

# VERWARMING



2

Vlaamse overheid







# VERWARMING



**Verantwoordelijk Uitgever**

Vlaamse overheid  
 Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming  
 Departement Onderwijs en Vorming  
 Stafdienst

Koning Albert II-laan 15  
 1210 Brussel

Tel: 02 / 553 95 55

Contactpersoon:  
 Willy Van Belleghem  
 E-mail: [willy.vanbelleghem@ond.vlaanderen.be](mailto:willy.vanbelleghem@ond.vlaanderen.be)

**Vormgeving:** Artefact

**Druk:** Die Keure

**Wettelijk depot:** D/2007/3241/240

**Uitvoerder**

Ecoconsult  
 Damstraat 236  
 9180 Moerbeke Waas  
 Tel. 09/326 80 80

Contactpersoon  
 Corinne Souwer,  
 directeur communicatie  
[corinne.souwer@ecoconsult.com](mailto:corinne.souwer@ecoconsult.com)  
 i.s.m

Erbeko NV  
 Fraterstraat 216  
 B-9820 Merelbeke  
 Tel: 09/232 59 32

Contactpersoon:  
 Andries Gryffroy  
 E-mail: [andries@erbeko.com](mailto:andries@erbeko.com)

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b> . . . . .	<b>4</b>
1.1	Hoeveel kost verwarming op school gemiddeld per jaar? . . . . .	4
1.2	Hoeveel kan een school hierop besparen? . . . . .	5
<b>2</b>	<b>OVERZICHT SYSTEMEN VOOR VERWARMING</b> . . . . .	<b>8</b>
2.1	Warmteproductie . . . . .	8
2.1.1	Gasgestookte CV-ketel . . . . .	8
2.1.2	Mazoutgestookte CV-ketel met ventilatorbrander: Optimaz-label . . . . .	9
2.1.3	Lagetemperatuurketel: HR-plus label . . . . .	9
2.1.4	Condensatieketel: HR-top label . . . . .	10
2.1.5	Luchtverwarming . . . . .	10
2.1.6	Samenvatting: . . . . .	11
2.1.7	Keuze van de stookplaats: . . . . .	12
2.1.8	Dimensionering van een ketel . . . . .	13
2.1.9	Onderhoud van een ketel . . . . .	13
2.2	Warmtedistributie: hoe herken ik enkele onontbeerlijke componenten . . . . .	14
2.2.1	Collector . . . . .	15
2.2.2	Drukloze verdeler of evenwichtsfles . . . . .	15
2.2.3	Expansievat . . . . .	15
2.2.4	Ontluchter . . . . .	16
2.2.5	Pompen . . . . .	16
2.2.6	Manuele afsluitkranen . . . . .	17
2.2.7	Manuele inregelkranen . . . . .	18
2.2.8	Gemotoriseerde meng- of verdeelkranen . . . . .	18
2.2.9	Kleinere onderdelen . . . . .	18
2.2.10	Isolatie van de leidingen . . . . .	18
2.3	Warmteafgifte . . . . .	19
2.3.1	Radiatoren . . . . .	19
2.3.2	Convectoren . . . . .	19
2.3.3	Vloerverwarming . . . . .	20
2.4	Regeling . . . . .	21
2.4.1	Cascaderegeling tussen verschillende ketels . . . . .	21
2.4.2	Tijdsregeling met een klok . . . . .	21
2.4.3	Weersafhankelijke regeling van een ketel . . . . .	22
2.4.4	Weersafhankelijke regeling van een kring . . . . .	22
2.4.5	Glijdende regeling . . . . .	22
2.4.6	Regeling van een kring door een ruimtethermostaat . . . . .	22
2.4.7	Thermostatische kranen op radiatoren . . . . .	23
2.4.8	Optimizer . . . . .	23
2.4.9	Overwerkschakelaar . . . . .	23
<b>3</b>	<b>OVERZICHT SYSTEMEN VOOR SANITAIRWARMWATER (SWW)</b> . . . . .	<b>24</b>
3.1	Doorstroomtoestel . . . . .	24
3.2	Voorraadtoestel: direct op gas of via warmtewisselaar CV . . . . .	24
3.3	Regeling van de circulatieleiding SWW . . . . .	25
3.4	Zonneboiler . . . . .	26
<b>4</b>	<b>CHECKLIST</b> . . . . .	<b>27</b>
4.1	Regeling . . . . .	27
4.2	Warmteproductie . . . . .	27
4.3	Warmtedistributie . . . . .	27
4.4	Warmteafgifte . . . . .	28
4.5	Sanitairwarmwatervoorziening . . . . .	28
4.6	Wist-je-Datjes . . . . .	28
<b>5</b>	<b>TWEE CASE STUDIES OVER VERWARMING</b> . . . . .	<b>29</b>
5.1	Case studie 1: audit op een installatie > 10 jaar . . . . .	29
5.2	Case studie 2: audit op een installatie < 10 jaar . . . . .	35
<b>6</b>	<b>BEGRIPPENLIJST</b> . . . . .	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>NUTTIGE ADRESSEN EN WEBSITES</b> . . . . .	<b>40</b>

# 1 INLEIDING



In de winter verwarmen we de klassen om een aangename temperatuur te hebben. In de zomer hoeft in ons land de verwarming echter niet aan te staan. Maar ook in de winter is het gebruikspatroon niet constant en moet de verwarming niet altijd op volle toeren draaien, zoals bijvoorbeeld in de weekends en vakanties. De situatie verschilt ook sterk van klaslokaal tot klaslokaal. De verwarming in een lokaal dat aan de zonzijde ligt, kan meestal lager staan dan in een lokaal dat aan de noordkant is gesitueerd.

Met een goed uitgedokterde aanpak kunnen we in alle lokalen een aangenaam klimaat creëren en zoveel mogelijk energie besparen. Deze brochure beschrijft een aantal verwarmingssystemen met voor- en nadelen. Er staan ook tips in voor energiebesparing, wat zowel milieu-als budgetvriendelijk is.

## 1.1 HOEVEEL KOST VERWARMING GEMIDDELD OP SCHOOL PER JAAR?

Hoewel we niet kunnen voorspellen of de energieprijzen sterk zullen stijgen of niet, vertrekken we van kengetallen/energieprijzen die door verschillende studie bureaus worden gehanteerd zodat we de besparingen toch in tastbare getallen kunnen omzetten.

Aardgas	0.04 €/kWh
Stookolie	0.55 €/liter (= 0.055 €/kWh)
Elektriciteit	0.15 €/kWh

Algemeen kunnen we stellen dat het brandstofverbruik 100 tot 250 kWh/m<sup>2</sup> bedraagt.

	verbruik: kWh/m <sup>2</sup> /jaar			hoogte m	verbruik: kWh/m <sup>2</sup> /jaar		
	20%	50%	80%		20%	50%	80%
<b>kleuter- en basisonderwijs</b>	45	55	80	3	135	165	240
<b>middelbaar onderwijs</b>	35	55	90	3	105	165	270
<b>sportzalen</b>	35		80	5	175		400

Bovenstaande kengetallen lopen sterk uiteen, door verschillen in bouwjaar, gebruikstijden of reeds toegepaste maatregelen. Er is gekozen om per categorie steeds drie waarden aan te geven, namelijk de waarde die geldt voor respectievelijk de onderste 20% en de bovenste 20% van de waarnemingen. Ook is de mediaan (50%) weergegeven, omdat er sprake kan zijn van een minder goede verdeling in de waarnemingen, waardoor de mediaan niet precies in het midden tussen 20 en 80% ligt.

In euro's betekent dit:

	Aardgas: kWh/m <sup>2</sup> /jaar			Kost €/kWh	Aardgas: €/m <sup>2</sup> /jaar		
	20%	50%	80%		20%	50%	80%
<b>kleuter- en basisonderwijs</b>	135	165	240	0,04	5,4	6,6	9,6
<b>middelbaar onderwijs</b>	105	165	270	0,04	4,2	6,6	10,8
<b>sportzalen</b>	175		400	0,04	7		16

	Stookolie: kWh/m <sup>2</sup> /jaar			Kost €/kWh	Stookolie: €/m <sup>2</sup> /jaar		
	20%	50%	80%		20%	50%	80%
<b>kleuter- en basisonderwijs</b>	135	165	240	0,055	7,4	9,1	13,2
<b>middelbaar onderwijs</b>	105	165	270	0,055	5,8	9,1	14,9
<b>sportzalen</b>	175		400	0,055	9,6		22,0

De enorme verschillen tussen scholen hebben onder andere te maken met de isolatiegraad (enkel glas, niet-geïsoleerde buitenmuren en/of daken...) en met de afregeling en energiezuinigheid van installaties.

## 1.2 HOEVEEL KAN EEN SCHOOL HIEROP BESPAREN?

U kunt natuurlijk de temperatuur lager zetten, maar zo simpel is het niet. Er moet rekening gehouden worden met de oppervlakte, het aantal leerlingen, de benutting van het gebouw, de gebruiksduur, ... en welk systeem van verwarming wordt gebruikt.

Vooraleer de verschillende systemen op een rijtje worden geplaatst met de voor- en nadelen, wordt kort een overzicht gegeven van enkele besparingsmogelijkheden. Bij besparing gaat het immers niet alleen om systemen maar ook om het globale verwarmingsrendement.

Het globale verwarmingsrendement is het product van het productierendement (bv. ketelrendement), het distributierendement (stralingsverliezen van de leidingen), het afgifterendement en het regelingsrendement. Acties kunnen dus ondernomen worden om elk van deze deelrendementen te verhogen

Het productierendement op zich is de som van het ketelrendement, min de stralingsverliezen en de stilstandsverliezen.

## Besparingstips:

Maatregel	max. besparing %
<b>Verbeteren van productierendement</b>	
vervang een conventionele ketel door een HR-ketel	8
vervang een conventionele ketel door een condenserende HR-gasketel	18
optimaliseer de verhouding van brandstof en lucht van de brander	4
zorg voor een periodiek onderhoud	4
voer minstens 1 keer per jaar een rendementsmeting per ketel uit	2
plaats een zonneboiler, besparing op energie voor productie SWW	50
installeer decentrale productie voor turnzalen/werkplaatsen	20
<b>Verbeteren van distributierendement</b>	
isoleer de verwarmingsleidingen	6
isoleer appendages	3
<b>Verbeteren van afgifterendement</b>	
plaats een reflecterende folie achter de radiatoren	10
plaats thermostatische radiatorcransen	10
fixeer de stand van de thermostatische radiatorcransen	2
regel de radiatoren waterzijdig in	6
<b>Verbeteren van regelingsrendement</b>	
pas een weersafhankelijke regeling toe op de kringen	8
regel de ketelwatertemperatuur weersafhankelijk	4
stel de weersafhankelijke regeling goed in en controleer regelmatig de instelling	4
gebruik een cascadeschakeling	2
zet de reserveketel "koud" en installeer een smoorklep	3
breng een globale optimalisatieregeling aan op de verschillende kringen	15
controleer regelmatig de optimale instellingen van regelaars en schakelklokken	4
pas de tijdsinstellingen regelmatig aan (bv. winter/zomer/vakantie)	6
stel nacht/weekend-verlaging in	6
plaats en gebruik overwerkschakelaars	6
verlaag de ruimtetemperatuur	7
voorkom verwarmen van onbenutte ruimtes	2

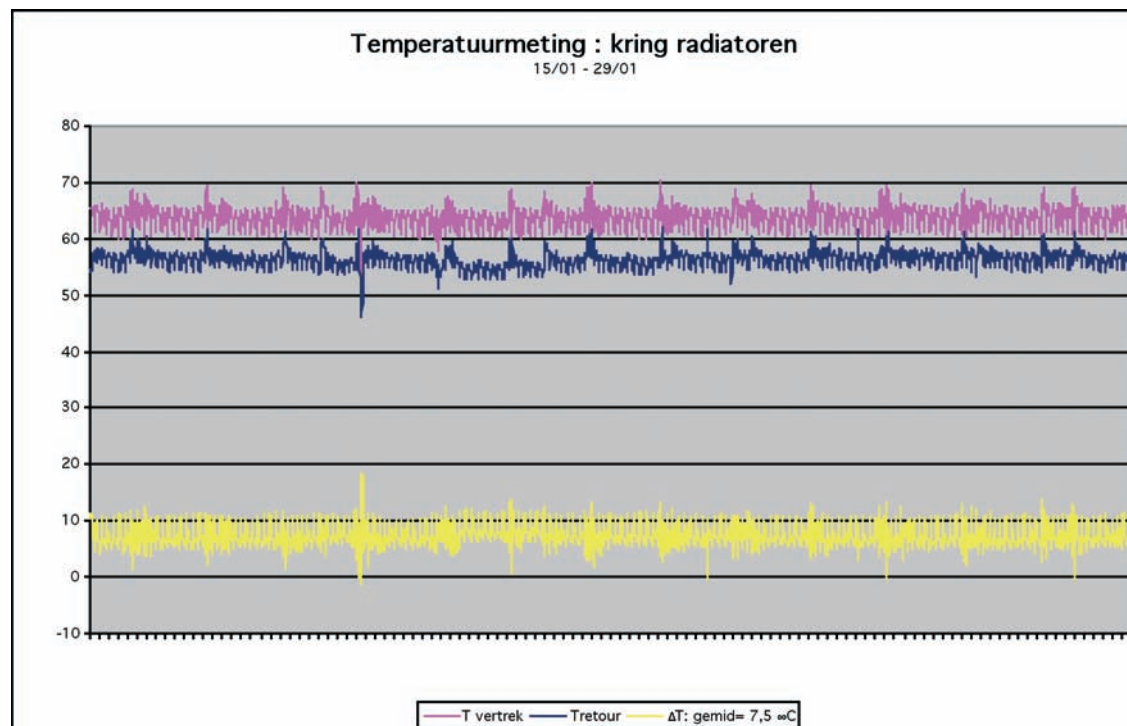
Bovengenoemde besparingstips zijn gebaseerd op de dagdagelijkse realiteit binnen scholen. Al te vaak wordt onzorgvuldig omgesprongen met temperaturen, klokken, inregelingen,...

De grafiek hieronder toont hoe de temperatuur in een klas niet geregeld werd in functie van dag/nacht/weekend. Het volstaat meestal om de klok te programmeren zodat de verwarming opstart 1 uur voor de school begint. De nachtmodus kan dan aanslaan 1 uur voor de school eindigt.

