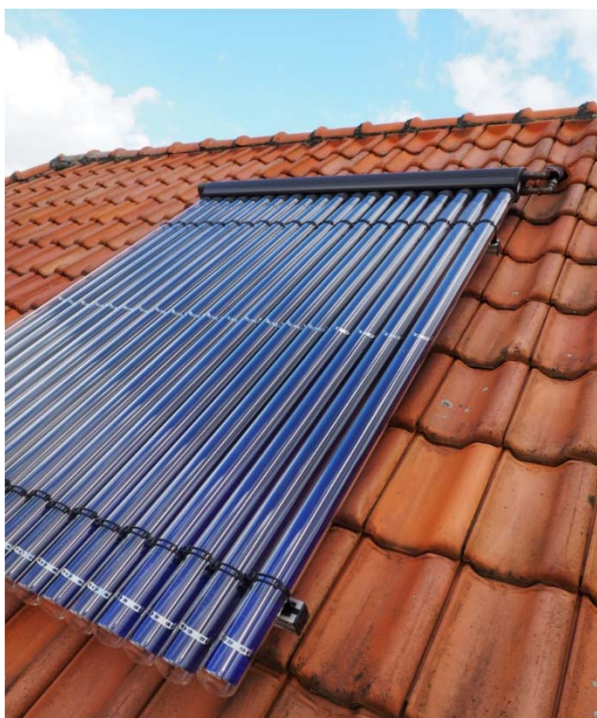


CONCEPTFICHE 4:



Zonneboilers

PRODUCTBESCHRIJVING

Eén van de interessantste toepassingen van thermische zonne-energie is opwarming van sanitair warm water. Dat komt door de constante warmtevraag, ook gedurende de zomer wanneer het zonne-aanbod het grootst is. Zo'n installatie, ook zonneboiler genoemd, bevat altijd een collector (meestal vlakkeplaat- of vacuümbuiscollector) en een opslagvat (boiler of buffervat).

Zonnecollectoren zijn meestal opgesteld op het dak of tegen een gevel, en geven de zonnewarmte door aan een transportvloeistof. Via een warmtewisselaar wordt deze warmte afgegeven aan een voorraadvat waardoor vraag en aanbod op elkaar worden afgestemd.

Een zonneboiler verwarmt leidingwater tot een temperatuur die afhankelijk is van het zonaanbod en het tappatroon. Hij wordt gedimensioneerd om gedurende de zomer de warmtevraag bijna volledig te kunnen dekken. De naverwarming blijft nodig als ondersteuning tijdens minder zonnige periodes, en moet zelfs de volledige warmtevraag kunnen dekken tijdens lange sombere periodes. Een zonneboiler vergt dus een extra investering, en die moet worden afgewogen tegenover de gerealiseerde energiebesparing. Een kleinere installatie met een lagere dekkingsgraad heeft een kortere terugverdientijd. De dekkingsgraad geeft aan welk deel van de warmtevraag door de zonneboiler wordt geleverd.

Binnen de energieprestatieregelgeving is de zonneboiler een valabele optie om te voldoen aan eisen inzake duurzame energie.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
2	Werkingsprincipe	5
3	Zonaanbod	5
4	Onderdelen zonneboiler.....	7
4.1	Zonnecollector	7
4.1.1	Collectorrendement	7
4.1.2	Stagnatietemperatuur	8
4.1.3	Werking collectoren verbeteren.....	8
4.2	Opslagvat (boiler of buffervat)	10
4.3	Regeling.....	10
5	Types zonnecollectoren	10
5.1	Vlakkeplaatcollectoren.....	11
5.2	Vacuümbuiscollectoren.....	11
5.2.1	Heatpipe vacuümbuiscollectoren.....	12
5.2.2	Doorstroom vacuümcollectoren.....	12
5.2.3	Dubbelwandige vacuümcollectoren.....	13
5.3	Zwembadcollectoren.....	13
6	Bevriezing/oververhitting.....	14
6.1	Glycolvulling.....	14
6.2	Terugloopsysteem	16
7	Oppervlakte-indicatoren.....	17
8	Prestatiefactoren.....	17
8.1	Collectorbijdrage.....	17
8.2	Dekkingsgraad	17
8.3	Systeemrendement.....	17
9	Dimensionering	18
9.1	Belang van dimensionering	18
9.1.1	Oververhitting	18
9.1.2	Terugverdientijd	18
9.2	Aanpak van de dimensionering	18
10	Configuraties.....	19
10.1	Zonneboiler met antivries en nageschakelde bijverwarming.....	19
10.2	Met duoboiler	19
10.3	Verwarmingsondersteuning.....	20
11	Regelgeving	21
11.1	Nieuwbouw	21
11.2	Bestaande woongebouwen	21

Figuurlijst

Figuur 1: Een zonneboiler met antivries gevuld	5
Figuur 2: Afgelegde afstand van de zon	6
Figuur 3: Invalshoek	6
Figuur 4: Zonne-energie in België	6
Figuur 5: Transmissie van zonlicht in de atmosfeer	6
Figuur 6: Gemiddelde hoeveelheid zonne-energie in Ukkel, bij een hellingshoek van 10°	7
Figuur 7: Doorsnede van een collector.....	7
Figuur 8: Rendementscurve vlakkeplaatcollector met de zonne-intensiteit E_g als parameter.....	7
Figuur 9: Rendement van een zwembadcollector (stippelijjn) en een vlakkeplaatcollector (volle lijn).....	8
Figuur 10: Opbrengst zonneboiler bij verschillende oriëntaties en hellingshoeken	9
Figuur 11: Goede en foute aansluiting circulatieleiding.....	9
Figuur 12: Differentiaalthermostaat met hysteresis	10
Figuur 13: Vlakkeplaatcollector	11
Figuur 14: Vlakkeplaatcollector (Viessmann Vitosol 200-FM).....	11
Figuur 15: Bariumspiegel in een vacuümbuis	11
Figuur 16: Werkingsprincipe van een heatpipe	12
Figuur 17: Heatpipecollector (Viessmann Vitosol 300-T).....	12
Figuur 18: Doorstroom vacuümcollector.....	12
Figuur 19: Heatpipe versus doortroomprincipe (Viessmann).....	12
Figuur 20: CPC-concentrator.....	13
Figuur 21: Aansluiting CPC vacuümcollector	13
Figuur 22: Zonneboiler met voorschakelvat	15
Figuur 23: Expansievat met kapventiel.....	15
Figuur 24: ThermProtect-coating (Viessmann Vitosol 200-FM)	15
Figuur 25: Beveiliging tegen te hoge temperatuur bij heatpipecollector (Viessmann Vitosol 300-T).....	16
Figuur 26: Zonneboiler met terugstroomprincipe	16
Figuur 27: Zonneboiler met terugstroomprincipe (variant)	16
Figuur 28: Absorber-, apertuur-en bruto-oppervlakte (Viessmann)	17
Figuur 29: Overzicht energiestromen	17
Figuur 30: Dekkingsgraad en systeemrendement i.f.v. collectoroppervlakte.....	18
Figuur 31: Dekkingsgraad over een jaar	18
Figuur 32: Nageschakelde bijverwarming	19
Figuur 33: Met duoboiler.....	19

Tabellenlijst

Tabel 1: Parameters / verschillende collectortypes	9
--	---

Referenties

ISSO-HANDBOEK HBZE . **ISSO**. ISSO-HANDBOEK HBZE ZONNE-ENERGIE.

