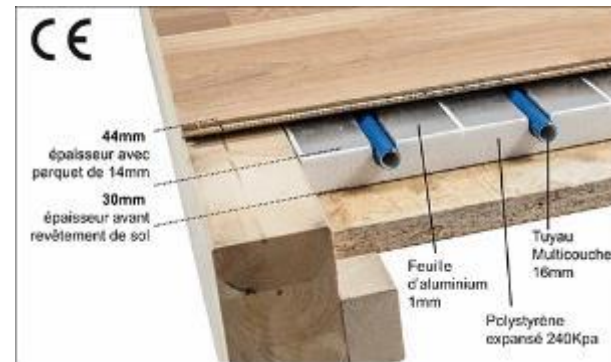
Stralingsverwarming

- ▶ Straling (70%) + convectie
- ▶ Grote emissie-oppervlakte: muur, vloer, plafond
- ▶ Lage temperatuur
- ▶ Onzichtbare afgifte-elementen
- ▶ Kamertemperatuur soms lager voor zelfde comfortniveau
- ▶ Hoge inertie
- ▶ Werkingsprincipe:
 - Het water loopt door in de wand verzonken kunststofbuizen
 - De wand slaat de warmte op en geeft ze vervolgens terug af

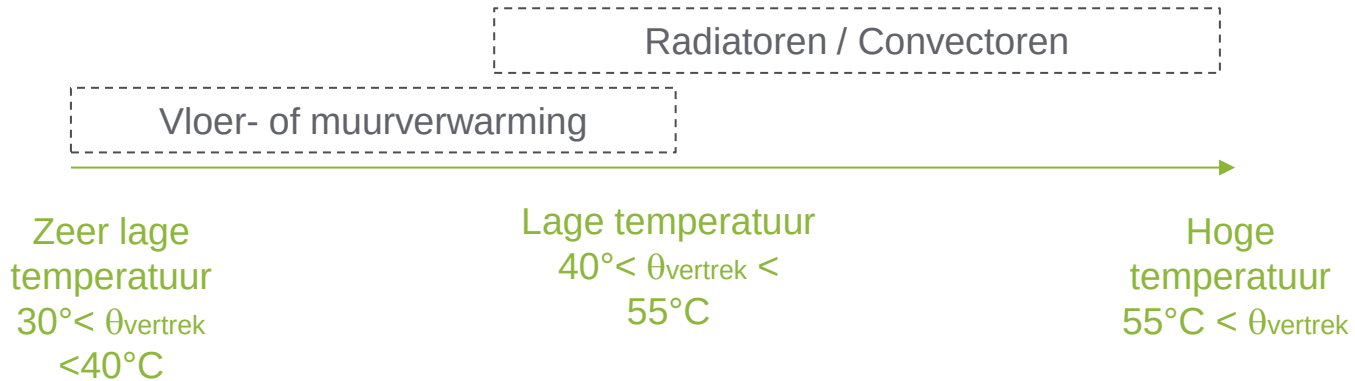


Vloerverwarming

- ▶ Mogelijkheid om te werken aan zeer lage temperatuur
- ▶ Zeer hoge inertie indien verzonken in de dekvloer
 - ⇒ **niet echt geschikt als de ruimte gevoelig is voor variabele interne en externe warmtetoevoer (lage-energie en passiefwoning)**
- ▶ er bestaan reactievere systemen (ingewerkt onder plankenvloer)
- ▶ Hoge investeringskosten
- ▶ Comfort? Afhankelijk van de regeling