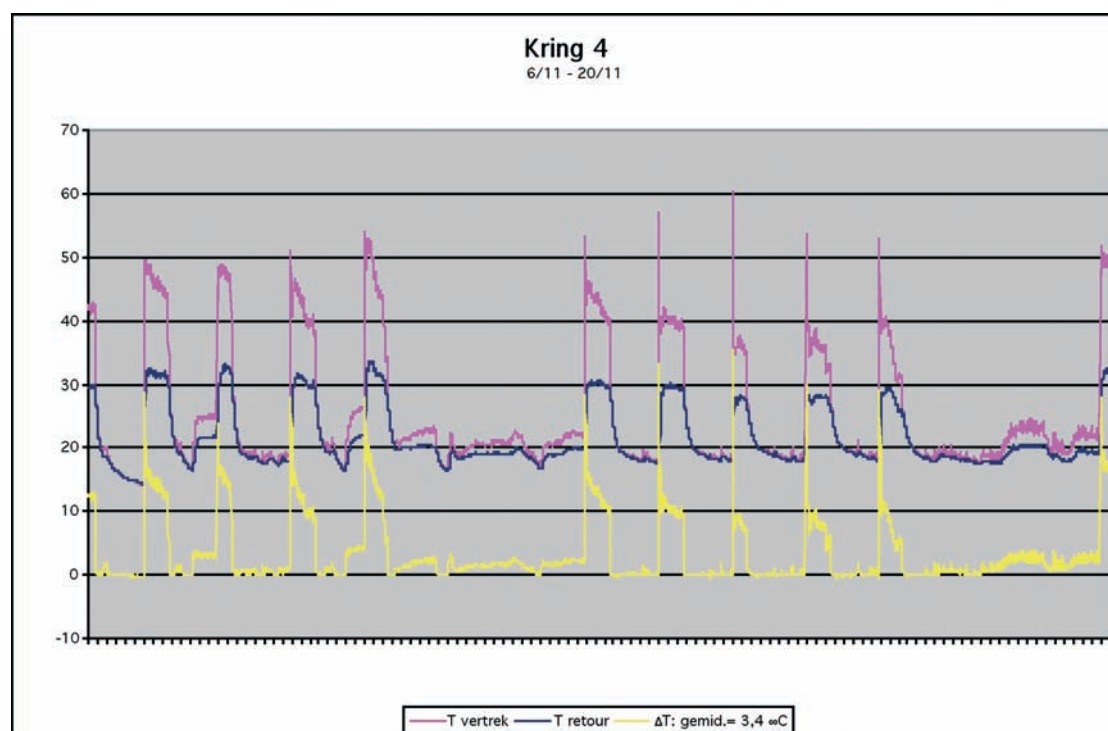


Hieronder vindt men 2 grafieken:

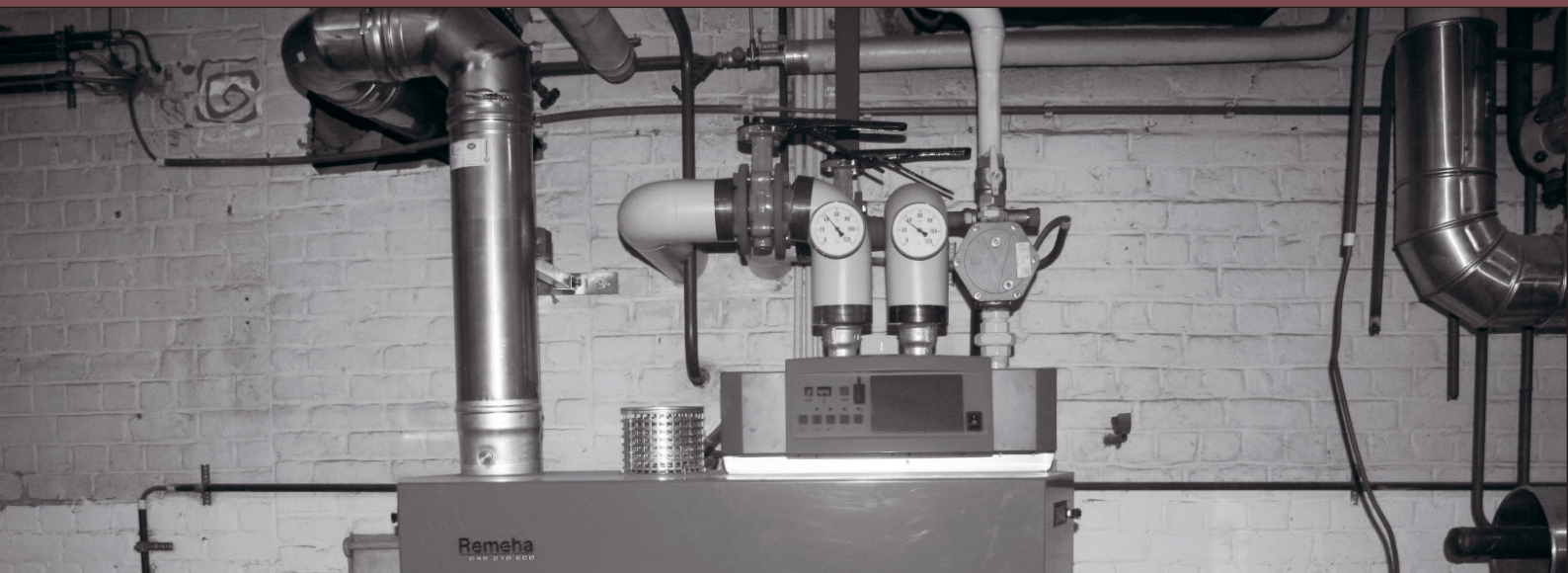
In onderstaande grafiek ziet u hoe het niet moet. De kringtemperaturen blijven dag/nacht op dezelfde temperatuur staan. Er is dus geen kloksturing en geen weersafhankelijke regeling.



Zo moet het wel: De volgende grafiek toont een kring met radiatoren die tijdens de niet- schooluren op nachtregrime draait.



## 2 OVERZICHT SYSTEMEN VOOR VERWARMING



In dit hoofdstuk sommen we per systeem de typische eigenschappen met voor- en nadelen op. Zo kunt u zelf uitmaken welke installatie voor uw school de beste resultaten kan leveren.

### 2.1 WARMTEPRODUCTIE

Een goed onderhouden, zelfs verouderde, ketel zal een rendement halen tussen de 85 en 90%. Indien men overschakelt naar een hoogrendementsketel met modulerende brander, stijgt het ketelrendement naar 95%. Een condenserende hoogrendementsketel met modulerende brander heeft zelfs een ketelrendement van meer dan 100% op zijn bovenste verbrandingswaarde.

#### 2.1.1 Gasgestookte CV-ketel

Aardgastoestellen zijn minder onderhevig aan verontreiniging. Een jaarlijkse visuele controle, een controle van het ketelrendement en een onderhoud om de drie jaar volstaan om jarenlang te kunnen genieten van uw ketel. Let wel, vanaf 2008 is ook hier een tweejaarlijkse controle verplicht.

Aangezien er zich geen roetaanslag vormt in de schoorsteen, is ook geen jaarlijkse reiniging van de schoorsteen nodig zoals voor de vloeibare en vaste brandstoffen.

Een goede verluchting boven- en onderaan van het stooklokaal is echter een noodzaak.

Er zijn 2 types van gasgestookte CV-ketels: met een ventilatorbrander of met een atmosferische brander.



### 2.1.2 Mazoutgestookte CV-ketel met ventilatorbrander: Optimaz-label

De moderne CV-ketels op mazout zijn de laatste jaren flink verbeterd en hebben een grote vooruitgang geboekt op het vlak van ketelrendement en op het vlak van stralingsverliezen.

Ook de brandstoffen zijn zuiverder geworden dan voorheen.

De moderne mazoutbrander is veel minder onderhevig aan verontreiniging en bovendien energiezuiniger dankzij een betere verbranding.



### 2.1.3 Lagetemperatuurketel: HR-plus label

Het grote nadeel bij een conventionele ketel (temperatuur water 60 à 70°C) is de condensatie van de rookgassen die schade veroorzaakt aan de ketelwand. Een lagetemperatuurketel op stookolie of gas is een warmtegenerator die zodanig uitgerust is dat de temperatuur van het verwarmingswater mag schommelen tussen 10°C en 75°C. Daardoor kan de verwarmingsinstallatie het grootste deel van de stookperiode op een regime van 45 - 55°C werken. Dit verlaagt de verliezen naar de omgeving en uw verbruik. Wanneer het buiten zeer koud is, kan de stookketel uiteraard op hogere temperaturen werken. Door de instelling van een weersafhankelijke regelaar kunt u de toenemende warmteverliezen van het gebouw dekken.

Om effectief te genieten van de voordelen van de lagetemperatuurketel moet ook de installatie hierop voorzien zijn. Dit kan op drie manieren:

- overgedimensioneerde radiatoren (meestal het geval);
- instelling keteltemperatuur (zo laag mogelijk of automatisch via buitenvoeler);
- precies regelsysteem (kamerthermostaat met kleine temperatuurdifferentiaal < 1°C).

### 2.1.4 Condensatieketel: HR-top label

Bij de verbranding van brandstof ontstaat er waterdamp. Voor het vormen van deze waterdamp wordt er warmte onttrokken aan de brandstof. Deze warmte gaat verloren door de schoorsteen. Een deel van deze warmte kan teruggewonnen worden door de verbrandingsgassen te condenseren via een bijkomende warmtewisselaar. Deze is meestal ingebouwd in de ketel. Zo wordt de anders verloren verdampingswarmte toch nog benut en zijn rendementen tot 100% mogelijk. Voor stookolie kan dit enkel als er gewerkt wordt met zwavelarme stookolie.

Ook hier zijn overgedimensioneerde radiatoren en een precieze regeling nodig om effectiviteit te garanderen. Als er echter geen verbruikerskring is met een lage retourtemperatuur, kan de condensatiewarmte niet benut worden en is een condensatieketel niet zinvol.

De nodige voorzieningen moeten aanwezig zijn om het condensatiewater te kunnen afvoeren.



### 2.1.5 Luchtverwarming

De luchtverwarming was vooral populair tijdens de jaren '60. Uit spaarzaamheid werd de verwarming uitgeschakeld tijdens de uren van afwezigheid. Om snel terug op te warmen was de luchtverwarming de ideale methode.

Tegenwoordig wordt luchtverwarming nog vaak gebruikt voor hoge ruimtes, of ruimtes die snel verwarmd moeten worden, zoals sportzalen, refters, feestzaal,...

Het verwarmen met lucht heeft als nadeel dat de temperatuur van de geblazen lucht veel hoger is dan de omgevingstemperatuur. Dit geeft een onaangenaam tochtgevoel, er ontstaat namelijk een sterke convectiebeweging door het groot temperatuurverschil. Bovendien zal het bovenaan in de zaal gemiddeld 1°C/m (hoogte) warmer zijn dan beneden. Om een betere homogene verdeling te krijgen, kan men plafondventilatoren plaatsen, die de warme lucht terug naar beneden duwen.

Er zijn grosso modo 2 types van luchtverwarming:

- **luchtverwarming van het rechtstreekse systeem via een warmeluchtgenerator:**

de generator is rechtstreeks aangesloten op gas en de lucht wordt opgewarmd via een gas/lucht warmtewisselaar. De lucht wordt via een ventilator in de ruimte gestuwd. Nadeel van dit systeem is dat men gas tot in de ruimte moet brengen wat een veiligheidsrisico inhoudt. Maar het rendement is hoog en bedraagt zo'n 95%. Er zijn evenmin productie- en distributierendementsverliezen.

- **luchtverwarming van het onrechtstreekse systeem:** via een CV-ketel en een distributiesysteem wordt een generator (luchtverhitter, pulsiegroep,...) gevoed met CV-water. Lucht wordt opgewarmd via een lucht/water warmtewisselaar. De lucht wordt via een ventilator in de ruimte gestuwd. Het nuttig rendement is hier slechts 70%, omwille van productie- en distributierendementsverliezen. Bovendien moet men constant het distributienet op temperatuur houden, omdat anders bij warmtevraag de warmte aan de generator niet beschikbaar is. Indien de gebruiksduur van deze luchtverwarming beperkt is ten opzichte van de duur dat de leidingen warm gehouden worden, dan zal het nuttig rendement nog dalen. Soms vergeet men zelfs de circulatieleiding naar de luchtverhitters uit te schakelen en blijven ze warmte rondsturen, zelfs als de luchtverhitters echt niet gebruikt worden. Nochtans kan de circulatiepomp éénvoudig gestuurd worden via bv. een kloksturing, eventueel zelfs gecombineerd met een weersafhankelijke regelaar.



### 2.1.6 Samenvatting:

Type ketel	Voordelen	Nadelen
Gasgestookte CV-ketel	Weinig onderhoud Rendement: 85 tot 90%	Beschikbaarheid om aan te sluiten op gas
Mazoutgestookte CV-ketel	Brandstof beschikbaar Rendement: 85 tot 90%	Jaarlijks onderhoud van ketel en schoorsteen verplicht
Lagetemperatuurketel	Beter productierendement Rendement: 95%	Overgedimensioneerde radiatoren noodzakelijk
Condensatieketel	Recuperatie van warmte uit de rookgassen Rendement: 100%	Nood aan kring die op zeer lage temperatuur werkt
Luchtverwarming gas	Hoge ruimtes Snelle opwarming Rendement: tot 95%	Werkt op hogere luchttemperatuur Lawaai en Tochtgevoel: grote convectie
Luchtverwarming CV	Hoge ruimtes Snelle opwarming Rendement: tot 70%	Werkt op hogere watertemperatuur Lawaai en Tochtgevoel: grote convectie

### 2.1.7 Keuze van de stookplaats

Een oude stookplaats van een school van 5.000 m<sup>2</sup> (te verwarmen ruimtes) moet gerenoveerd worden.

Het rendement van de bestaande ketel bedraagt 85%, de stralingsverliezen 1%, de stilstandsverliezen 0,8%. Het totale productierendement is 83,2%. Op zich is de ketelblok nog in goede staat, maar er zijn wel problemen met de gasbrander. De jaarlijkse energiekosten voor de aankoop van aardgas bedragen € 45.000.

#### Wat zijn de mogelijkheden?

1. Men behoudt het ketelblok en men vervangt de brander door een nieuwe modulerende brander. Het rendement van de ketel stijgt naar 90%, de stralingsverliezen en de stilstandsverliezen blijven. Het totale productierendement wordt 88,2%. Investering: 7.000 €, de besparing (=5%) is 2.250 €/jaar. De éénvoudige terugverdientijd bedraagt 3,1 jaar.

2. Men vervangt de ketel door een lagetemperatuurketel met premixbrander (HR-plus label). Het rendement van de ketel stijgt naar 95%, de stralingsverliezen en de stilstandsverliezen worden respectievelijk 0,5 en 0,2%. Het totale productierendement wordt 94,3%. Investering: 28.000 €, de besparing (=11,1%) is 4.995 €/jaar. De éénvoudige terugverdientijd bedraagt 5,6 jaar.

3. Men vervangt de ketel door een condensatieketel met premie (HR-top label). Het rendement van de ketel stijgt naar 100%, de stralingsverliezen en de stilstandsverliezen worden respectievelijk 0,5 en 0,2%. Het totale productierendement wordt 99,3%. Investering: 32.000 €, de besparing (=16,1%) is 7.245 €/jaar. De éénvoudige terugverdientijd bedraagt 4,4 jaar. Absolute voorwaarde is wel dat de installatie en de radiatoren de juiste dimensie moeten hebben, anders gaan de voordelen van een dergelijke ketel verloren. Dit betekent dat een dergelijke toepassing meestal slechts mogelijk is bij een complete renovatie, of bij bv. nieuwbouw.

	rendement/verliezen			totaal	energiekosten	investering	TVT jaar
	brander	straling	stilstand				
huidige stookplaats	85%	1%	0,80%	83,20%	45.000,00 €	0,00 €	
enkel nieuwe brander	90%	1%	0,80%	88,20%	42.750,00 €	7.000,00 €	3,1
HR-ketel	95%	0,50%	0,20%	94,30%	40.005,00 €	28.000,00 €	5,6
HR-topketel	100%	0,50%	0,20%	99,30%	37.755,00 €	32.000,00 €	4,4

In economische termen is het vervangen van de ketel niet noodzakelijk de meest rendabele investering als de ketel nog in goede staat is. Soms is de plaatsing van een goede brander voldoende. Als ook het ketelblok versleten is, kan een HR-topketel (condensatieketel) wel interessant zijn. De meerprijs verdient men terug op 2 jaar, op voorwaarde dat de condensatie effectief gebeurt via een koude kring.