ISSO-publicatie 30: Leidingwaterinstallaties in woningen.

Krijn Braber, Charles Geelen, Tjeerd Manussen. 18 februari 2011. *Rendement van tapwatersystemen: blijven evalueren of duurzaam evolueren?* Arnhem : BuildDesk Benelux B.V., 18 februari 2011.

René Kemna, Martijn van Elburg, William Li, Rob van Holsteijn. 2007. *Eco-design of Water heaters*. Delft : VHK, 2007.

www.viessmann.be [Online]

www.bulex.be. [Online]

www.chaffoteaux.be. [Online]

www.Junkers.be. [Online]

www.vaillant.be. [Online]

www.clage.be

www.siemens.be

1 Inleiding

De Europese richtlijn 2009/28/EG legt voor de verschillende lidstaten bindende doelstellingen op voor het aandeel hernieuwbare energie in het energieverbruik. Voor België bedraagt dit 13 % tegen 2020. Na 2020 zullen deze doelstellingen nog verder worden aangescherpt. Daarom worden nu technologieën naar voren geschoven met een iets langere terugverdientijd zoals thermische zonne-energie, maar waarvoor een langdurig traject nodig is qua innovatie en ontwikkeling, marktvergroting en prijsdaling, opleiding van technici, kwaliteitssystemen (o.a. Solar Keymark). Het beleid zet op verschillende aspecten in. Voor nieuwe gebouwen is er een te realiseren minimum aandeel hernieuwbare energie, en voor bestaande gebouwen wordt er financiële ondersteuning voorzien. Daarnaast is er opleiding en certificering voor installateurs en tot slot zijn er algemene informatiecampagnes.

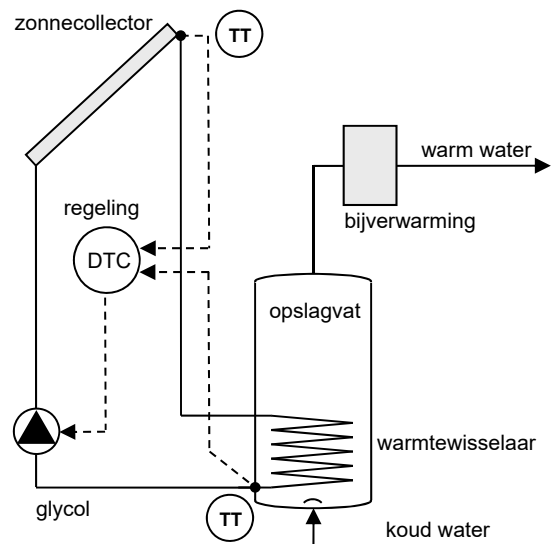
In deze context promoot het Vlaams Energie Agentschap samen met het Waals en Brussels Hoofdstedelijk Gewest het 'certificaat van bekwaamheid voor installateurs voor groene energiesystemen'. Alleen (aspirant-)installateurs die de specifieke opleiding volgen én slagen voor de test kunnen het bekwaamheidscertificaat behalen. Er zijn zes afzonderlijke categorieën waaronder thermische zonne-energiesystemen voor sanitair warm water. Vandaag is het certificaat van bekwaamheid vrijblijvend en enkel een meerwaarde voor klanten, maar in de toekomst kan het verplicht worden.

2 Werkingsprincipe

Zonne-energie zorgt voor fotosynthese bij planten. Deze liggen aan de basis van onze voeding, maar zijn ook leveranciers van biomassa (hout, landbouwgewassen, derivaten en restproducten). Ze liggen ook aan de basis van fossiele brandstoffen zoals aardolie, aardgas, steenkool en bruinkool. Ook windenergie en waterkracht zijn onrechtstreeks vormen van zonne-energie.

Een doordacht ontwerp van een gebouw maakt het mogelijk om tijdens de winter optimaal de zonnewarmte te laten binnenstromen via vensters en op te slaan in de gebouwmassa. Dit wordt "passieve zonne-energie" genoemd omdat het geen bewegende onderdelen vergt maar alleen een doordacht gebouwoontwerp.

Zonne-energie kan ook op een actieve manier en rechtstreeks worden omgezet in elektriciteit (fotovoltaïsche zonne-energie of PV) of in warmte (thermische zonne-energie voor de verwarming van sanitair water, zwembaden en gebouwen).



Figuur 1: Een zonneboiler met antivries gevuld

Een thermische zonne-energie-installatie voor sanitair warm water wordt een **zonneboiler** genoemd, en bestaat in zeer veel varianten. Figuur 1 toont het principe van een veel voorkomende configuratie met antivriesvulling.

Een zonnecollector vangt de zonnestraling op, zet deze om in warmte en geeft ze door aan een warmtetransportvloeistof (water, glycol...). Die vloeistof wordt rondgepompt en brengt de warmte tot in het opslagvat voor gebruik op een later tijdstip.

Een regelaar zorgt ervoor dat de vloeistof alleen wordt rondgepompt wanneer er warmte kan worden gewonnen, dit is wanneer de temperatuur in de zonnecollector hoger is dan in het opslagvat. De regeling speelt ook een belangrijke rol bij de bescherming tegen oververhitting en bevriezing.

Een warmtewisselaar vormt de scheiding tussen de warmtetransportvloeistof (gesloten kring) en het stadswater (open kring). In de eerste plaats is dit omdat de warmtetransportvloeistof vaak additieven bevat die de collector beschermen tegen bevriezing en corrosie. Een tweede reden is de aanwezigheid van kalk in het stadswater. Kalkafzetting gebeurt vooral op de heetste oppervlakken, in dit geval de zonnecollector. Dat moet vermeden worden omdat het de warmteoverdracht en de doorstroming vermindert.

Bijverwarming zorgt ervoor dat er altijd voldoende warm water beschikbaar is, ook bij somber weer.

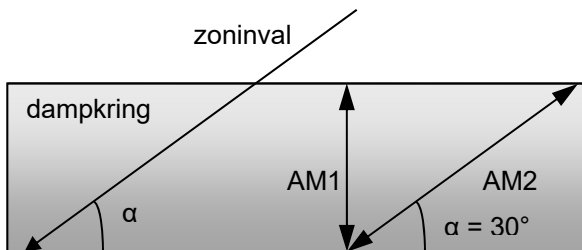
3 Zonaanbod

Buiten de dampkring is de zonne-intensiteit in een vlak loodrecht op de straling constant 1360 W/m^2 . Dit noemt men de zonneconstante. Ter hoogte van het aardoppervlak is de intensiteit lager als gevolg van:

- de afstand die de zonnestraling aflegt door de dampkring, aangeduid als "air mass, afgekort AM". Die hangt af van α , de invalshoek t.o.v. de horizontale, met als evenredigheidsfactor $1/\sin\alpha$.