Temperatuurregime



Inertie

- Vermogen om snelle temperatuurschommelingen te beperken



INLEIDING

WARMTEPRODUCTIE

DISTRIBUTIE

AFGIFTE

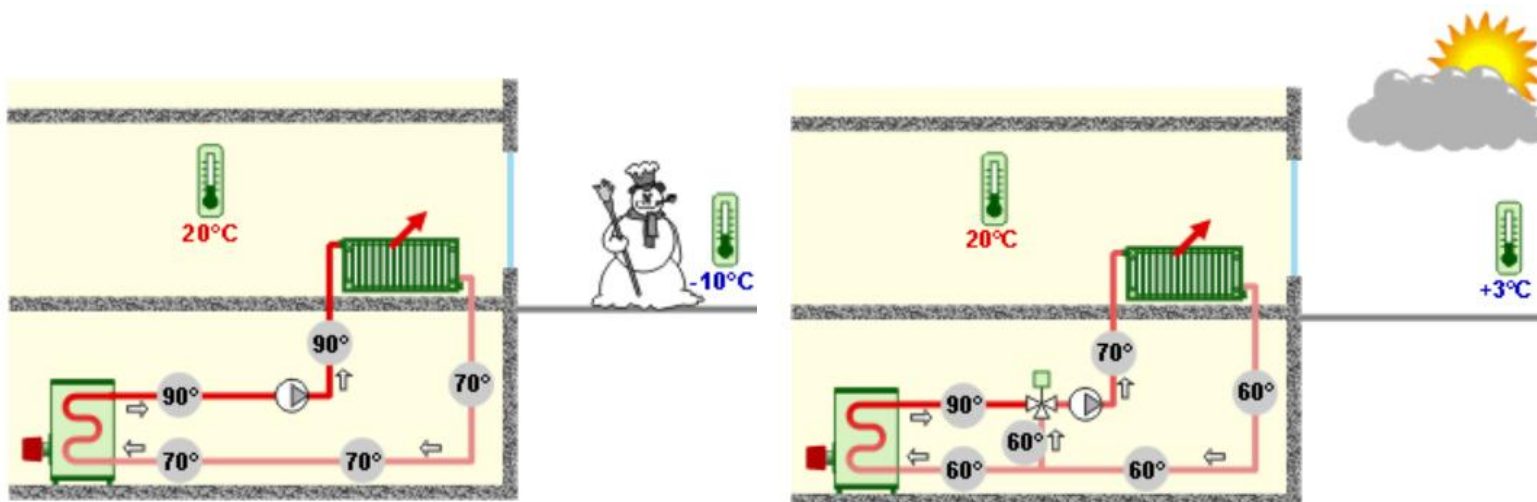
REGELING



Inleiding tot de regeling

- ▶ Voor extreme situatie gedimensioneerde installatie
 - $T_{omg} = 20^{\circ}\text{C} - T_{ext} = -10^{\circ}\text{C}$
 - Temperatuurregime: 90/70
- ▶ PROBLEEM 1: minder strenge buitentemperaturen in het tussenseizoen!
 - $T_{omg} = 20^{\circ}\text{C} - T_{ext} = 3^{\circ}\text{C}$

⇒ **Het warm vertrekwater wordt vermengd via een driewegklep!**



Bron: Energie +

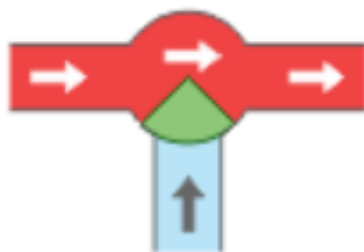


Driewegkleppen

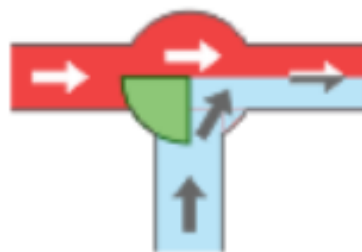
- ▶ Heeft 3 aansluitopeningen
 - Montage voor verdeling: een ingang en twee uitgangen
 - Montage voor vermenging: twee ingangen en een uitgang
- ▶ Laat toe de temperatuur of het debiet te regelen
- ▶ Manueel of gemotoriseerd



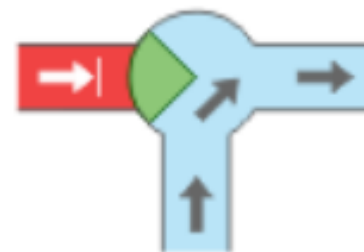
Bron: Honeywell



La vanne est 100% ouverte.



La vanne mélange 50% du débit de la chaudière et 50% du débit de retour des radiateurs.



La vanne est fermée ; l'eau des radiateurs tourne sur elle-même et se refroidit.