### 2.1.8 Dimensionering van een ketel

Het gemiddelde specifiek ketelvermogen voor conventionele scholen bedraagt zo'n 60 W/m<sup>3</sup> en voor energiezuinige scholen zo'n 30 W/m<sup>3</sup>. Een energiezuinige nieuwbouw binnen uw school, is niet enkel gunstig voor het energiegebruik maar verlaagt ook de investering van de stookplaats.

Het gemiddelde aantal draaiuren van een ketel ligt voor scholen tussen 1.100 en 1.600 uur per jaar. Indien de draaiuren lager liggen dan de 1.100, is uw installatie wellicht overgedimensioneerd. De gebouwen zijn snel opgewarmd maar het is energiezuiniger om trager en langer op te warmen. Als de draaiuren de 1.600 overschrijden, moeten de klokfuncties dringend nagekeken worden.

Overgedimensioneerde ketels hebben een te groot volume en hogere stralingsverliezen dan compactere ketels. Via een groter oppervlakte wordt immers meer warmte afgestraald. Bovendien zal de ketel per uur meermaals kortstondig opstarten. Iedere opstart vraagt een zekere voorspoeltijd voordat men effectief een vlam heeft (bij mazout: +/- 1 minuut, bij aardgas tot 3 minuten). Gedurende deze tijd wordt de warmte-inhoud van de ketel "doorgespoeld" door de schouw. Dit zijn stilstandsverliezen. De stilstandsverliezen bij een atmosferische ketel bedragen meestal 2%, bij een ketel met ventilatorbrander is dat 1%.

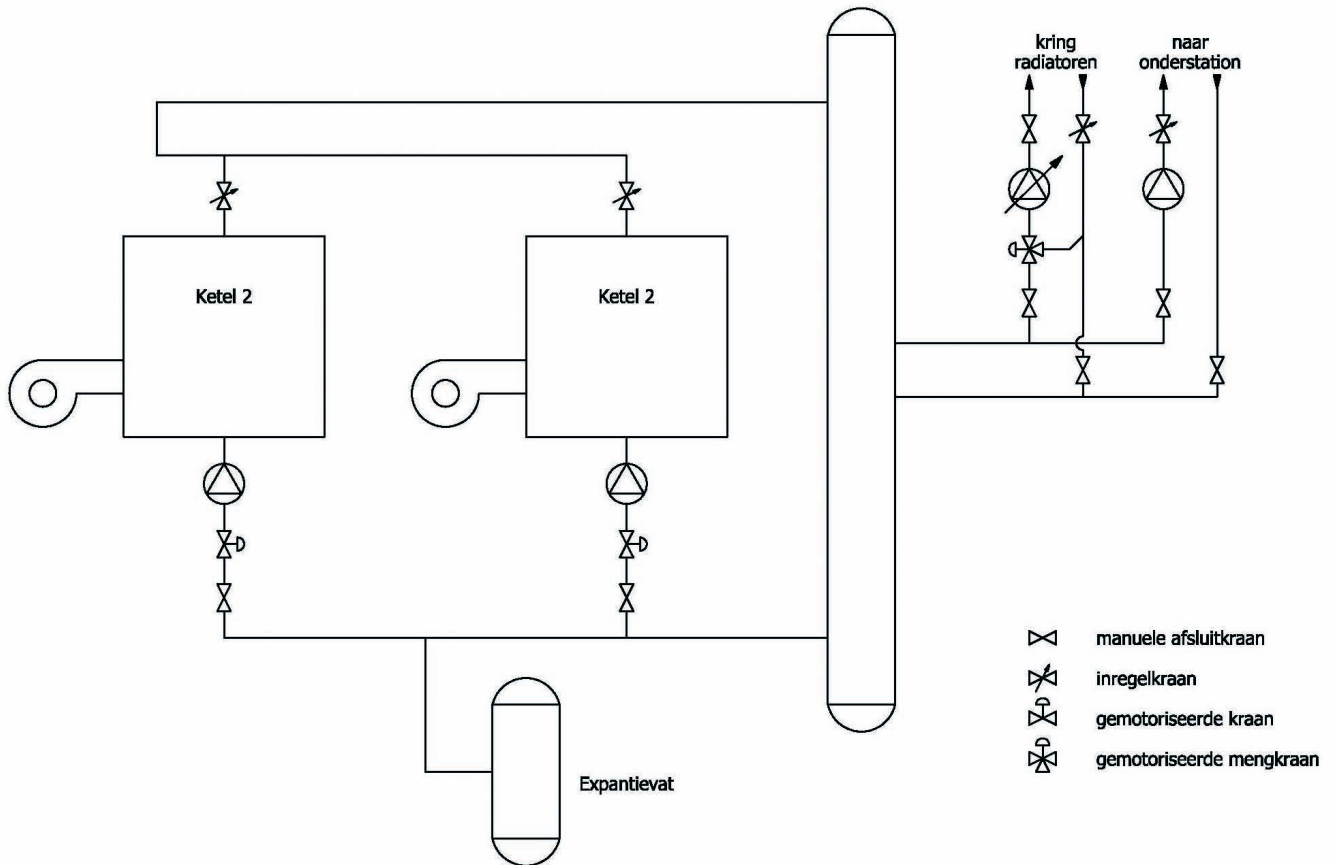
### 2.1.9 Onderhoud van een ketel

Een mazoutketel moet jaarlijks minimaal 1 keer onderhouden worden. Vanaf 2008 moet een gasketel tweemaal per jaar onderhouden worden. Het is aan te raden deze werkzaamheden te laten gebeuren door gekwalificeerde brandertechnici. Van een ketel die goed onderhouden is, kan het productierendement stijgen met maximaal 6%. Het verwijderen van ketelsteen en roet zorgt ervoor dat de uitwisselingsvlakken proper zijn.

Naast het noodzakelijke onderhoud van ketel en schoorsteen wordt ook de branderinstelling nagekeken en eventueel bijgesteld. Bij een branderinstelling is het noodzakelijk de overmaat aan lucht te controleren. Als deze te laag is, krijgt men een slechte verbranding en een verminderd productierendement. Bij een te hoge branderinstelling is de verbranding wel veel beter maar wordt er te veel lucht nodeloos opgewarmd. Daardoor daalt het productierendement. Een goede afstelling 1 tot 2 keer per jaar kan een bijkomende besparing opleveren van 4%.

## 2.2 WARMEDISTRIBUTIE: HOE HERKENT U ENKELE ONONTBEERLIJKE COMPONENTEN?

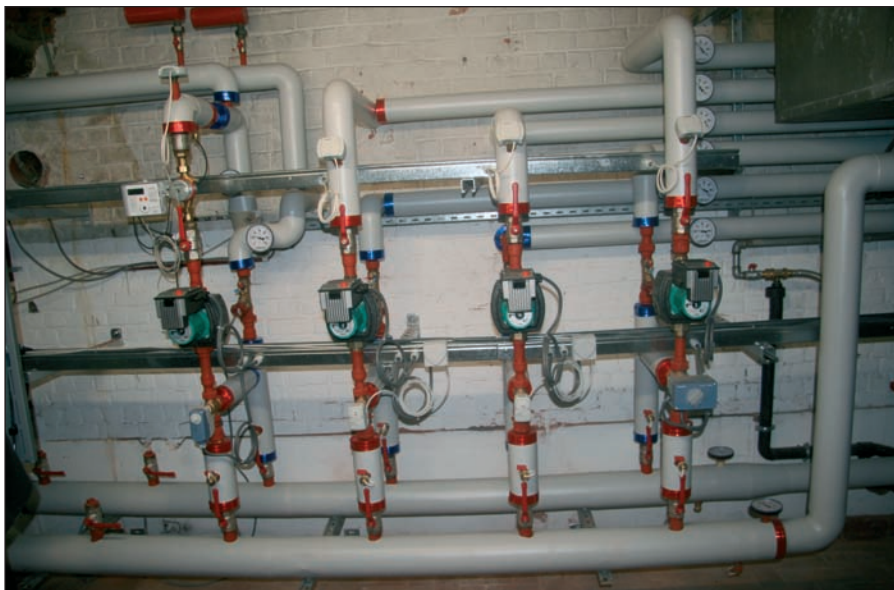
De geproduceerde warmte moet verdeeld worden naar de verschillende verbruikers. Daarom nemen we nu de warmtedistributie onder de loep.





### 2.2.1 Collector

Een school wordt onderverdeeld in verschillende zones per gebouw, per verdiep, per windrichting of via een combinatie van deze. Iedere zone wordt gevoed via 1 kring. Alle kringen komen samen op de collector. Het is uitermate belangrijk om de kringen, pompen en leidingen te dimensioneren volgens de warmtebehoefte. Iedere kring bestaat uit een aantal manuele afsluiters. Dit is noodzakelijk om een kring of een pomp te kunnen "isoleren" bij het onderhoud bijvoorbeeld. De ketels voeden de collector idealiter via een drukloze verdeler.



### 2.2.2 Drukloze verdeler of evenwichtsfles

Het debiet over de verschillende kringen kan variëren volgens de vraag. Het waterdebiet over de ketel kan verschillend zijn van het debiet over de collector waar de verschillende kringen vertrekken. De meest eenvoudige methode om dit hydraulisch probleem op te lossen is het plaatsen van een "drukloze verdeler" tussen de ketels en de collector. In deze verdeler wordt het verschil in debiet "geneutraliseerd". Deze verdeler vermijdt heel wat hydraulische problemen maar is wel een technische ingreep die niet direct voor een energiebesparing zorgt.

### 2.2.3 Expansievat

Verwarmd water zet uit en zorgt dus voor een druktoename. Om dit op te vangen en lekken in de installatie te vermijden, wordt een gesloten vat geplaatst aan de ketel. Zo'n vat is gedeeltelijk gevuld met lucht en gescheiden van het watergedeelte door een membraan. Gezien lucht beter samendrukbaar is dan water worden de drukschommelingen binnen bepaalde grenzen gehouden. De druk kan afgelezen worden op de manometer (max. 3.5 bar) en een veiligheidsventiel zal bij overdruk het water wegsprengen in de riolering.





### 2.2.4 Ontluchter

Lucht in de installatie verhindert een goede watercirculatie en veroorzaakt een verminderde warmteoverdracht. Een ontluchter laat de lucht uit de installatie. Dit kan automatisch door middel van een vlottersysteem dat zich opent als er in het toestel of leidingen te veel lucht zit.

### 2.2.5 Pompen

Een correct debiet en een correcte opvoerhoogte vereisen een gepaste pomp om het warm water te laten circuleren. Pompen die niet goed gedimensioneerd zijn, zijn de oorzaak van slechte circulatie. Hierdoor kunnen bepaalde radiatoren niet opwarmen of zullen de pompen net een te hoog elektrisch gebruik hebben. Bij gebruik van thermostatische kranen of andere lokale regelementen, mag het waterdebiet variëren in functie van de warmtebehoefte. Gebruik in deze situatie dan ook frequentiegestuurde pompen. In functie van de tegendruk vermindert het geleverde debiet en wordt het elektrisch gebruik dus lager.

Een voorbeeld uit de praktijk illustreert hoe u energie kan besparen door middel van een correcte pompsluiting.

Een kring voedt een zone van 1.000 m<sup>2</sup> met warm water. Het elektrische gebruik van een overgedimensioneerde pomp loopt gemakkelijk op tot 400 Watt. Een correct gedimensioneerde pomp zal slechts 250 Watt elektrisch vermogen opnemen (kengetal: 0,25 W/m<sup>2</sup>).

Besparing op jaarbasis:  $0,15 \text{ kW} \times 4.000 \text{ uur} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 90 \text{ €}$

Investering: 500 €

Eénvoudige terugverdientijd = 5,55 jaar

Bijkomend stelt men vaak vast dat de pompen het gehele jaar blijven doordraaien (8.000 draaiuren i.p.v. 4.000). Een pompsturing kan dit oplossen. Maar laat de pomp wel 1 keer per week draaien zodat deze niet komt vast te zitten.

Besparing op jaarbasis:  $0,25 \text{ kW} \times 4.000 \text{ uur} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 150 \text{ €}$

Investering: 600 €

Eénvoudige terugverdientijd = 4 jaar

Een frequentiegestuurde pomp kan nog extra besparingen realiseren en dan vooral bij kringen met radiatoren uitgerust met thermostatische kranen. Zo kan men tijdens de normale draaiuren tot 75% van de benodigde energie besparen.

Besparing op jaarbasis:  $75\% \times 0,25 \text{ kW} \times 4.000 \text{ uur} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 112,5 \text{ €}$

Investering: 600 €

Eénvoudige terugverdientijd = 5,33 jaar

Conclusie:

Een overgedimensioneerde niet-frequentiegestuurde pomp, zonder kloksturing gebruikt:

$0,4 \text{ kW} \times 8.000 \text{ uur} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 480 \text{ €/jaar}$

Een frequentiegestuurde pomp met pompsturing gebruikt:

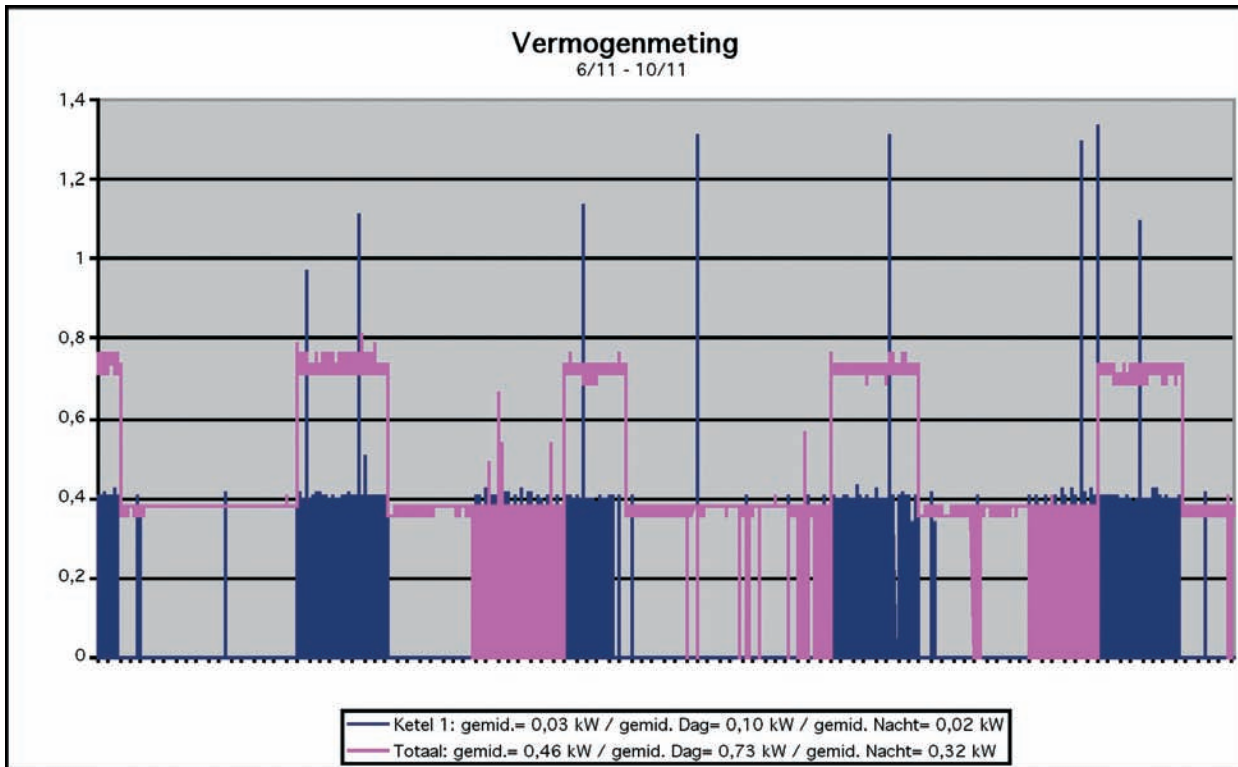
$25\% \times 0,25 \text{ kW} \times 4.000 \text{ uur} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 37,5 \text{ €/jaar}$

Investering: 600 € + 600 € = 1.200 €

Besparing: 480 €/jaar – 37,5 €/jaar = 442,5 €/jaar

De éénvoudige terugverdientijd is minder dan 3 jaar, indien men de meest slechte situatie vergelijkt met de meest optimale.