Enkele voorbeelden:

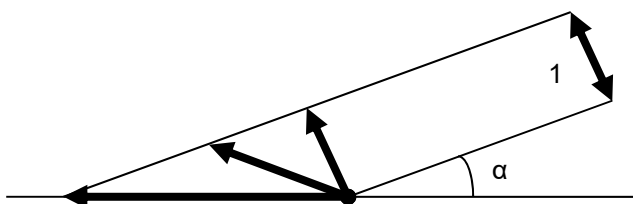
- $\alpha = 90^\circ$ (loodrechte inval): $\sin \alpha = 1$; $AM = 1$
- $\alpha = 30^\circ$: $\sin \alpha = 0,5$; $AM = 2$, d.w.z. dat de af te leggen afstand door de dampkring verdubbelt t.o.v. de loodrechte inval.
- $\alpha = 16^\circ$ is de laagste stand van de middagzon, dus op 21 december om 13 u. Op dat ogenblik is de invloed van $AM = 3,6$ zeer groot, en stijgt bovendien snel buiten de middag. Dit maakt de tijd dat zonne-energie kan worden gewonnen erg kort.



Figuur 2: Afgelegde afstand van de zon

- invalshoek: Voor directe straling is er een sinusverband tussen de invalshoek en de intensiteit. Dat betekent dat een bundel zonlicht wordt uitgesmeerd over een horizontaal vlak dat een factor $1/\sin \alpha$ groter is. Een kleine afwijking t.o.v. loodrechte inval heeft weinig invloed op de instraling. Zo is bij een invalshoek van 70° of een afwijking van 20° t.o.v. loodrechte inval, de vermindering aan instraling slechts 6 % ($\sin 70^\circ = 0,94$).

Zonnecollectoren worden best schuin opgesteld zodat ze een maximum aan zonlicht opvangen voor een kleinere oppervlakte of een grotere opbrengst. Voor openluchtwembaden mikt men best op de hoge zonnestand tijdens zomer, dit door te kiezen voor een plattere opstelling, terwijl een schuinere opstelling beter is voor een zonneboiler waar men optimaliseert op het gehele jaar.



Figuur 3: Invalshoek

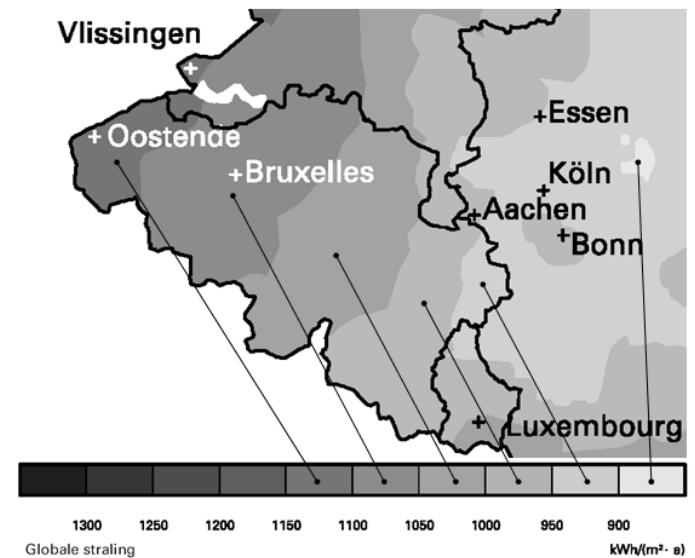
- de weersomstandigheden (bewolking en stof):

Bij heldere hemel is de zonne-intensiteit (W/m^2) het hoogst. Onder die omstandigheden en op een loodrecht oppervlak verschilt het piekvermogen (waarde bij hoge zonnestand) binnen Europa niet erg veel van locatie tot locatie, en situeert zich rond $1000 W/m^2$. Bij schuine inval laat de zonne-intensiteit zich wiskundig beschrijven in functie van de opstelling en de zonnestand.

Het zijn de weersomstandigheden die de zonne-intensiteit een onvoorspelbaar karakter geven, met variaties tussen 0 en $1000 W/m^2$. Dit fluctuerend en onvoorspelbaar gedrag brengt met zich mee dat een zonneboiler in ons klimaat niet in staat is om volledig autonoom te werken. Om onder alle omstandigheden over voldoende warm water te kunnen beschikken, is de mogelijkheid tot bijverwarming onontbeerlijk.

In België is de hoeveelheid zonne-energie ($kWh/m^2 \cdot \text{jaar}$) veel lager dan bijvoorbeeld in Zuid-Europa of nog zuidelijker. Dit komt vooral door de bewolking, maar ook door de korte dagen en de lage zonnestand tijdens de winter. Al deze factoren in acht genomen is het niet te verwonderen dat de totale hoeveelheid zonne-energie op een horizontaal vlak in december zowat 10 x kleiner is dan in juni.

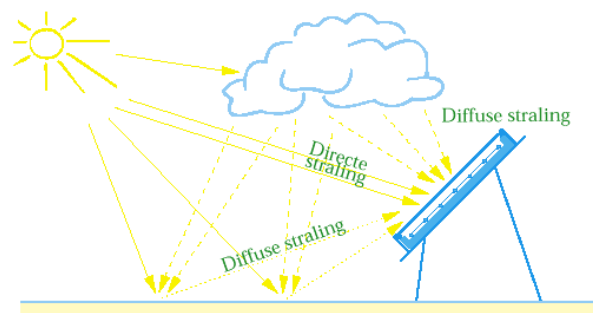
De gemiddelde hoeveelheid zonne-energie op een horizontaal vlak in België bedraagt **1000 $kWh/jaar \cdot m^2$** . De kust kan rekenen op 10 % meer dan het binnenland.



Figuur 4: Zonne-energie in België

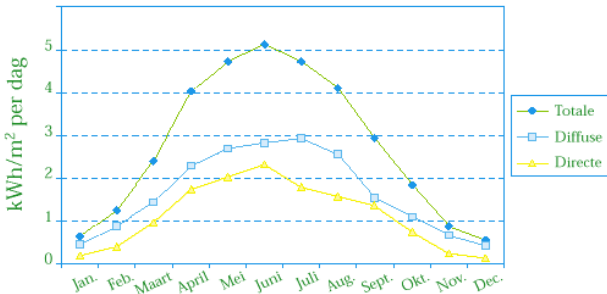
In België is 40 % van de zonnestraling direct en 60 % diffuus:

- Directe straling heeft een richting en ervaart men bij helder weer wanneer schaduwen zichtbaar zijn.
- Diffuse straling is een gevolg van reflecties, vooral door wolken. Bij bewolkt weer ziet men de zon niet, er is ook geen schaduw. De intensiteit is dan isotroop of gelijkmatig verdeeld over de hemisfeer.



Figuur 5: Transmissie van zonlicht in de atmosfeer

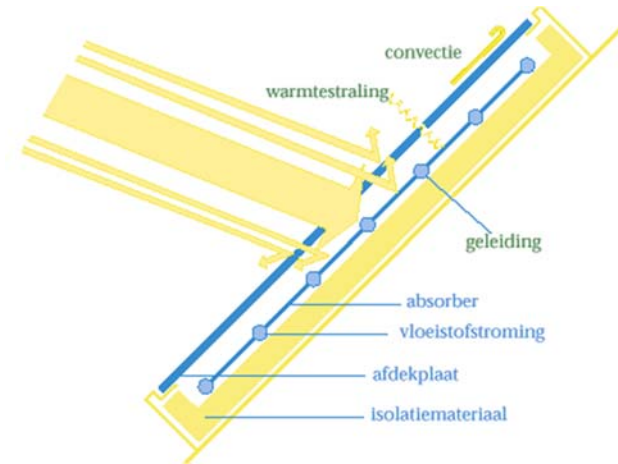
Spiegels of lenzen kunnen gebruikt worden om het zonlicht te bundelen. Door het grote aandeel aan diffuse straling kunnen in ons klimaat enkel zonnecollectoren toegepast worden met een kleine concentratiefactor, dit is de verhouding tussen de captatie- en de absorberoppervlakte. Een grote concentratiefactor voor toepassingen bij hoge temperatuur (bv. elektriciteitsproductie) is enkel weggelegd voor zonnige streken.