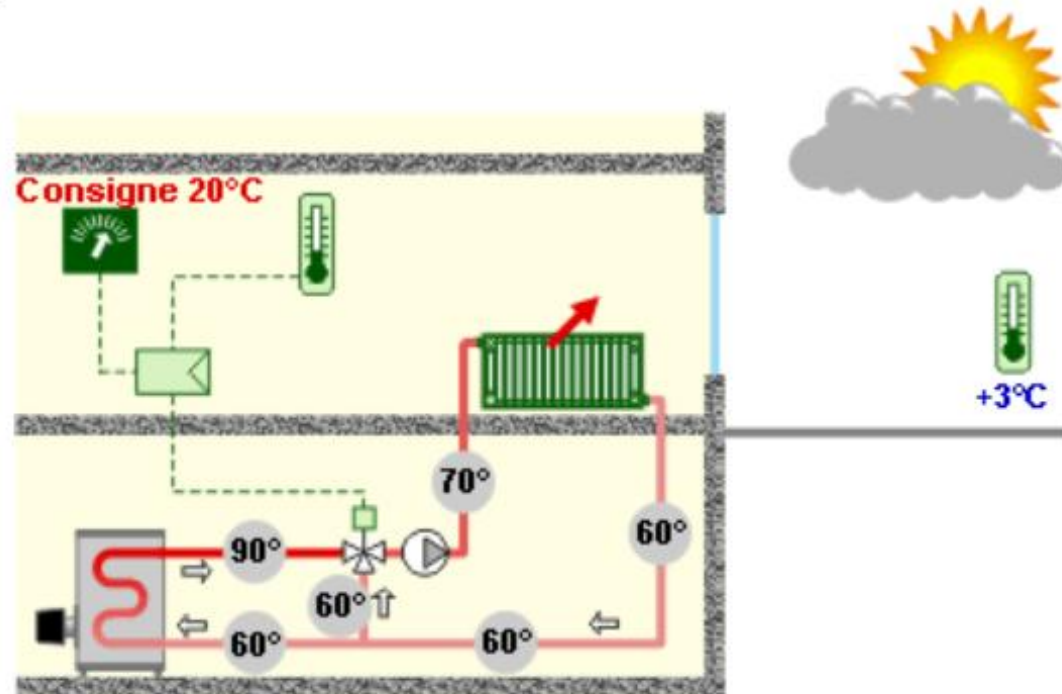
Bron: Energie +



Inleiding tot de regeling (vervolg)

- PROBLEEM 2: de buitentemperatuur verandert voortdurend!

⇒ Een regelaar meet de binnentemperatuur, vergelijkt ze met de instelwaarde en past de opening van de driewegklep aan.

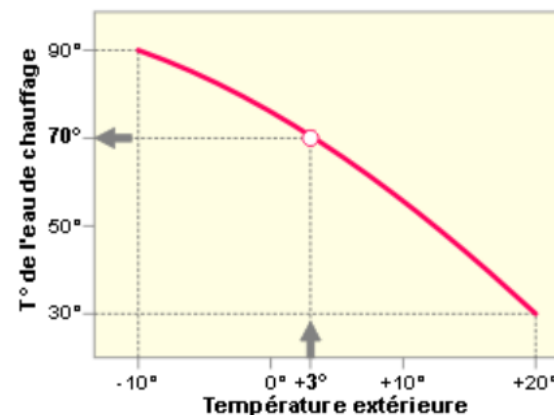


Bron: Energie +



Inleiding tot de regeling (vervolg)

- ▶ PROBLEEM 3: er moeten meerdere lokalen worden verwarmd
 - Alle lokalen hebben dezelfde behoeften
 - ⇒ **Men kiest een controlelokaal**
 - De lokalen kunnen onderverdeeld worden in zones met gelijke behoeften
 - ⇒ **Men realiseert twee onafhankelijke kringen, geregeld op basis van hun controlelokaal**
 - Men vindt geen representatief controlelokaal
 - ⇒ **Men baseert zich op de buitentemperatuur: hoe kouder buiten, hoe warmer het water in de radiatoren moet zijn!**
 - ⇒ **Men plaatst thermostatische kranen om het debiet in elk lokaal te regelen**



Bron: Energie +





- ▶ Een verwarmingsinstallatie is onderhevig aan verliezen door de productie, de distributie, de afgifte en de regeling.
- ▶ Niet alle productietoestellen zijn verenigbaar met alle afgiftetoestellen
- ▶ Een goede regeling is essentieel voor een rationeel energiegebruik.





Gids duurzame gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Thema ENERGIE

Dossier [Een efficiënte verwarmingsinstallatie ontwerpen](#)

Dossier [Verwarming en sanitair warm water: efficiënte installaties garanderen](#)

Voorziening [Oppervlakteverwarming](#)

Dossier [De optimale productie- en opslagwijze voor verwarming en sanitair warm water kiezen](#)

Voorziening [Warmtepomp](#)

Voorziening [Condensatieketel](#)



Websites

- Energie +

<https://energieplus-lesite.be>





Publicaties

- Buildwise, 2013, *Rapport 14: Ontwerp en dimensionering van centrale-verwarmingsinstallaties met warm water*



Opleidingen en seminars

- Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen <https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
Verwarming en sanitair warm water: Ontwerp
- Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Robin BAAR

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

DANK U VOOR UW AANDACHT