Onderstaande grafiek is een voorbeeld van een pompsturing via een klok die niet werkt. De parse grafiek geeft het totale gebruik weer (pomp + ketel). 's Nachts ligt de ketel stil (start slechts zelden) maar blijven de pompen verder werken. Overdag draaien de ketel en de pompen.



### 2.2.6 Manuele afsluitkranen

Om het water van de installatie niet volledig te moeten afdrukken bij een defect, worden op regelmatige plaatsen afsluitkranen geplaatst. Een kost die zeker de moeite loont in vergelijking met de loonkost van de tijd die nodig is om de volledige installatie weer luchtvrij te krijgen.



### 2.2.7 Manuele inregelkranen

Om het nodige waterdebiet in overeenstemming te brengen met het berekende (in functie van de maximale warmtebehoefte) kan men per kring/ketel best manuele inregelkranen plaatsen. Zorg ervoor dat die altijd goed ingeregeld zijn. Het is namelijk belangrijk om na de installatie een goede hydraulische inregeling van de kringen te laten uitvoeren. Zonder een goede hydraulische regeling faalt zelfs het meest geperfectioneerde regelsysteem voor warmtedistributie. Vraag dus steeds een attest van de hydraulische inregeling.

### 2.2.8 Gemotoriseerde meng- of verdeelkranen

**Mengkranen:** Warm water van de ketel is soms te warm om rechtstreeks naar de kring radiatoren te brengen en wordt daarom gemengd met het koude water dat terugkeert van de kring radiatoren. Na de gemotoriseerde mengkraan wordt een pomp geplaatst. Deze wordt op zijn beurt weer gestuurd door bv. een buitenvoeler (weersafhankelijke regeling).

**Verdeelkranen:** In functie van de warmtebehoefte in een bepaalde kring laat de gemotoriseerde verdeelkraan meer of minder warm water door. Het overtollige warm water keert terug naar de collector.

### 2.2.9 Kleinere onderdelen

Naast bovenvermelde componenten bevat iedere kring nog de nodige analoge thermometers, aflatkranen, voelers,...

### 2.2.10 Isolatie van de leidingen

Zorg voor een goede isolatie van de leidingen, en controleer regelmatig de status van deze isolatie (vooral mechanische schade).

Hieronder vindt u een tabel die het verschil weergeeft in kWh en euro's tussen geïsoleerde en niet-geïsoleerde leidingen en dit voor een stookseizoen van 2.200 uur.

diameter leiding	temp °C	energiebesparing (kwh/jaar/m) door isolatie per m	aardgas €/jaar/m	stookolie €/jaar/m
1/2"	70	55	2,2	3,0
3/4"	70	75	3,0	4,1
1"	70	130	5,2	7,2
5/4"	70	155	6,2	8,5
6/4"	70	200	8,0	11,0
2"	70	255	10,2	14,0
2 1/2"	70	270	10,8	14,9
3"	70	365	14,6	20,1
4"	70	420	16,8	23,1

## 2.3 WARMTEAFGIFTE

De warmteafgifte kan op drie manieren gebeuren:

1. **geleiding:** bij geleiding heeft het warmtetransport steeds een medium nodig, bijvoorbeeld een metaal. Als men een metalen staaf op het uiteinde verwarmt, beginnen de moleculen in de staaf te trillen. Door de botsing van de moleculen warmt de staaf geleidelijk helemaal op. Niet alle stoffen zijn even goede warmtegeleiders. Glas bijvoorbeeld is een slechte geleider;
2. **convectie:** bij convectie is lucht het medium want als lucht opgewarmd wordt, ontstaat automatisch een stroom van warme lucht. Bij convectie wordt koudere lucht "aangezogen" en warme lucht "uitgeblazen". Men onderscheidt natuurlijke convectie (bv. bij een convector) en geforceerde (via een ventilator: bv. een luchtverhitter);
3. **straling:** in tegenstelling tot geleiding en convectie vraagt straling geen medium want straling zendt warmte uit onder de vorm van elektromagnetische golven. Het verschil in straling tussen 2 lichamen resulteert in een warmtetransport. Karakteristiek hierbij is dat warmte gelijktijdig in alle richtingen getransporteerd wordt.

### 2.3.1 Radiatoren

De centrale verwarming verwarmt de radiatoren met warm water die op hun beurt de lucht in de lokalen verwarmen.

Radiatoren zijn van gietijzer, van aluminium of van staalplaat. De radiator verwarmt het lokaal gemiddeld voor 70% door convectie en 30% door straling. Het warme oppervlak van de radiator geeft dus een groot deel van de warmte af aan het koude oppervlak van de muur. Als men een reflecterende isolatiefolie plaatst achter de radiatoren, stijgt het rendement van de radiator met 5 tot 10% (vooral bij slecht geïsoleerde buitenmuren).

Zet geen objecten en/of gordijnen voor de radiatoren. Plaats ze ook niet in een vloerput en plaats ze bij voorkeur niet voor een raam dat doorloopt tot aan de vloer. Zo verhindert u dat 10% van de warmte van de radiator rechtstreeks door het raam verdwijnt.

De radiator heeft een grotere waterinhoud dan de convector en dus een grotere inertie. Dit betekent dat er meer tijd nodig is om het systeem op de juiste temperatuur te brengen en dat het systeem minder snel afkoelt.

Radiatoren zijn geschikt voor laagtemperatuurverwarming (combinatie met condensatieketels is dus mogelijk) en dit omdat het oppervlak dat warmte uitwisselt groot is en ze een stralingsvermogen hebben. Daarom geven radiatoren een groter comfortgevoel dan convectoren.

### 2.3.2 Convectoren

In tegenstelling tot radiatoren die een gedeelte van hun warmte afgeven door straling, verwarmt de convector de omringende lucht praktisch alleen door convectie. De lucht moet dus meer opgewarmd worden dan bij radiatoren om het behaaglijk warm te hebben.

De koude lucht mag enkel via de onderkant door de convector naar boven stromen, want bij een convector moet de te verwarmen lucht gestuurd worden. Zorg er dus voor dat de luchtcirculatie niet verhinderd wordt.

Convectoren trekken stof aan en moeten regelmatig gereinigd worden.

De convector wordt vaak geplaatst in een convectorput of in een omkasting en bestaat uit 1 of meerdere koperen buizen met aluminium vinnen.

Een convector heeft een kleine waterinhoud en dus een beperkte thermische inertie. Het oppervlak dat warmte afgeeft is namelijk te gering. Convectoren zijn ideaal voor de verwarming van lokalen die slechts bij gelegenheid gebruikt worden (snelle opwarming).

De convector leent zich minder voor verwarmingssystemen op lage temperatuur. Daarom is het af te raden om convectoren samen met radiatoren op dezelfde kring van de verwarmingsinstallatie te gebruiken, als die slechts met 1 regeling is uitgerust! Bovendien heeft de combinatie van convectoren en condensatieketels weinig zin. Door het niet kunnen condenseren in de ketel door hogetemperatuurtoepassing zal de condensatieketel hetzelfde rendement hebben als een lagetemperatuurketel.

### 2.3.3 Vloerverwarming

Vloerverwarming werkt niet via convectie of geleiding maar doordat straling haar warmte afstaat aan omringende materialen en vaste lichamen. Deze warmen op hun beurt door convectie de lucht in het lokaal op. De dekvloer zelf wordt opgewarmd door geleiding. Het is een inert systeem.

Vloerverwarming is vooral aangewezen bij nieuwbouw en wordt nogal vaak toegepast in kleuterscholen en kinderdagverblijven. Grote troef is haar onopvallendheid en het vrijkomen van heel veel ruimte. Er kan bovendien een belangrijke energiebesparing gerealiseerd worden omdat dankzij het groot verwarmingsoppervlak een zeer lage watertemperatuur mogelijk is. Door de combinatiemogelijkheid met een condensatieketel heeft men een constante en comfortabele warmte. Door het principe van verwarming door straling, vermindert trouwens de luchtcirculatie wat de stofafzetting verkleint. Een regeling, lokaal per lokaal, is mogelijk en noodzakelijk. Afhankelijk van de ruimte en de locatie van het lokaal (noord- of zuidkant) kan men de temperatuur regelen. Het nadeel is echter de grote inertie waardoor een lokaal traag opwarmt en een goede regeling feitelijk moeilijk is.

Type	Voordelen	Nadelen
radiatoren	Kan op lage temperatuur werken Combinatie mogelijk met condensatieketel	Nemen plaats in Hebben hun tijd nodig om warmte af te geven
convectoren	Snelle en lokale opwarming	Geen combinatie mogelijk met condensatieketel Werkt op hogere temperatuur: dus minder comfortabel
vloerverwarming	Zeer lage temperatuur toepassing, combinatie mogelijk met condensatieketel Groot comfort Neemt fysisch geen plaats in	Inert (traagheid), waardoor een goede regeling moeilijk is Bouwtechnisch niet steeds mogelijk

## 2.4 REGELING

Een goede regeling is zeer belangrijk voor een optimale werking van het totale verwarmingssysteem.

Wat kunnen we regelen ?

- Regeling van ketelwatertemperatuur met een buitenvoeler (= weersafhankelijke regeling)
  - 1) cascaderegeling tussen verschillende ketels
  - 2) tijdsregeling met een klok
  - 3) weersafhankelijke regeling via een buitenvoeler en een in te stellen stooklijn
  - 4) glijdende regeling
- Regeling van kringen radiatoren/convectoren/vloerverwarming
  - 1) regeling in functie van ruimtetemperatuur
  - 2) tijdsregeling met een klok
  - 3) weersafhankelijke regeling via een buitenvoeler en een in te stellen stooklijn
  - 4) overwerkschakelaar

### 2.4.1 Cascaderegeling tussen verschillende ketels

Het totaal benodigd vermogen kan opgesplitst worden in 2 of meer ketels. Bij lagere warmtebehoefte (bv. in het tussenseizoen) moeten niet alle ketels warm gehouden worden of gelijktijdig op deellast werken. Het productierendement zal beter zijn als slechts 1 ketel op vollast werkt dan wanneer 2 ketels op deellast functioneren. Er wordt een meting uitgevoerd op de "retour" collector.

Als een ingestelde temperatuur niet gehaald wordt, start een ketel op. Als na zekere tijd nog altijd een bepaalde temperatuur niet bereikt wordt, schakelt een tweede ketel in. Als een temperatuur bereikt is, schakelen de ketels vertraagd na elkaar uit. Zorg ervoor dat een cascaderegeling "ruimte" krijgt om te schakelen door voldoende traagheid in te bouwen. Anders kan het gebeuren dat een tweede ketel in de cascade voortdurend start/stopt (grotere stilstandsverliezen).

### 2.4.2 Tijdsregeling met een klok

Een school is een beperkt aantal uren open. Het instellen en programmeren van een nachtverlaging is dus interessant. Op het aangegeven uur registreert de regeling een wijziging van de insteltemperatuur en tracht ze deze temperatuur zo snel mogelijk te bereiken. Controleer regelmatig deze klok naar winter/zomeruur, naar bijkomende educatieve verlofdagen, verlof, ... Deze tijdsregeling met klok kan zowel toegepast worden op de ketels in zijn geheel als op de kringen afzonderlijk.

### 2.4.3 Weersafhankelijke regeling van een ketel

Hierbij regelt men de ketelwatertemperatuur afhankelijk van de buitentemperatuur.

#### Werking

- Met een watertemperatuurvoeler wordt de temperatuur van het ketelwater continu gemeten.
- De buitentemperatuur wordt gemeten met een buitentemperatuurvoeler. Deze wordt tegen de buitengevel aangebracht maar nooit aan de zonzijde.
- Een regelaar met een in te stellen stooklijn vergelijkt continu beide voelers. Als het buiten kouder wordt, dan verhoogt de temperatuur van het ketelwater. De stooklijn kan manueel bijgesteld worden. De stooklijn is de relatie tussen de buitentemperatuur en de ketelwatertemperatuur. Deze relatie is niet noodzakelijk lineair en varieert van gebouw tot gebouw. Daarom is een stooklijn correct bepalen geen éénvoudige oefening. De weersafhankelijke regeling houdt geen rekening met weersinvloeden zoals zon, regen, wind,...

#### Voordelen

- Het systeem reageert vlugger op een verandering van de buitentemperatuur.
- Het brandstofverbruik daalt gevoelig.

### 2.4.4 Weersafhankelijke regeling van een kring

Ook de kringen kunnen met een weersafhankelijke regelaar uitgerust worden. Hiervoor wordt een driewegkraan op het vertrek van elke kring geplaatst. Op die manier kan de temperatuur en de gebruikstijd van elke kring optimaal ingesteld worden. Het is wel belangrijk om de kringsturing te integreren in de ketelsturing. Zo blijft de ketelwatertemperatuur steeds enkele graden hoger dan de meest vragende kring.

### 2.4.5 Glijdende regeling

De meeste weersafhankelijke regelingen kunnen vervolledigd worden met een binnentemperatuurvoeler of een compensatievoeler. Deze past de temperatuur van het vertrekwater aan naargelang de binnentemperatuur. Als de binnentemperatuur te veel afwijkt van de ingestelde temperatuur, zal de weersafhankelijke regeling enkel de binnenvoeler als kamerthermostaat gebruiken en de invloed van de buitenvoeler negeren. Dit systeem noemt men een weersafhankelijke regeling met glijdende ketelwatertemperaturen en binnentemperatuurcompensatie.

### 2.4.6 Regeling van een kring door een ruimtethermostaat

De kamerthermostaat wordt in een referentielokaal aangebracht. Plaats hem oordeelkundig en liever niet in een omgeving die aan een warmtebron is blootgesteld of op een buitenmuur. Een ruimtethermostaat meet voortdurend de temperatuur van het vertrek waarin hij staat en vergelijkt de gemeten temperatuur met de gekozen temperatuur voor dat vertrek. Als de gemeten temperatuur onder de gewenste temperatuur daalt, wordt aan de installatie opdracht gegeven om warm water naar de radiatoren te sturen (pompsturing, sturing driewegkraan). Zodra de gewenste temperatuur bereikt is, wordt de verwarming stopgezet.