Figuur 6: Gemiddelde hoeveelheid zonne-energie in Ukkel, bij een hellingshoek van 10°

4 Onderdelen zonneboiler

4.1 Zonnecollector



Figuur 7: Doorsnede van een collector

De absorber vangt de zonne-energie op en geeft een groot deel daarvan door aan een vloeistofstroom. Hij is aan de voorzijde geïsoleerd met een transparante plaat, en aan de achterzijde met een hittebestendig isolatiemateriaal.

4.1.1 Collectorrendement

Het collectorrendement is de fractie van de invallende zonne-energie die wordt omgezet in nuttige warmte. Het wordt beïnvloed door de optische eigenschappen om zonlicht door te laten (transparante laag) en vervolgens om te zetten in warmte (absorber), en anderzijds het warmteverlies naar de omgeving. Dit wordt verduidelijkt in de energiebalans voor een regimetoestand, d.w.z. bij een stabiele temperatuur.

4.1.1.1 Opgewekte warmte = $E_g \cdot \tau \cdot \alpha$ waarbij:

E_g = instraling in het collectorvlak (W/m^2)
 τ = transmissiecoëfficiënt van de afdekplaat
 α = absorptiecoëfficiënt van de absorber
 η_0 = optisch rendement = $\tau \cdot \alpha$

4.1.1.2 Uitgaande warmte = $Q_n + U \cdot \Delta\theta$ waarbij

Q_n = nuttig geleverde warmte
 $U \cdot \Delta\theta$ = warmteverliezen
 U = verliescoëfficiënt (isolatiekwaliteit) ($W/m^2 \cdot K$)
 $\Delta\theta = \theta_m - \theta_L$ ($^{\circ}C$)
 θ_L = temperatuur omgevingslucht ($^{\circ}C$)
 $\theta_m = \frac{\theta_i + \theta_u}{2}$ = gemiddelde vloeistoftemperatuur ($^{\circ}C$)
 θ_i = vloeistoftemperatuur ingang collector ($^{\circ}C$)
 θ_u = vloeistoftemperatuur uitgang collector ($^{\circ}C$)

4.1.1.3 Energiebalans van een zonnecollector

Opgewekte warmte = uitgaande warmte
 of: $E_g \cdot \tau \cdot \alpha = U \cdot (\theta_m - \theta_L) + Q_n$

4.1.1.4 Rendementscurve

Mits de vereenvoudiging dat $U = c^{te}$:

$$\eta = \frac{\text{nuttige warmte}}{\text{instraling}} = \frac{Q_n}{E_g} = \eta_0 - U \cdot \frac{\Delta\theta}{E_g}$$

De invloedsfactoren kunnen worden gerangschikt in:

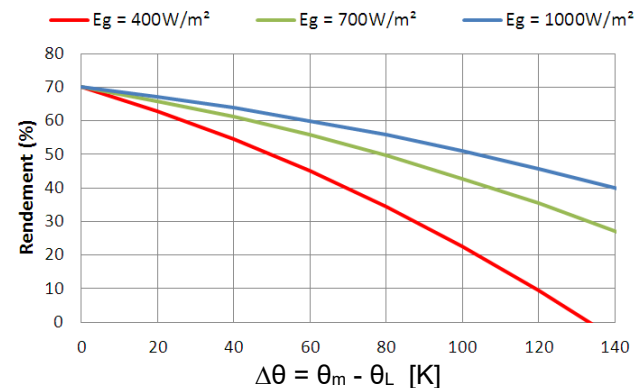
- bedrijfsomstandigheden: variabelen E_g , θ_L en θ_{mi}
- collectoreigenschappen: η_0 en $U \cong \text{constant}$

Op die manier kan de formule voor het rendement van een bepaalde collector $\eta = f(\text{bedrijfsomstandigheden})$ worden herleid tot de vergelijking van een rechte, dus van de vorm: $y = a - b \cdot x$ met $x = \frac{\Delta\theta}{E_g}$

In realiteit is U niet constant, en daarom wordt het collectorrendement in de Europese norm EN 12975-2 beschreven met de formule:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta\theta}{E_g} - k_2 \cdot \frac{(\Delta\theta)^2}{E_g^2} \quad \text{waarbij:}$$

η_0 = optisch rendement (-)
 k_1 = warmteverliesfactor eerste orde ($W/m^2 \cdot K$)
 k_2 = warmteverliesfactor tweede orde ($W/m^2 \cdot K^2$)



Figuur 8: Rendementscurve vlakkeplaatcollector met de zonne-intensiteit E_g als parameter

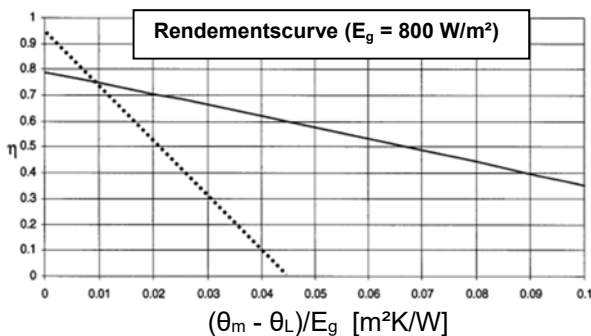
De bedrijfsomstandigheden E_g , θ_{omg} en θ_{coll} zijn afhankelijk van het weer en de toepassing van de collector (tappatroon enz.).

De collectoreigenschappen die het rendement bepalen, kunnen worden onderverdeeld in:

- optische eigenschappen: absorptiecoëfficiënt van de absorber en transmissiecoëfficiënt van de afdekplaat (zonder afdekking: $\tau=1$).

Enkel bij $\theta_m - \theta_L = 0$ is er geen warmteverlies, ongeacht de isolatiekwaliteit, waarbij $\eta = \eta_0 = \tau \cdot \alpha =$ optisch rendement.

- de verliescoëfficiënten k_1 en k_2 brengen het verlies door convectie en straling in rekening. Deze zijn bepalend voor de helling en de kromming van de rendementscurve



Figuur 9: Rendement van een zwembadcollector (stippellijn) en een vlakkeplaatcollector (volle lijn)

De curve is opgesteld voor een zonne-intensiteit van 800 W/m^2 maar het rendement kan ook bepaald worden bij andere intensiteiten. Bv. voor de vlakkeplaatcollector: voor $(\theta_m - \theta_L)/E_g = 0,08 \text{ [m}^2\text{K/W]}$ bedraagt het rendement $\eta = 0,45$, en dat doet zich voor bij $\theta_m = 79 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_L = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ en $E_g = 800 \text{ W/m}^2$ (opbrengst: $800 \times 0,45 = 360 \text{ W/m}^2$), maar ook bij $\theta_m = 47 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_L = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ en $E_g = 400 \text{ W/m}^2$ (opbrengst: $400 \times 0,45 = 180 \text{ W/m}^2$)

4.1.2 Stagnatietemperatuur

Enige tijd na het stoppen van de pomp bereikt de collector een evenwichtstemperatuur die vooral afhankelijk van de zonne-intensiteit E_g , de isolatiekwaliteit van de collector U en de buitentemperatuur θ_{omg} .

De hoogst mogelijke evenwichtstemperatuur noemt men de stagnatietemperatuur (t_{max}), en doet zich voor wanneer de zonne-intensiteit en de buitentemperatuur beiden maximaal zijn. De stagnatietemperatuur bij vlakkeplaatcollectoren kan oplopen tot $>200 \text{ }^\circ\text{C}$ en bij vacuümcollectoren nog hoger. Deze hoge temperatuur heeft gevolgen voor de materiaalkeuze en het concept:

- Alle delen die in contact komen met de absorber moeten bestand zijn tegen de stagnatietemperatuur. Stijve platen uit minerale wol bevatten bindharsen die bij hoge temperatuur vergassen en een ondoorzichtige laag leggen op de transparante bedekking. Dit is nefast voor het optisch rendement.

- Beveiliging tegen oververhitting is echt nodig, diverse manieren komen in aanmerking, zie verder.

4.1.3 Werking collectoren verbeteren

De opbrengst maximaliseren is mogelijk door het verhogen de instraling in het collectorvlak en het verlagen van de warmteverliezen. In deze beschouwing leggen we de focus op de regimetoestand waarbij geen rekening gehouden wordt met overgangsverschijnselen.

Toch even aanhalen dat om de verliezen bij opwarming en afkoeling te minimaliseren, de absorber best een kleine thermische massa heeft. Dit kan bekomen worden door een geringe vloeistofinhoud (niet nodig bij leegloopsystemen), dunne vinnen en materialen die een goede warmtegeleiding combineren met een kleine dichtheid en soortelijk warmte. Vandaar het succes van koper en aluminium.

4.1.3.1 Productspecificaties

Spectraalselectieve absorbercoating

Een spectraal selectieve laag aan de zonzijde van de absorber verenigt volgende eigenschappen:

- hoge absorptiecoëfficiënt α om de zonnearmte te absorberen en op die manier om te zetten in warmte
- lage emissiecoëfficiënt ε ter vermindering van de warmteverliezen door straling

Op het eerste zicht lijken deze eisen contradictorisch omdat beide coëfficiënten aan elkaar gelijk zijn. Toch is dit mogelijk omdat beide coëfficiënten veranderen met de oppervlaktetemperatuur. De hiermee gerelateerde golflengte verschilt sterk voor de invallende straling afkomstig v.d. zon (oppervlaktetemperatuur $5500 \text{ }^\circ\text{C}$) en de emissie van de absorber (maximumtemperatuur $200 \text{ }^\circ\text{C}$). Dit geeft deze coatings volgende kenmerken:

- In het zonnenspectrum, ongeveer gelijk verdeeld over zichtbaar en infrarood (IR) licht, is de absorptiecoëfficiënt α heel hoog ($\cong 1$).
- Bij de golflengte die de absorber uitzendt (IR) is de emissiecoëfficiënt heel laag ($\cong 0$).

Transparante bedekking

Aan de voorzijde van de absorber is de isolatie het zwakst omdat deze doorzichtig moet zijn. Hiervoor wordt glas of kunststof gebruikt. De afstand tussen de absorber en de transparante bedekking ligt rond 20 mm omdat een dikkere luchtlaag nauwelijks extra bijdraagt en de collector alleen dikker maakt. Kenmerkende eigenschappen:

- lichtdoorlatend (lage reflectiecoëfficiënt, lage absorptiecoëfficiënt)
- stabiel (UV-bestendig, bestand tegen hagel, eventueel beloopbaar...).

Isolatie

Aan de achterzijde en de randen van de absorber kan een klassiek isolatiemateriaal gebruikt worden. De laag in direct contact met de absorber moet hittebestendig zijn, afhankelijk van de stagnatietemperatuur. Bij beglaasde collectoren wordt meestal mineraalwol zonder bindharsen gebruikt. De volgende lagen kunnen eventueel stijve, zelfdragende platen zijn zodat geen bijkomende bekleding aan de achterzijde nodig is.

Overzicht

Gebaseerd op bovenstaande aspecten zijn verschillende uitvoeringsvormen van collectoren verkrijgbaar. Deze worden in §5 besproken.

Type collector	θ_{max} (°C)	η_0	k_1	k_2
Ongeïsoleerde zwembadcollector	70	0,9	12	0
Gewoon glas, zwarte absorber	140	0,75 - 0,83	1,2	0,006
Helder en anti-reflecterend glas, spectraal selectieve absorberlaag	200		4,7	0,016
Vacuüm buiscollector	250	0,73 - 80,2	1,2 - 1,37	0,005 - 0,007

Tabel 1: Parameters / verschillende collectortypes

Voor de twee meest voorkomende collectortypes geeft tabel 1 een overzicht van het rendement in functie van het temperatuurverschil tussen de collector- en de omgevingstemperatuur.

4.1.3.2 Installatie- en bedrijfsparameters

Opstellingswijze (oriëntatie, helling)

Door de schijnbare baan van de zon rond de aarde verandert de richting van de zonnestraling voortdurend. Een beweegbare opstelling is te duur, dus moet gekozen worden voor een optimale vaste opstelling.

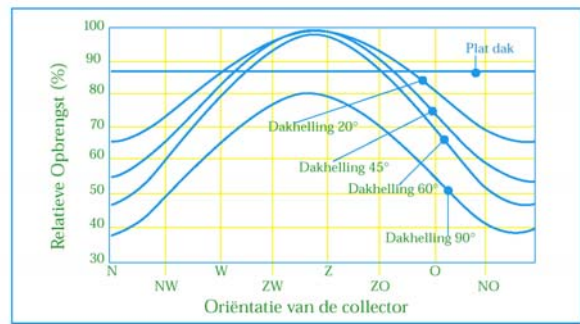
De meeste zonne-energie per jaar is er voor:

- een zuidelijk georiënteerd vlak
- een helling rond 45 °

Binnen de aangegeven tolerantie (oriëntatie ZO tot ZW en een helling van 20 tot 60°) is de hoeveelheid zonne-energie per jaar praktisch constant, maar verschoven in de tijd:

- ZW geeft meer opbrengst in de namiddag, en levert een licht voordeel t.o.v. ZO omwille van de kans op ochtendnevel en een hogere buitentemperatuur gedurende de namiddag.
- een kleinere helling geeft een grotere opbrengst tijdens de zomer, en is dus meer geschikt voor verwarming van openlucht zwembaden.

- een grotere helling geeft een grotere opbrengst tijdens de winter, en is meer geschikt voor gebouwverwarming.