Als slechts 1 enkele thermostaat de volledige installatie of 1 grote kring regelt, moet hij op een correcte plaats worden aangebracht. Dit betekent beschermt tegen elke vorm van oververhitting of koude en liefst op een plaats waar warmtebehoefte dezelfde is als in de lokalen waarvoor hij de temperatuur regelt.



### 2.4.7 Thermostatische kranen op radiatoren

Thermostatische kranen maken een meer nauwkeurige regeling van de verwarming mogelijk, aangepast aan elke ruimte. Ze benutten bovendien gratis energietoevoer zoals de warmte van de zon of iedere andere warmtebron. Ze zijn onmisbaar bij een moderne installatie. Men zal de meerkost bij de installatie van thermostatische kranen in minder dan twee jaar terugverdienen.

Plaats beter geen thermostatische kranen in dezelfde ruimte als de kamerthermostaat. Ze kunnen elkaars werking verstoren voor wat hun regeling betreft. De thermostatische kranen moeten oordeelkundig geplaatst zijn: horizontaal i.p.v. verticaal en bij hoge radiatoren niet bovenaan.

### 2.4.8 Optimizer

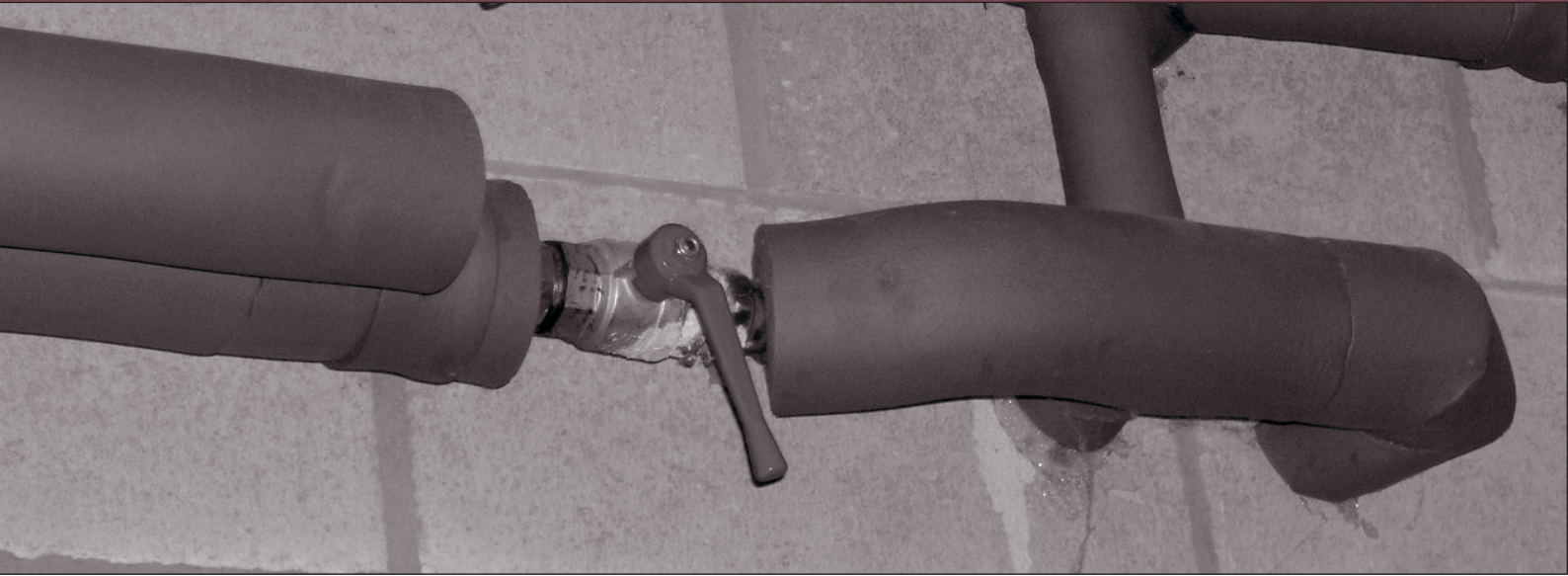
Regelaars met een gewone schakelklok hebben vaste schakeltijden. De schakeltijden zijn ingesteld op de meest ongunstige situatie (tijdsschema of buitentemperatuur). Regelaars met "optimalisatie" berekenen het ideale starttijdstip zodat het 's morgens net tijdig warm is: niet te vroeg maar ook niet te laat. Op die manier kan in het tussenseizoen de verwarming later opstarten. Voor de berekening van het starttijdstip wordt rekening gehouden met de buiten- en binnentemperatuur, het gedrag van het gebouw, de thermische karakteristieken van het gebouw, ...

Omdat dit voor de gebruiker relatief complex wordt, bestaan er zelflerende regelaars. Deze zijn eenvoudig in gebruik: men moet alleen instellen wanneer het 's morgens warm moet zijn, de regelaar berekent zelf het ideale start- en stoptijdstip.

### 2.4.9 Overwerkschakelaar

Het gebeurt wel eens dat een school ook toegankelijk is na de normale schooluren. Omwille van deze buitenschoolse activiteiten zal men de verwarming langer nodig hebben. Meestal zal men de klokfunctie éénmalig wijzigen of de klok altijd tot een bepaald uur 's avonds zetten als dit te vaak gebeurt. Toch gebeurt het dikwijls dat net die avond een vergadering niet doorgaat. Gebruik daarom overwerkschakelaars. De gebruiker van de lokalen na de normale schooluren, schakelt gewoon deze schakelaar in : de verwarming werkt dan bv. 3 uur langer. Na deze tijdsperiode schakelt de verwarming automatisch over naar nachtregime.

## 3 OVERZICHT SYSTEMEN VOOR SANITAIRWARMWATER (SWW)



### 3.1 DOORSTROOMTOESTEL

Een doorstroomtoestel is een toestel waarbij men gedurende onbeperkte tijd over warm tapwater kan beschikken. Enkel het debiet (hoeveelheid warm water) is gelimiteerd door het vermogen van het toestel.

Dit systeem is ontworpen om warm water te produceren en te leveren:

- op het moment zelf van de vraag (ogenblikkelijke warmteoverdracht aan het water);
- ononderbroken;
- met geringe stilstandsverliezen.

Typische eigenschappen van deze toestellen:

- een zeer snelle opwarming (2 tot max. 5 minuten);
- een eenvoudige en precieze regeling van de temperatuur;
- geringe afmetingen.

### 3.2 VOORRAADTOESTEL: DIRECT OP GAS OF VIA WARMTEWISSELAAR CV

Het debiet is hier geen beperkende factor. Gelijktijdig gebruik in de keuken van de refter en onder de douche van de turnzaal is geen probleem omdat er opslag is van warm water.

Hebt u op sommige momenten een zeer grote hoeveelheid warm water nodig, dan moet u met een doorstroomtoestel grotere vermogens inschakelen (wat economisch qua investering niet echt rendabel is) of ongemakken aanvaarden (zoals een te laag debiet of een te lage temperatuur op piekmomenten). Het voorraadtoestel biedt hier een beter alternatief.

Als u niet constant warm water aftapt, werkt u voordeliger met lagere vermogens, gecombineerd met een voorraadvat. Warm water dat u niet meteen gebruikt, slaat u dan op. Deze oplossing neemt meer plaats in maar biedt ook meer comfort en rendement.

Om te verhinderen dat het water in de opslagtank te snel afkoelt, is een doeltreffende isolatie natuurlijk noodzakelijk.

Tussenoplossing: voor grotere, zeer wisselende debieten, gebruikt men vaak ook een platenwarmtewisselaar gecombineerd met een voorraadvat.

Uw voorraadsysteem kiest u best in functie van:

- het beschikbare waterdebiet bij de gewenste temperatuur;
- de opwarmtijd (de duur tussen twee opeenvolgende pieken);
- de gelijkheidscoëfficiënt of de mogelijkheid van gelijktijdige afnamen op verschillende plaatsen.

Voornaamste kenmerken:

- een stabielere temperatuur, zelfs bij grote afnames;
- een betere aanpassing aan veranderlijke debieten;
- een opwarmtijd van ongeveer 30 minuten of meer.

Toestel	Voordelen	Nadelen
Doorstroom	Neemt weinig plaats in Onmiddellijk warm water	Hoeveelheid warm water beperkt
Voorraad	Grote hoeveelheid warm water in opslagtank mogelijk Variabel debiet geen probleem	Neemt meer plaats in Stilstandsverliezen groter

### 3.3 REGELING VAN DE CIRCULATIELEIDING SWW

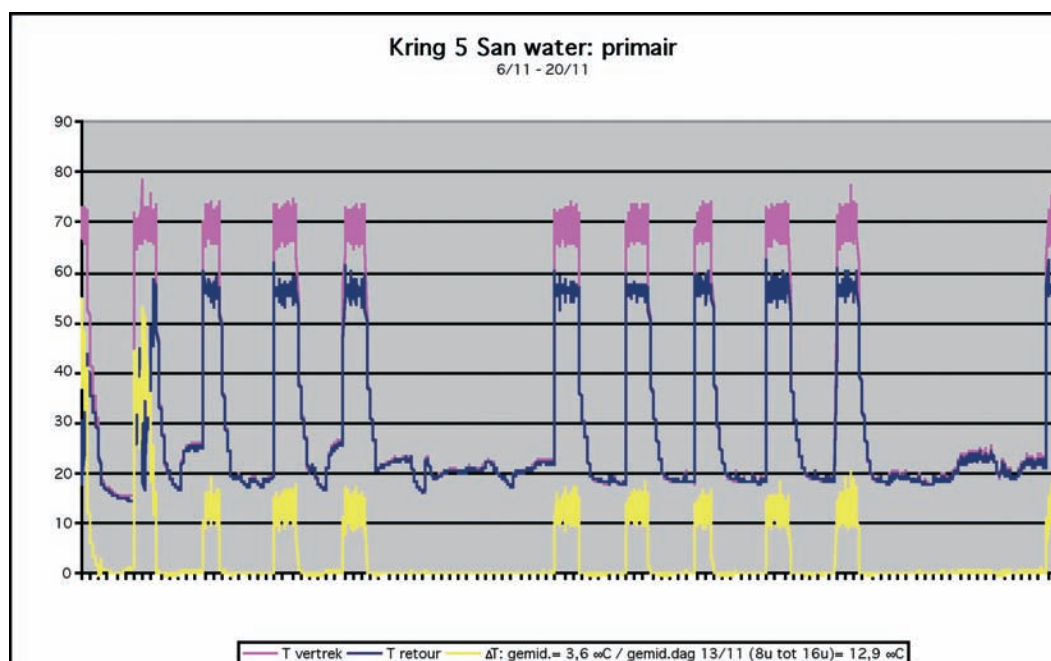
Wanneer het sanitairwarmwater (SWW) constant rondcirculeert is er een groter comfort doordat er steeds onmiddellijk warm water beschikbaar is. Daarnaast is de constante circulatie van warm water één van de manieren om te voldoen aan de legionella wetgeving.

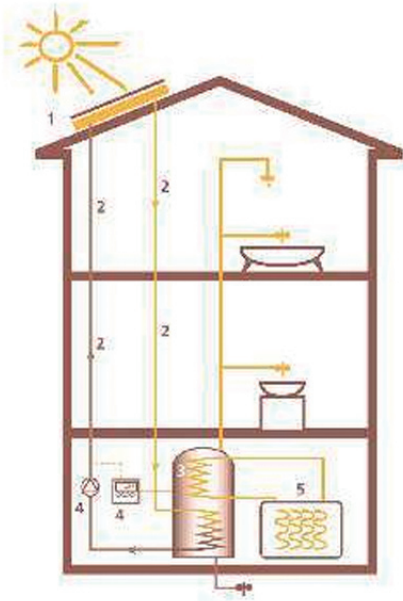
Het is van belang om:

- de leidingen zeer goed te isoleren;
- de circulatiepomp niet over te dimensioneren (zodat niet te veel rondgepompt wordt);
- een kloksturing te voorzien voor de periodes dat de school met bv. zijn sportfaciliteiten niet gebruikt wordt.

**Een goede installatie ziet er in een grafiek als volgt uit:**

- groot temperatuurverschil door zeer laag circulatiedebiet;
- indien er totaal geen SWW nodig is, wordt de circulatiepomp uitgeschakeld en de warmteproductie in nachtregrime geplaatst.





### 3.4 ZONNEBOILER

De zonneboiler maakt gebruik van de zon en is een schone en duurzame energievorm. Hoe werkt een zonneboiler ?

#### De hoofdonderdelen van de zonneboiler

1. De **zonnecollector** vangt het invallende zonlicht op en zet het om in warmte. De collector geeft de warmte door aan een vloeistof die de zonnewarmte van de collector naar het opslagvat brengt.
2. De vloeistof circuleert in de **leidingen** tussen de collector en het voorraadvat. De vloeistof neemt warmte op in de collector en geeft die af aan het water in het voorraadvat. De afgekoelde vloeistof wordt dan terug naar de collector gepompt om opnieuw op te warmen.
3. Het **voorraadvat** zorgt ervoor dat de door de zon geproduceerde warmte wordt bijgehouden tot op het moment dat er warm water nodig is. Bij voldoende zonlicht kunnen de zonnecollectoren het water in het voorraadvat gemakkelijk opwarmen tot boven 40°C.
4. De **regeling** schakelt de pomp aan van zodra de zonnecollector warmer is dan het water in het voorraadvat. Ze beschermt eveneens tegen bevriezing en oververhitting.

De overheid stimuleert het gebruik van zonneboilers door subsidies te verstrekken. De subsidie is afhankelijk van de regio en de gemeente waarin de school gelegen is.

Algemeen geldt:

Een premie bedraagt 75 € per m<sup>2</sup> collectoroppervlakte met een minimum van 575 € en een maximum van 6250 €. De premie kan maximum 50% van het factuurbedrag zijn en de boiler moet het kwaliteitslabel Belsolar dragen. Voor meer details: zie [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be)

#### Kostprijs van een zonneboiler:

- collector 2,75 m<sup>2</sup> met 90 liter boiler: 2.800 €
  - collector 2,83 m<sup>2</sup> met 110 liter boiler: 3.200 €
  - collector 3,61 m<sup>2</sup> met 200 liter boiler: 3.800 €
- **Besparingen:** De energiekost voor de productie van SWW vermindert met 50 %. Let wel: de energiekost om de distributieleiding op temperatuur te houden is hier niet inbegrepen.
- **Terugverdientijd (TVT)** = 4 tot 8 jaar, afhankelijk van de toepassing.

## 4 CHECKLIST

Een school kan zelf de status van een aantal eenvoudige zaken controleren.