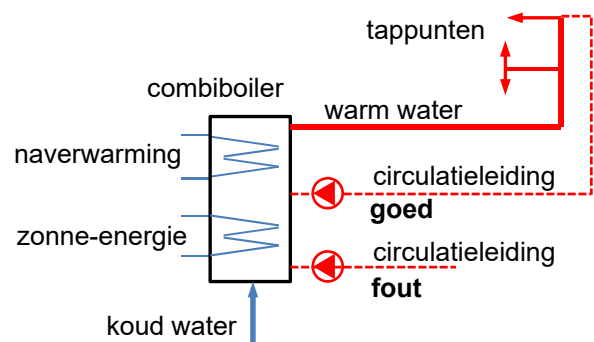
Figuur 10: Opbrengst zonneboiler bij verschillende oriëntaties en hellingshoeken

Bij de opstellingswijze hoort ook een afscherming tegen de wind, bijvoorbeeld door beplanting, waardoor een microklimaat wordt gecreëerd. Dit is een optie voor zwembadcollectoren, maar een afscherming die het zwembad zelf uit de wind zet zodat het water minder snel verdampt en afkoelt is minstens even efficiënt.

Collectortemperatuur θ_{coll} verlagen

De warmteverliezen kunnen verminderd worden door de collectortemperatuur te verlagen. Dit is mogelijk op volgende manieren:

- een geschikte toepassing zoeken onder de vorm van een verbruiker van warmte bij lage temperatuur, bv. sanitair warm water, zwembadwater...
- onderdelen correct dimensioneren: de oppervlakte van de collector en het volume van het opslagvat moeten in proportie zijn met het warmteverbruik, en warmtewisselaars moeten voldoende groot gedimensioneerd worden om te kunnen werken met een klein temperatuurverschil...
- regels van goed vakmanschap respecteren, bv. temperatuurgelaagdheid in het opslagvat accentueren door tegenstroomprincipe toe te passen, door het debiet correct in te stellen en door bijverwarming en zonnewarmte strikt van elkaar te scheiden mits een goede positionering van de terugvoer.



Figuur 11: Goede en foute aansluiting circulatieleiding

4.2 Opslagvat (boiler of buffervat)

De opbrengst van een zonneboiler hangt in grote mate af van het volume van het opslagvat.

- Enerzijds kan in een groot vat meer energie worden opgeslagen, zodat een langere periode met onvoldoende zon kan worden overbrugd. Bij een te klein vat gaat vaker beschikbare zonne-energie verloren omdat ze niet gebuikt of gebufferd wordt.
- Anderzijds zijn er ook voordelen aan een kleiner vat. Het is sneller op temperatuur zodat de zon in een kortere tijd water bij gebruikstemperatuur kan leveren, het warmteverlies is kleiner en het is goedkoper in aanschaf.

Optimalisatie is dus aan de orde. Het afnamepatroon is hierbij van doorslaggevend belang. Bij een verspreide afname zoals dit zich voordoet bij collectieve systemen in grote appartementsgebouwen is in verhouding tot de collectoroppervlakte veel minder opslag nodig.

De boiler heeft ook een belangrijke functie bij de beveiliging tegen oververhitting, vooral bij glycol-gevulde installaties. Daar mag het vat zeker niet te klein zijn. De distributiemaatschappijen nemen dit op in hun subsidievoorwaarden.

Temperatuurgelaagdheid of stratificatie is het fenomeen waarbij het warmste water zich aan de bovenzijde en het koudste water zich aan de onderzijde van het vat nestelt. Het ontstaat vooral tijdens het ontladen van het vat. Veronderstel een opgewarmd opslagvat. Bij het openen van de warmwaterkraan stroomt koud water aan de onderzijde in het opslagvat en duwt het warme water voor zich uit. Door de verschillende dichtheid van koud en warm water blijft de temperatuurgelaagdheid lange tijd bestaan, ondanks geleiding in het water en de wand.

Door het warme water aan de bovenzijde af te tappen, en de zonnewarmte aan de onderzijde toe te voeren, beschikt men over warm water terwijl de collector aan een beter rendement de koudste lagen kan opwarmen. Daarom is stratificatie een gunstige eigenschap en wordt bevorderd door:

- voorraadvat verticaal opstellen
- voorgeschreven aansluitingen respecteren
- menging in het vat voorkomen door middel van schermen aan de in- en uitlaatopening.

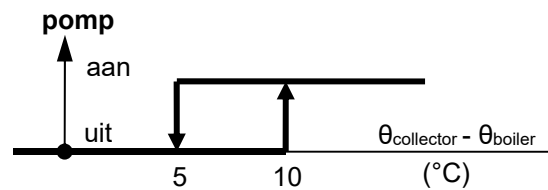
Een warmtewisselaar (geïntegreerd in het opslagvat, geïntegreerd in het leegloopvat of losstaand) garandeert een scheiding tussen de vloeistof in de collector en het water in het opslagvat. Dit is nodig omdat het opslagvat gebruikswater bevat, en het collectorcircuit gevuld is met antivries. Bij terugstroomsystemen waar het collectorcircuit gevuld kan zijn met water blijft een warmtewisselaar nodig om het leeglopen van

de collector mogelijk te maken, en om de collector te beschermen tegen kalkaanslag.

Het warmtewisselend oppervlak moet voldoende groot zijn voor een klein temperatuurverschil tussen de transportvloeistof en het opslagvat. Bij een gegeven temperatuur in het opslagvat zou de collector anders op een hogere temperatuur moeten werken, wat de warmteverliezen in de collector verhoogt.

4.3 Regeling

De basisregeling is een differentiaalthermostaat. Deze doet de circulatiepomp draaien wanneer de temperatuur in de collector hoger is dan de temperatuur in het opslagvat. De werking wordt verduidelijkt in het voorbeeld (indicatieve temperaturen).



Figuur 12: Differentiaalthermostaat met hysteresis

De aan/uit regeling maakt gebruik van een hysteresis om de schakelfrequentie te beperken. De pomp start wanneer de temperatuur in de collector 10 $^{\circ}\text{C}$ hoger is dan de temperatuur aan de onderzijde van de boiler. Pas wanneer dit temperatuurverschil gedaald is tot 5 $^{\circ}\text{C}$ stopt de pomp.

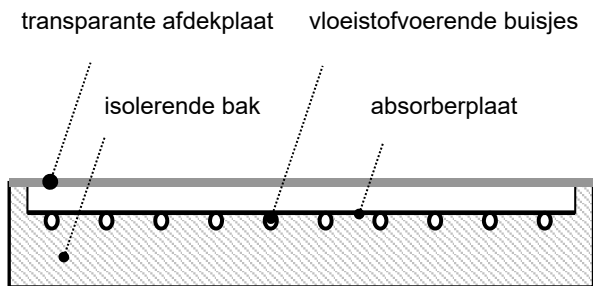
Steeds meer wordt toerentalregeling toegepast. Dit vermindert niet alleen het energieverbruik van de pomp maar het kan ook de opbrengst verhogen. Zo kan de pomp al bij minder gunstige omstandigheden starten bij een laag toerental, en wordt bij gunstige omstandigheden het toerental verhoogd om het rendement te verbeteren.

5 Types zonnecollectoren

Vacuümcollectoren zijn door hun goede isolatiekwaliteit interessanter in een kouder en somberder klimaat (Noord-Europa). Vlakkeplaatcollectoren zijn goedkoper en genieten de voorkeur in een warmer en zonniger klimaat (Zuid-Europa). België zit in de tussenzone, vacuüm- en vlakkeplaatcollectoren kunnen er allebei.