### 4.1 REGELING

	OK
Geven de thermostaten en thermometers de juiste temperatuur aan?	
Zijn de thermostaten oordeelkundig geplaatst?	
Is de temperatuur in de lokalen aan de aard van het werk aangepast?	
Kan de temperatuur tijdens de nacht / weekends / vakanties verlaagd of uitgeschakeld worden?	
Kan de verwarming tijdens de weekends tijdelijk worden uitgeschakeld?	
Worden gangen, sportzalen, e.d. niet overmatig of zelfs onnodig verwarmd?	
Kan de verwarming in bepaalde ruimtes verminderd of uitgeschakeld worden als ze niet in gebruik zijn?	
Werkt de kloksturing nog, voor zowel de ketels als de verschillende kringen?	
Wordt de distributieleiding naar de luchtverhitters niet overbodig warm gehouden: controleer klok- en andere regelingen.	
Kan de kloksturing van de circulatieleiding SWW beter afgeregeld worden. Functioneert hij nog correct?	
Werken de automatische temperatuurcontrolesystemen van de ketels en de verschillende kringen nog goed?	

### 4.2 WARMTEPRODUCTIE

	OK
Wordt het verbrandingsproces van de stookolie-installatie regelmatig gecontroleerd? Een optimale verbranding bekomt men bij de kleinste luchtvermaat waarbij nog geen roetvorming optreedt (of met andere woorden bij een zo hoog mogelijk CO <sup>2</sup> -gehalte zonder roetvorming)	
Is de temperatuur van de rookgassen niet te hoog? Waar ligt de oorzaak? (te hoge luchtvermaat, defecte branderverstuiver, bevulde ketelwanden, niet op mekaar afgestemde brander-ketel combinatie...)	
Wordt het verbrandingsproces van de gasinstallatie regelmatig gecontroleerd?	
Indien investering met HR-top ketel (condensatieketel): blijft de voorziene "koude" kring functioneren als koude kring?	

### 4.3 WARMTEDISTRIBUTIE

	OK
Zijn de inregelkranen nog goed ingeregeld?	
Controleer de status van de isolatie.	
Werkt het expansievat nog naar behoren?	

#### 4.4 WARMTEAFGIFTE

	OK
Controleer of de radiatoren/convectoren hun warmte ongehinderd kunnen afgeven.	
Ontlucht regelmatig de radiatoren voor een betere warmte-opbrengst.	

#### 4.5 SANITITAIRWARMWATERVOORZIENING

	OK
Wordt de warmwatertemperatuur tot het minimum beperkt? Is er eventueel een scheiding mogelijk in de voeding van hoge- en laagtemperatuurgebruikers?	
Zijn condenserende gastechnieken mogelijk (condenserende gasboiler)?	
Controleer de status van de isolatie van de warmwaterleidingen.	
Stel de circulatiepompen van het SWW buiten werking wanneer het gebouw niet bezet is. Controleer de klokfunctie.	
Installeer tapkranen van het sproeiertype met debietbeperkers.	

#### 4.6 WIST-JE-DATJES

Wist je dat een school meer gesloten dan open is.

Wist je dat iedere ruimte een aangepaste temperatuur kan hebben door middel van een ruimtethermostaat met centrale tijdsinstelling (=kloksturing) en thermostatische kranen op elke radiator.

Wist je dat met een buitenvoeler de temperatuur van de ketel en zelfs van de kringen automatisch aangepast wordt aan de weersomstandigheden.

Wist je dat regelmatig onderhoud het rendement van de verwarmingsinstallatie aanzienlijk verhoogt.

Wist je dat de isolatie van verwarmingsleidingen in de niet-verwarmde lokalen (kruipruimte, zolder, gangen, traphal,...) heel wat energie bespaart.

Wist je dat de bevestiging van een reflecterende radiatorfolie achter de radiatoren in de klaslokalen een groot deel van de warmte weerkaatst. Die warmte zou anders in de muur verdwijnen.

Wist je dat warmte naar het plafond wordt gestuurd door gordijnen die over de radiator te hangen.

Wist je dat de vrije luchtcirculatie rond radiatoren wordt belemmerd door er meubilair of hindernissen voor te plaatsen.

Wist je dat de regelmatige ontluchting van de radiatoren voor een betere warmteopbrengst zorgt.

Wist je dat men door regelmatige controle dikwijls anomalieën ontdekt die men onmiddellijk kan verhelpen zonder grote investeringskosten. Een energieboekhouding kan hierbij helpen.

## 5 TWEE CASE STUDIES OVER VERWARMING

### 5.1 CASE STUDIE 1: AUDIT OP EEN INSTALLATIE DIE OUDER IS DAN 10 JAAR

Er werd een audit gedaan van een bestaande stookplaats van 18 jaar oud met volgende kenmerken:

- 1 ketel van 280 kW;
- ventilatorbrander op gas;
- 2 kringen radiatoren;
- 1 kring luchtverhitters voor de turnzaal;
- 1 kring SWW-productie (voor de keuken en de douches van de turnzaal).

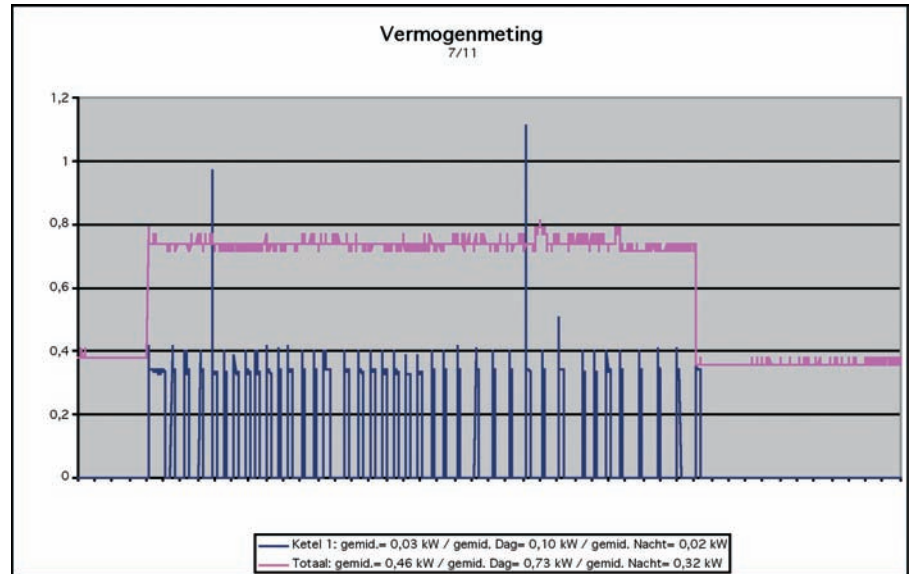
Globaal was de opmerking vóór de audit dat het energiegebruik hoog lag en dat het altijd zeer warm was in de stookplaats. Er waren geen technische problemen. Er werden tijdens de audit een aantal metingen uitgevoerd op de kringen en op het sanitair gedeelte.

Volgende vaststellingen en voorstellen werden gedaan:

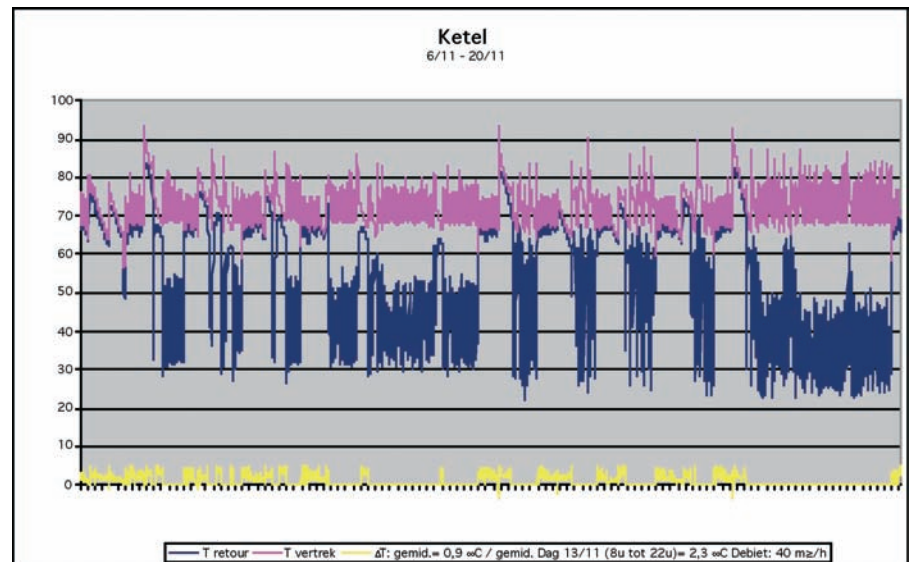
#### 1. Ketel:

- i. De pompen van de kringen blijven draaien tijdens niet-bezetting (constante rode lijn grafiek 1).  
**Voorstel:** installeren van een bijkomende kloksturing. *Opmerking: de gemotoriseerde driewegkraan werd wel correct gestuurd via een weersafhankelijke regeling met kloksturing.*
- ii. Er is een 2-trapsbrander geïnstalleerd. Door een foute bekabeling werkt de kleine vlam echter niet. Als bij zacht weer toch nog verwarming vereist is, schakelt de ketel direct op grote vlam. Hierdoor draait de ketel altijd kortstondig, i.p.v. langer op lage capaciteit te werken (blauwe lijn grafiek 1)  
**Voorstel:** herstellen van de bekabeling om zo de stilstandsverliezen te verminderen.
- iii. De luchtklep op de brander sluit niet af bij stilstand van de ketel (door foute montage). Hierdoor krijgt men bij stilstand een natuurlijke trek door de ketel en koelt de ketel sneller af.  
**Voorstel:** herstellen van de luchtklep.
- iv. Tijdens niet-bezetting van het gebouw wordt de ketelpomp stiltgelegd bij nachtregrime. De ketel blijft echter op temperatuur (zie grafiek 2). Van de weersafhankelijke regelaar is de klokfunctie stuk. Bovendien is de stookcurve niet goed ingeregeld.  
**Voorstel:** herstellen van de klokfunctie en bijstellen van de stookcurve. *Zo zal er enerzijds op iets lagere temperatuur gewerkt worden bij zachte buitentemperaturen (maar ook niet te laag, want de kring luchtverhitters vraagt altijd een hogere temperatuur) en zal tijdens niet-bezetting het warm houden van de ketel uitgeschakeld worden (als de buitentemperatuur het toelaat tenminste).*
- v. De ketelpomp geeft een debiet van 40 m<sup>3</sup>/h. Voor een ketel van 280 kW volstaat een debiet van +/- 13 m<sup>3</sup>/h.  
**Voorstel:** smoren van de pomp via de bestaande inregelkraan om zo een elektrische besparing te realiseren.

grafiek 1



grafiek 2



## 2. De isolatie in de stookplaats is beschadigd op verschillende plaatsen:

Dit komt vermoedelijk door de werkzaamheden in de stookplaats gedurende de verschillende jaren. Ook de ketelisolatie is niet optimaal.

**Voorstel:** De afsluiters en de achterkant van de ketel met thermische dekens isoleren en de leidingen herisoleren met de klassieke isolatie van rotswol met bv. aluminium of PVC-folie.

## 3. Regeling luchtverhitters:

Tijdens een meetperiode (gedurende de maand september : dus voldoende hoge buitentemperaturen) wordt vastgesteld dat de gemiddelde vertrektemperatuur naar de luchtverhitters 53,2 °C is en de gemiddelde terugkeertemperatuur 47°C. Nochtans was er toen geen warmtevraag in de sportzaal. De leidingen worden dus gewoon warm gehouden zonder specifieke warmtevraag (de luchtverhitters werken niet).

Het temperatuurverlies is dus enkel te wijten aan transmissieverliezen doorheen de isolatie van de leidingen. Deze bedraagt :  $6,2^{\circ}\text{C} \times 2,3 \text{ m}^3/\text{h}$  (gemeten waterdebiet)  $\times 1,163 = 16,6 \text{ kW}$ .



Wel wordt er vastgesteld dat van zodra het buiten te warm wordt (en dus binnen ook) men de kranen manueel dichtzet of de pomp manueel afzet. Zo komt er verse lucht binnen via de luchtverhitters zonder op te warmen. Uit analyses van buitentemperaturen kan men afleiden dat de behoefte aan warmteproductie maximaal 800 uur per jaar zal zijn. De pomp circuleert dus zo'n 400 uur per jaar te veel:

$16,6 \text{ kW}/0,8 \text{ (productierendement)} \times 400 \text{ uur} \times 40 \text{ €/MWh} = 332 \text{ €/jaar}$ .

**Voorstel:** Een aanpassing van de regeling ten bedrage van 200€ zet dit verlies om in een besparing.

#### 4. Betere regeling sanitairwarmwater-productie + uurregeling retourpomp:

Voor de gemeenschappelijke douches is een warmtewisselaar voorzien met buffervat. De pomp tussen het buffervat en de warmtewisselaar zorgt voor een continue circulatie tussen beide componenten. Het rondgepompt waterdebiet wordt op temperatuur gehouden via een pomp en een driewegkraan (die proportioneel regelt) langs de CV-zijde. In het buffervat komt het koud vers water toe. Vanuit het buffervat vertrekt het warme water. Het warme water wordt rondgepompt via een sanitaire circulatiepomp. De sanitairwarmwaterleidingen en zijn retourleiding zijn geïsoleerd. De retourtemperatuur moet minstens 55°C zijn (legionellabestrijding).

#### Er werden volgende metingen uitgevoerd:

- Debiet van de CV-pomp (grafiek 3);
- Temperatuur in/uit aan de primaire kant van de warmtewisselaar (grafiek 4). Hieruit wordt het temperatuurverschil berekend (grafiek 5): een temperatuuurdaling na de warmtewisselaar betekent dat er afkoeling geweest is in de warmtewisselaar. De vermenigvuldiging van debiet en delta T geeft ons de verloren warmtecapaciteit (grafiek 6);
- Debiet van het SWW. Het constante debiet geeft het debiet SWW weer dat continu rondgepompt wordt. Op de grafiek verbruiksdebiet zijn de pieken weergegeven. Het gebruik zijn de pieken min het constant debiet (donkerblauwe lijn van grafiek 7);
- Temperatuur in/uit: dit is het temperatuurverschil tussen het terugkerend SWW (groene lijn grafiek 7) en de vertrektemperatuur (bleekblauwe lijn grafiek 7) ervan. Het verschil tussen beide temperaturen geeft het warmteverlies weer door de isolatie van de leidingen.

#### Resultaten:

Het debiet van de CV-pomp is gemiddeld 4,8 m<sup>3</sup>/h. De gemiddelde delta T tijdens niet-gebruik van de gemeenschappelijke douches bedraagt 4,5°C. Wanneer er geen douches gebruikt worden, doet zich dus een verlies van zo'n 25kW per uur voor.

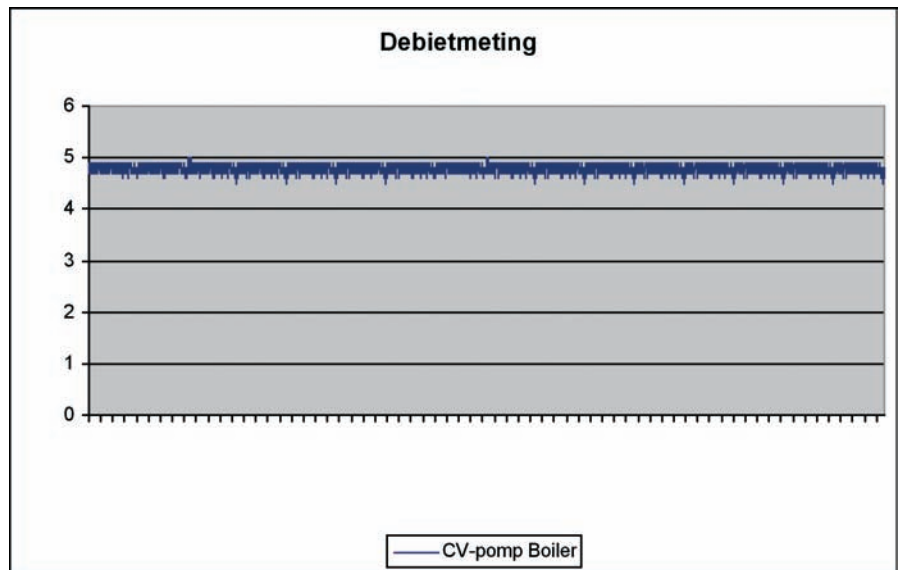
Het constant debiet SWW is 3 m<sup>3</sup>/h, het temperatuurverlies tussen vertrekwarmwater en terugkeerwarmwater bedraagt +/- 7 °C. De warmteverliezen bedragen 24,5 kW.

#### Voorstel:

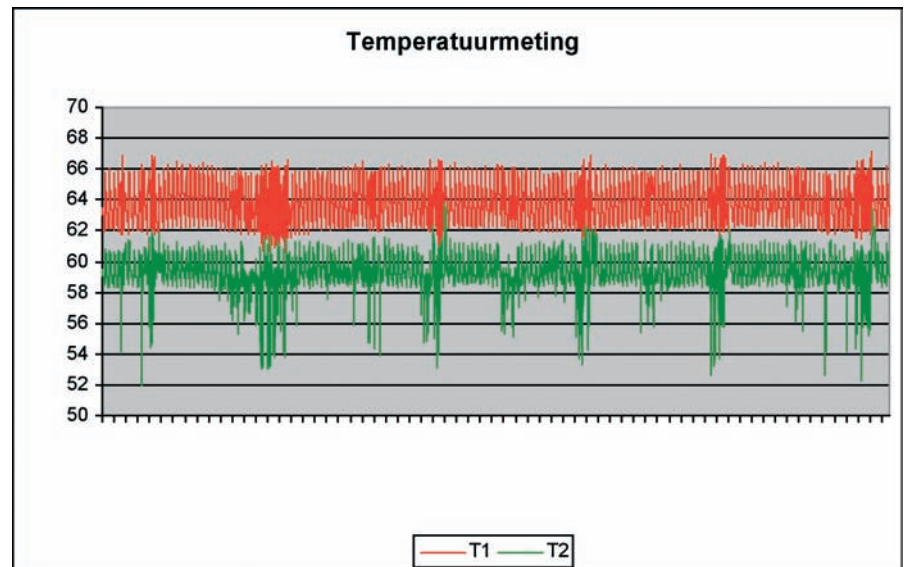
Het plaatsen van een klok kan voorkomen dat de SWW-productie niet 24u/24u moet draaien maar bv. slechts 50% van de tijd.

Besparing:  $(25 \text{ kW}/0,8 \text{ (=rendement van de installatie)}) \times 1.400 \text{ uur} \times 40 \text{ €/MWh} = 1.750 \text{ €/jaar}$ .

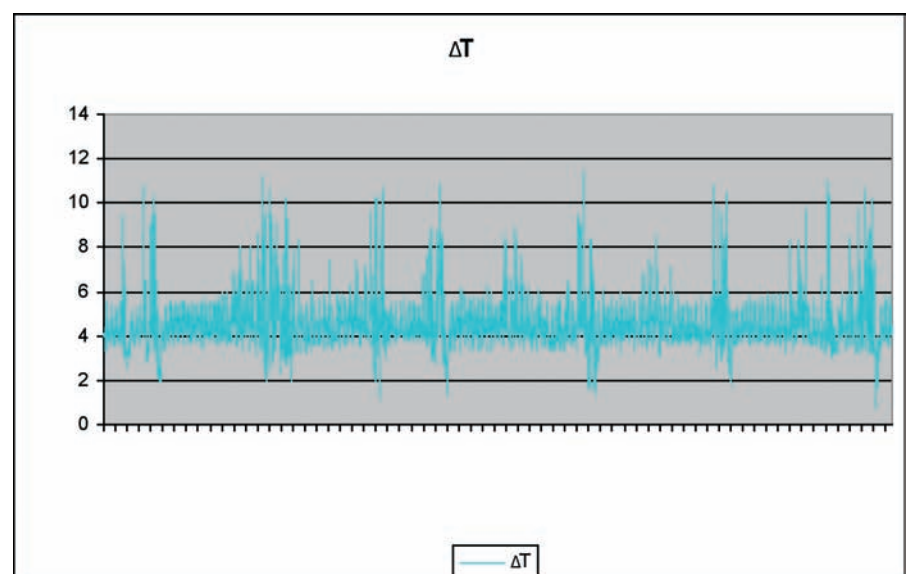
Bijkomende opmerking: om een retourtemperatuur te handhaven van minimaal 55°C en zo het risico op legionella te beperken, wordt de volledige regeling aangepast. Dit brengt een bijkomende investering van 5.000 € met zich mee.



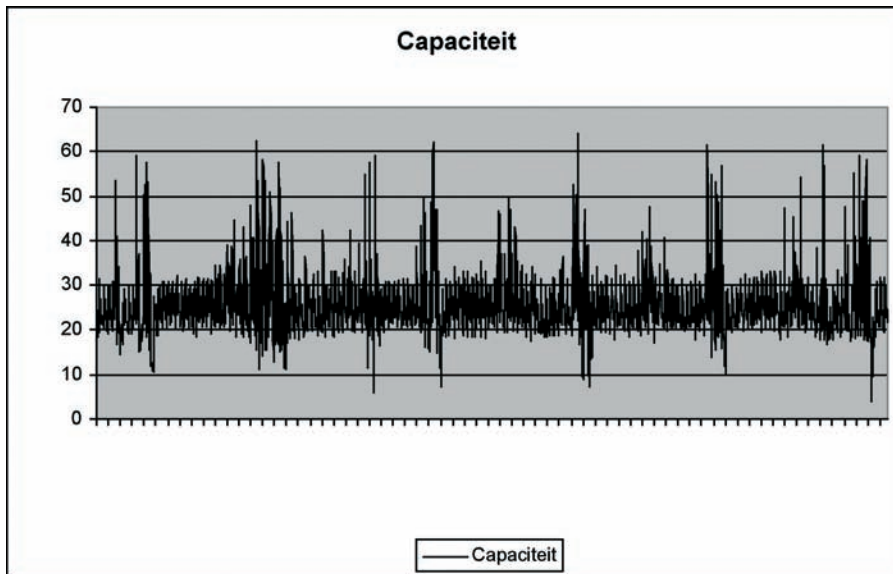
grafiek 3



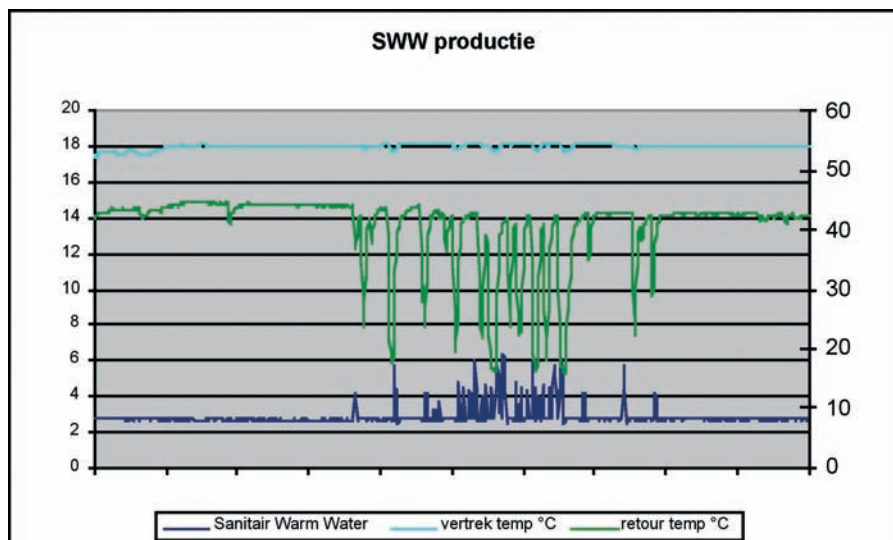
grafiek 4



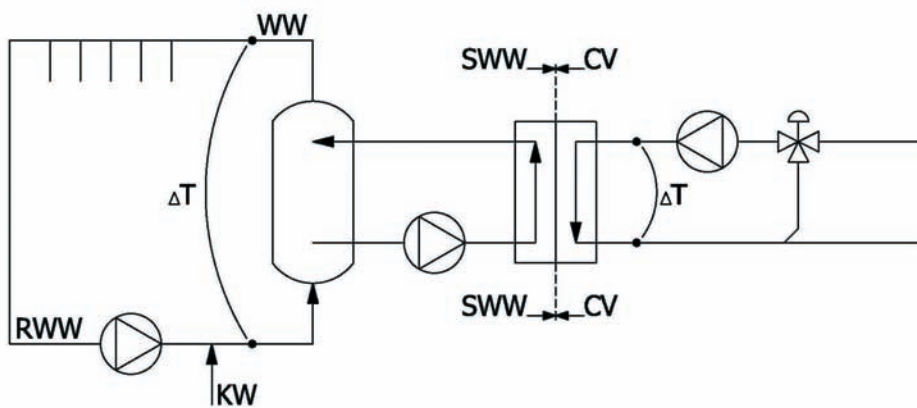
grafiek 5



grafiek 6



grafiek 7



### 5. Voorstel zonneboiler:

De dimensionering van de zonnepanelen heeft slechts zin als men ze uitvoert nadat de regeling is aangepast. Het verbruik van warm water komt neer op zo'n 365 m<sup>3</sup> of ongeveer 1.000 € per jaar. Daarnaast moet men gedurende circa 1.500 uur het warm water laten rondcirculeren: enerzijds om op deze manier voldoen aan de legionellawetgeving en anderzijds omwille van het comfort om meteen warm water beschikbaar te hebben. Dit kost nog eens een 1.000 €. De volledige investering voor een zonnestelsel als voorverwarming van het bestaand systeem SWW-productie, bestaande uit collectoren (6 m<sup>2</sup>), toebehoren, regeling, zonneboiler 500 liter bedraagt (geleverd en geplaatst zonder BTW) 6.000 €. Met dit systeem moet men 50% van de jaarlijkse behoefte aan SWW kunnen dekken en dus 1000 € in een jaar uitwinnen. De eenvoudige terugverdientijd is 6 jaar.

### 6. Plaatsen hoogrendementketel (HR):

Een condensatieketel was hier niet mogelijk omdat men in deze school geen lagetemperatuurkring kan vinden.

#### Besluit :

alle investeringen tot en met voorstel 4 werden uitgevoerd. De totale investering bedroeg 10.000 €, de totale besparing 24.538 €. De zonneboiler was niet rendabel, de grootste besparing op het SWW was trouwens reeds gerealiseerd met voorstel 4. De ketel werd niet vervangen omdat er nog geen technische noodzaak was.

Samenvatting: besparingsmaatregel	Investering in Euro	Besparing in Euro/jaar	TVT* jaren	IRR** voor belasting
1.i Stilleggen pompen in ketelhuis	200	184,5	1	92,10%
1.ii Brander herstellen	200	39,4	5	14,70%
1.iii Sluiten luchtklep in de schouw bij niet werken van de ketel	200	49,5	4	21,10%
1.iv Ketel stilleggen tijdens de nacht	200	243	0,82	>> 15%
1.v Aanpassen debiet ketelpomp	0	60	0	>> 15%
2. Isolatie stookplaats	4.000	1.265	3	29,20%
3. Regeling luchtverhitters	200	332	0,60	>> 15%
4. Betere regeling SWW productie + uurregeling retourpomp	5.000	1.750	2,9	33%
5. Plaatsen zonneboiler	6.000	1.000	6	10,60%
6. Plaatsen hoogrendementketel	28.000	5.000	5,6	12%

\* TVT = terugverdientijd

\*\* IRR = interne rendementsvoet ("internal rate of return")

## 5.2 CASE STUDIE 2 : AUDIT OP EEN INSTALLATIE JONGER DAN 10 JAAR

Een vrij recente stookplaats met 2 gasketels (200 kW/st) met ventilatorbrander werd doorgelicht. Er zijn op de collector 3 vertrekken naar radiatorcringen. De SWW-productie gebeurt afzonderlijk door een condenserende gasboiler van 55 kW, inclusief een voorraadvat van 180 liter.

De audit werd uitgevoerd in het kader van een algemene REG-campagne. Er waren geen technische problemen. Er werden tijdens de audit een aantal metingen uitgevoerd op de cringen en op het sanitair gedeelte.

Volgende voorstellen werden gedaan:

### 1. Ketel:

- a. in het tussenseizoen draaien 2 ketels op kleine deellast (i.p.v. 1 ketel op 50 % capaciteit). Gecombineerd met een 2-trapsbrander leidt dit tot grotere stralingsverliezen en meer stilstandsverliezen. In de cascaderегeling was nochtans een gemotoriseerde 2-wegkraan voorzien die sluit bij geen vraag). De cascaderегelaar is niet goed ingesteld.

**Voorstel:** *Aanpassingen aan de regeling zodat slechts 1 ketel draait. De investering is minimaal, evenals de besparing.*

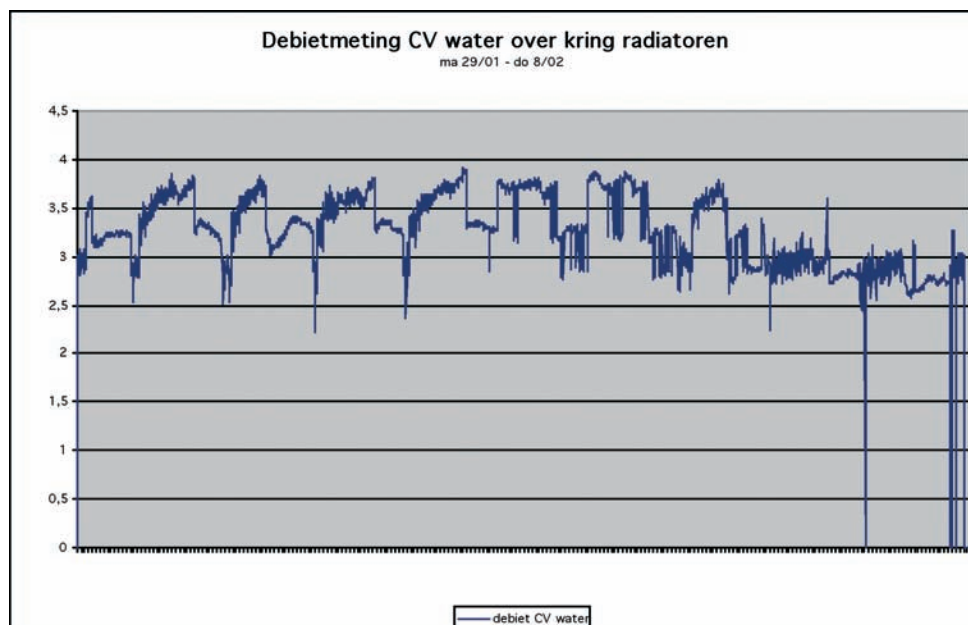
- b. volgend op 1.a werd ook voorgesteld om de 2-trapsbrander van 1 ketel te vervangen door een modulerende brander (25 tot 100%) om stilstandsverliezen te beperken. Deze investering is echter niet rendabel.