Naast deze collectoren die hoofdzakelijk gebruikt worden voor sanitair warm water, zijn er ook naakte collectoren voor zwembadverwarming. Alle hebben ze één gemeenschappelijk kenmerk: het absorberend oppervlak dat de zonnewarmte capteert is thermisch zo goed mogelijk verbonden de vloeistofkanalen met het oog op een klein temperatuurverschil tussen beide. Bij slecht thermisch contact zou het absorberoppervlakt veel warmer zijn dan de vloeistof die erdoor stroomt, wat het warmteverlies zou verhogen.

5.1 Vlakkeplaatcollectoren



Figuur 13: Vlakkeplaatcollector

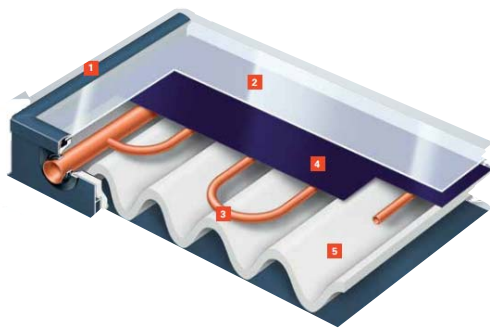
Een vlakkeplaatcollector is een ondiepe bak, geschikt voor in- of opbouw. De absorber als hoofdonderdeel is onderaan en aan de randen geïsoleerd met hittebestendig materiaal, en aan de bovenzijde afgedekt met een transparante plaat (meestal helder en gehard glas) om afkoeling door convectie (wind) te verminderen.

Voordeel:

- multifunctioneel
- goede prijs/prestatieverhouding
- diversiteit aan uitvoeringen en montagewijzen

Nadeel:

- Bij hogere watertemperaturen en lagere buitentemperaturen presteren ze minder goed dan vacuümbuiscollectoren, en vereisen dus een grotere oppervlakte.



Figuur 14: Vlakkeplaatcollector (Viessmann Vitosol 200-FM)

1: frame, 2: transparante afdekking, 3: meandervormige buis voor transportvloeistof, 4: spectraalselectieve absorberplaat, 5: isolatie

Door de kleine vermogensdichtheid van de zon (een laag vermogen per m^2 : $<1000 \text{ W/m}^2$) zijn grote oppervlaktes nodig, en de voorzijde van collectoren is transparant en moeilijk te isoleren. Dat levert bij volle zon in combinatie met extreme hitte toch nog een stagnatietemperatuur rond 200°C , maar dan is er geen opbrengst. Het nuttig vermogen stijgt naarmate de absorbertemperatuur daalt, en dat hangt af van de toepassing.

Dit type collector is geschikt voor sanitair warm water. Verwarmingsondersteuning is ook mogelijk, maar dan in combinatie met afgiftesystemen die werken op zeer lage temperatuur zoals vloerverwarming.

5.2 Vacuümbuiscollectoren

Een vacuümbuiscollector bestaat uit een aantal naast elkaar geplaatste buizen uit hittebestendig glas (borosilicaat) waarin een absorber verwerkt is. Vacuüm is de manier bij uitstek om warmteverliezen door geleiding en convectie te verminderen. De buis is een erg geschikte vorm om te weerstaan aan de krachten die ontstaan door dit vacuüm aan de ene zijde en de atmosferische druk aan de andere zijde van het glas.

In vergelijking met vlakkeplaatcollectoren zijn vacuümbuiscollectoren duurder maar ze hebben een hoger rendement, en dat heeft twee voordelen:

- toepasbaar voor temperaturen tot 90°C en meer
- vacuümbuiscollectoren blijven langer werken bij dalende zonne-intensiteit. Een kleinere oppervlakte volstaat voor eenzelfde jaaropbrengst. Dit kan belangrijk zijn bij een beperkte dakoppervlakte. De huidige subsidieregeling met een vast bedrag per m^2 waardeert deze kwaliteit echter niet.

Door het hogere rendement en de kleinere oppervlakte is bij vacuümbuiscollectoren de opbrengst beter gespreid over het jaar: meer opbrengst tijdens de winter door het beduidend hoger rendement, maar minder opbrengst tijdens de zomer door de kleinere oppervlakte. Dit laatste vermindert ook de kans op oververhitting. Een simulatie moet aantonen welk systeem (vlakkeplaatcollector versus vacuümbuiscollector) op lange termijn het goedkoopst is, rekening houdend met de investering en de energiebesparing op lange termijn.

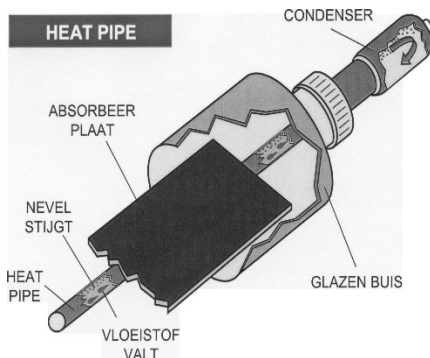
De getter is een klein recipiënt met aaneen gekit poeder van bariumaluminaat, en wordt gebruikt om tijdens het productieproces het vacuüm te creëren en nadien ook in stand te houden. Nadat de buis luchtledig gemaakt en dichtgesmolten is, heerst er een matig vacuüm. Vervolgens wordt de getter verhit waardoor zuivere barium vrijkomt. Dit slaat neer en laat onderaan op de vacuümbuis een zilverkeurige bariumspiegel achter. Bij een lek reageert barium met de resterende gassen voor het bekomen van een ultra-hoog-vacuüm. Er blijft voldoende barium over voor het opvangen van de gassen die binnendringen onder invloed van diffusie doorheen het glas. Eenmaal alle barium opgebruikt is, bijvoorbeeld na beschadiging van de buis of de dichting, blijft een wit poeder achter waardoor de bariumspiegel een indicator is voor het vacuüm.



Figuur 15: Bariumspiegel in een vacuümbuis

5.2.1 Heatpipe vacuümbuiscollectoren

Een smalle absorber die zich in de vacuümbuis bevindt, is verbonden met een heatpipe. Dat is een gesloten metalen buisje gevuld met een vloeistof en haar damp, bv. water en waterdamp.



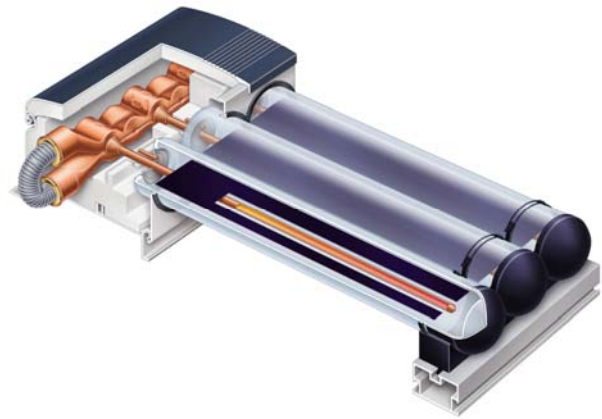
Figuur 16: Werkingsprincipe van een heatpipe

Een heatpipe is vergelijkbaar met een staaf die de warmte perfect geleidt. Ze wordt altijd verticaal of schuin opgesteld, waarbij de warmtebron onderaan en de afkoeling bovenaan gebeurt. De heatpipe mag niet horizontaal opgesteld worden vanwege het werkingsprincipe dat berust op de zwaartekracht, maar bij sommige merken en types is de nodige helling zo klein dat dit kan beschouwd worden als een horizontale opstelling met afschot (condensator altijd op het hoogste punt). De buizen worden best ook niet verticaal opgesteld vanwege de lagere bezonning en een veilige bevestiging van de buizen.