### 2. Isolatie van de afsluiters:

De afsluiters zijn niet geïsoleerd. Het voorstel bestaat erin om de kranen te "wikkelen" in dekens. De investering bedraagt 1.000 €, de besparing door het vermijden van stralingsverliezen is 300 €/jaar.

### 3. Frequentiesturing van de pomp:

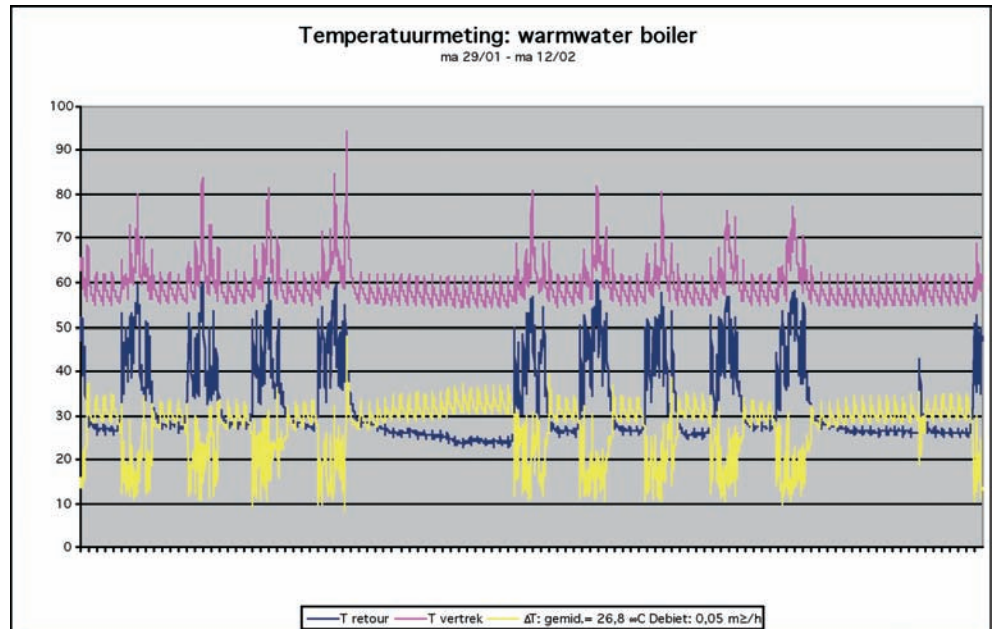
Uit bijhorende grafiek 8 kan men duidelijk afleiden dat het pompdebiet varieert. Dit is doordat thermostatische kranen sluiten en openen. De tegendruk wordt groter of kleiner. Indien de tegendruk groter wordt, vermindert het pompdebiet maar het opgenomen vermogen blijft ongeveer identiek. Een dergelijke situatie is ideaal voor een frequentiegestuurde pomp. De investering bedraagt 800 €; de jaarlijkse besparing (elektrisch gebruik) zal rond de 200 € zijn.



grafiek 8

#### 4. De boiler start al op om 6u30 's morgens en blijft werken tot 's avonds 18h30, zelfs op woensdag.

Hier werd aanbevolen om de klok te verfijnen zodat de boiler 's avonds vroeger stopt en de woensdag uitschakelt. Investering: 200 €, besparing: 160 €/jaar (grafiek 9).



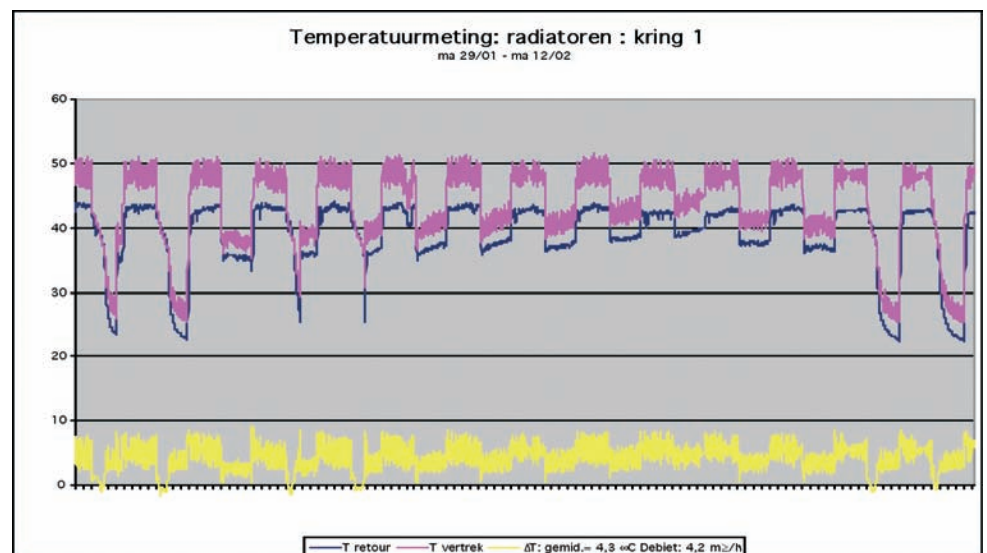
grafiek 9

#### 5. Via metingen kwamen een aantal problemen aan het licht op de drie kringen radiatoren.

De stookplaats is nochtans vrij recent en uitgerust met een moderne regeling (een glijdende regeling met optimizer). De totale investeringskost om de problemen aan te pakken is 1.000 €, de globale besparing bedraagt 800 €/jaar.

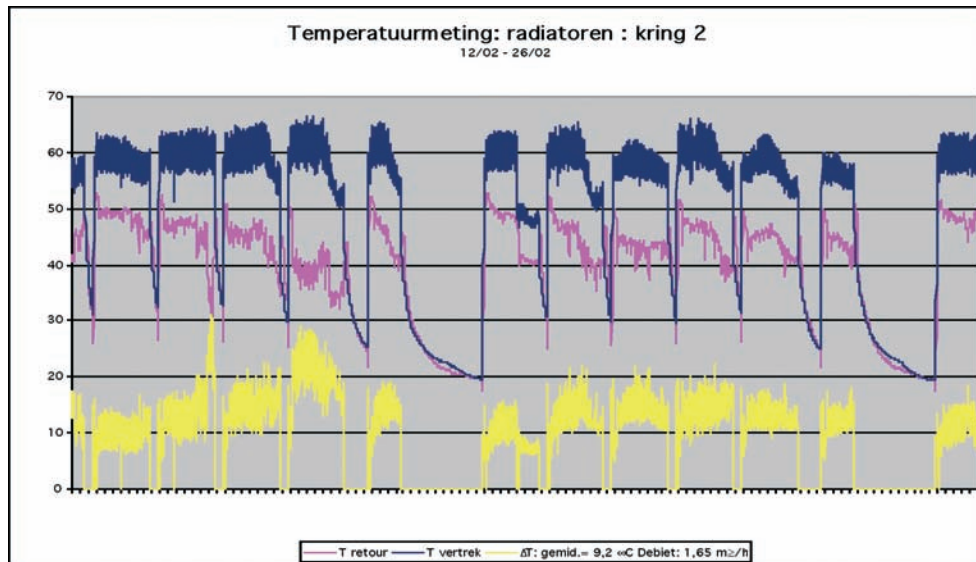
Beschrijving van de problemen op de kringen:

- a. op kring 1 werkt de weersafhankelijke regeling niet, de optimizer werkt niet en tijdens het weekend wordt niet overgeschakeld naar een nachtregime. De oorzaak is een defecte sturing (grafiek 10).



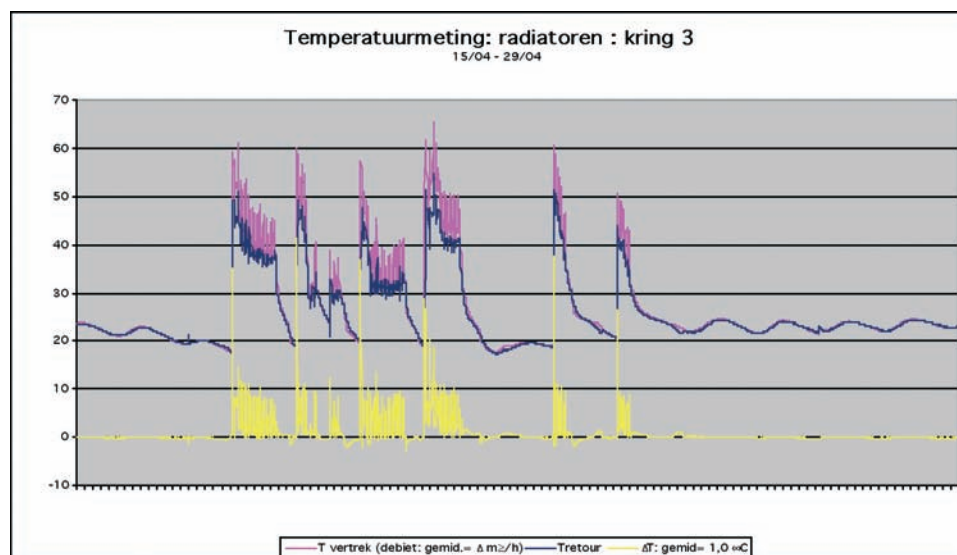
grafiek 10

- b. op kring 2 werkt de weersafhankelijke regeling niet, de optimizer werkt niet en tijdens het weekend wordt slechts vanaf zaterdagmiddag overgeschakeld naar een nachtregime. De oorzaak is een defecte sturing enerzijds en een slechte instelling van de klok anderzijds (grafiek 11).



grafiek 11

- c. op kring 3 werkt de weersafhankelijke regeling wel, maar loopt er iets fout met de optimizer en de klok. De kring start met zijn warmteproductie midden in de nacht (grafiek 12).



grafiek 12

## 6. Kring 1 voedt onder meer de radiatoren van de refter.

De refter wordt veel minder gebruikt dan de klassen. Men kan dus hier perfect een zoneventiel plaatsen met een eigen kloksturing. Met een investering van 800 € kan zo jaarlijks 320 € uitgespaard worden.

Besparingsmaatregel	Investering in Euro	Besparing in Euro/jaar	TVT jaren	IRR voor belasting
1.a Afschakelen ketel	200	100	2	49,10%
1.b Modulerende brander i.p.v. 2-traps- brander	2000	280	7,2	6,60%
2. Isolatie afsluiters in stookplaats	1000	300	3,3	27,3%
3. Frequentie sturing op pomp	800	200	4	21,40%
4. Klok boiler scherper zetten	200	160	1,25	79,80%
5. Regeling beter afstellen	800	1000	0,8	125%
6. Plaatsen van zoneventielen	800	320	2,5	38,50%

**Besluit:**

Enkel de investering 1.b werd niet uitgevoerd. De uiteindelijke investeringen waren goed voor zo'n 3.800 € en realiseren jaarlijkse besparingen van 2.080 €. De investering bestaat hoofdzakelijk uit manuren om slecht functionerende regelingen op punt te zetten of om kleine verbeteringen aan het concept uit te voeren. Logischerwijs worden in deze stookplaats geen grote investeringen gedaan aangezien de gehele installatie nog vrij recent is.



## 6 BEGRIPPENLIJST

### **Terugverdientijd (TVT)**

De jaren die je nodig hebt om de kost (= investering) te betalen via de opbrengst.

### **Thermisch comfort**

De aanbevolen omgevingstemperatuur is afhankelijk van de soort prestatie:

Klaslokaal	20 – 22°C
Gangen	15 – 16°C
Sportzaal	15 – 17°C

### **Transmissieverliezen**

De hoeveelheid warmte die verloren gaat via gevels, vensters en vloeren.

### **Vrije warmte**

De warmte die we gratis krijgen zoals zonnewarmte en interne warmtebronnen. Voorbeelden van interne warmtebronnen zijn menselijke warmte, warmte van computers en andere elektrische toestellen.

### **Warmtevraag**

Verschil tussen warmteverliezen (transmissieverliezen + ventilatieverliezen) en de vrije warmte van een gebouw.

### **Centrale systemen**

Bij centrale systemen wordt vanuit een centrale stookplaats warmte naar de verschillende lokalen gestuurd. De lokalen moeten wel ongeveer dezelfde warmtebehoefte hebben. De afstand tussen de stookplaats en de lokalen mag trouwens niet te groot zijn.

### **Decentrale systemen**

Bij decentrale systemen verwarmt men niet vanuit een centrale stookplaats maar met directe verwarmingstoestellen op gas of met een lokale stookplaat en distributie van warm water. Zulke verwarmingssystemen zijn geschikt voor grote ruimtes zoals bv. een sportzaal, een eetzaal en ruimtes met een hoog plafond.

## 7 NUTTIGE ADRESSEN EN WEBSITES

### **AGENTSCHAP VOOR INFRASTRUCTUUR IN HET ONDERWIJS**

Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming  
Koningsstraat 94 B  
B-1000 Brussel  
Tel.: + 32 2 221 05 11  
Website: [www.agion.be](http://www.agion.be)

### **VLAAMS MINISTERIE VOOR ONDERWIJS EN VORMING**

Hendrik Consciencegebouw  
Koning Albert II-laan 15  
B-1210 Brussel  
Tel.: + 32 2 553 17 00  
Website: [www.ond.vlaanderen.be/energie](http://www.ond.vlaanderen.be/energie)

### **VLAAMSE REGULERINGINSTANTIE VOOR ELEKTRICITEITS- EN GASMARKT**

Vlaams Ministerie van Leefmilieu, Natuur en Energie  
Graaf de Ferrarisgebouw  
Koning Albert II-laan 20 bus 19  
B-1000 Brussel  
Tel.: + 32 2 553 13 79  
Website: [www.vreg.be](http://www.vreg.be)  
Link naar de netbeheerders: [www.vreg.be/nl/07\\_zoeken/netbeheerders.asp](http://www.vreg.be/nl/07_zoeken/netbeheerders.asp)

### **VLAAMS ENERGIEAGENTSCHAP**

Vlaams Ministerie van Leefmilieu, Natuur en Energie  
Graaf de Ferrarisgebouw  
Koning Albert II-laan 20 bus 17  
B-1000 Brussel  
Tel.: 1700 (gratis) of +32 2 553 46 00  
Website: [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be)

### **KONINKLIJKE TECHNISCHE VERENIGING VAN DE VERWARMINGS- EN VERLUCHTING-SNIJVERHEID EN VAN DE AANVERWANTE TAKKEN**

Interleuvenlaan 62  
B-3001 Leuven  
Tel.: +32 (0)16 39 48 00  
Website: [www.atlc.be](http://www.atlc.be)

### **INFORMAZOUT**

Dauwstraat 12  
B-1070 Brussel  
Tel.: +32 78 15 21 50  
Website: [www.informazout.be](http://www.informazout.be) en [www.ubic.be](http://www.ubic.be)

**BRON VAN DE FOTO'S****Getty Images**

Pagina's: cover, 1, 2