De warmtebron is hier de zon die een deel van de vloeistof doet verdampen. De damp verspreidt zich over de buis en de condenser bovenaan. Deze is d.m.v. inklemming in thermisch contact met de koelvloeistof, meestal het glycolcircuit naar de boilerwarmtewisselaar.

Wanneer de koelvloeistof een lagere temperatuur heeft dan de condensor, condenseert een deel van de damp en geeft haar condensatiewarmte af. De ontstane vloeistof stroomt door de zwaartekracht naar beneden en verdampt in contact met de warmere absorber. Door de tweefasige toestand (vloeistof en damp in eenzelfde ruimte) is de temperatuur in de 2 m lange heatpipe zeer gelijkmatig en is de warmteoverdracht excellent.

Wanneer de temperatuur van de condensor lager wordt dan de temperatuur van de koelvloeistof, stopt dit proces en blijft de collector die bovenaan goed geïsoleerd is, lange tijd warm in afwachting van een nieuwe opklaring.



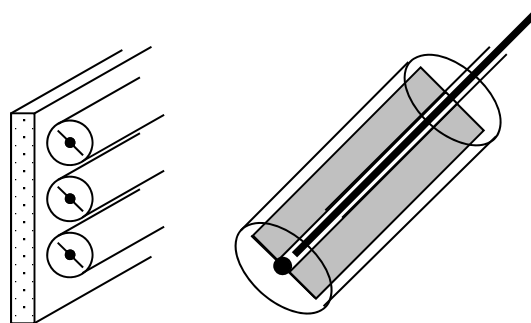
Figuur 17: Heatpipecollector (Viessmann Vitosol 300-T)

Een belangrijke reden om bij buiscollectoren het heatpipeprincipe toe te passen is het feit dat maar er één dichting glas/metaal nodig is, zodat de absorber onderaan vrij kan uitzetten en krimpen zonder risico op glasbreuk.

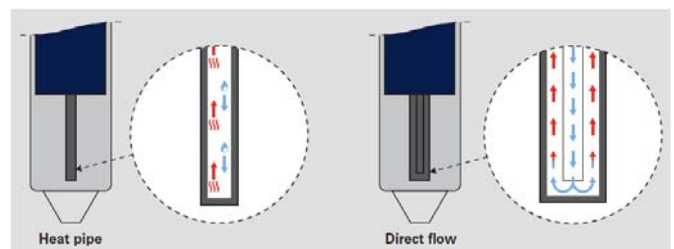
5.2.2 Doorstroom vacuümbuiscollectoren

Qua uitzicht lijken deze collectoren op heatpipe vacuümbuiscollectoren. De heatpipe is hier vervangen door twee concentrisch metalen buizen waar de koelvloeistof doorheen stroomt. Er is hier ook maar één dichting tussen het glas en de metalen buizen zodat het andere einde vrij kan bewegen om thermische uitzetting mogelijk te maken.

Deze buizen mogen horizontaal opgesteld worden, in tegenstelling tot heatpipecollectoren.



Figuur 18: Doorstroom vacuümbuiscollector

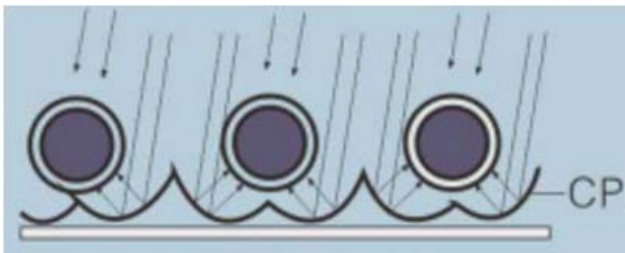


Figuur 19: Heatpipe versus doortroomprincipe (Viessmann)

5.2.3 Dubbelwandige vacuümcollectoren

Dubbelwandige vacuümcollectoren zijn te vergelijken met een thermosfles, met dat verschil dat de buitenzijde van de binnenwand voorzien is van een zwarte laag, en niet een reflecterende zoals bij een thermosfles. De ruimte tussen de glazen buizen is dichtgelast, er is dus geen dichting is tussen metaal en glas. Dit is een voordeel, want elke dichting kan in uitzonderlijke gevallen lekken.

De achterzijde is meestal voorzien van een spiegel om het aantal buizen te reduceren. De spiegel is zodanig gekromd (compound parabolic concentrator, CPC) dat zowel directe als diffuse straling weerkaatst worden.



Figuur 20: CPC-concentrator

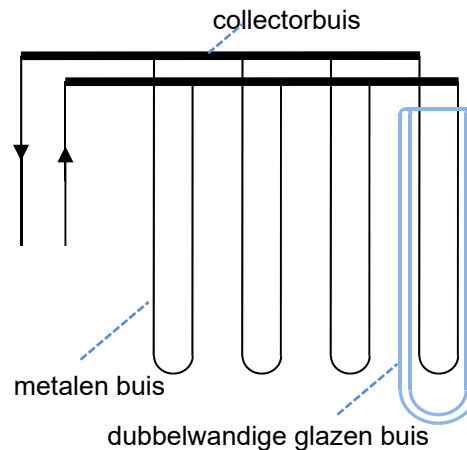
De ontwikkelde warmte ter hoogte van de glazen binnenbuis wordt d.m.v. geleiding via een geplooide vin naar een metalen U-vormige buisje getransporteerd en zo afgevoerd door water of glycol. Ook heat-pipes worden hier toegepast.

Water heeft het voordeel dat rechtstreekse aansluiting met een buffervat mogelijk is, zonder warmtewisselaar. Dit heeft twee grote voordelen:

- Warmtewisselaars duur en met watergevulde collectoren zijn die voor verwarmingsondersteuning niet nodig. Het is goedkoop om extra veel aansluitnippels te voorzien voor warmteopslag op verschillende hoogtes en temperatuurlagen.
- Men vermijdt de temperatuursprong die nodig is bij elke warmtewisseling, zodat voor eenzelfde toepassing een lagere collector-temperatuur mogelijk is, met een hoger rendement tot gevolg.

Beveiliging tegen bevriezing gebeurt bij deze watergevulde collector door de pomp af en toe kortstondig te laten draaien, met verlies van een kleine hoeveelheid lagetemperatuurwarmte.

Oververhitting wordt voorkomen door een voldoende groot opslagvat te kiezen, en indien nodig drinkwater te spuien.



Figuur 21: Aansluiting CPC vacuümcollector

5.3 Zwembadcollectoren

Zonnecollectoren kunnen bij openluchtwembaden het zwemseizoen op een duurzame manier zonder CO₂-uitstoot verlengen zonder buitensporige energiekosten. Door het gebruik van deze zwembaden tijdens de zomer, de periode waarin de temperatuur van de collector en de lucht elkaar zeer dicht benaderen, is isolatie van de absorber niet nodig. Dit maakt de typische zwembadcollectoren niet alleen relatief goedkoop, het heeft nog meer gunstige gevolgen:

- De afwezigheid van de transparante bedekking die een deel van het licht tegenhoudt, verhoogt het optisch rendement.
- Door de afwezigheid van isolatie blijft de temperatuur van de absorber beneden 70°C zodat kunststoffen als PE of EPDM kunnen worden toegepast. Deze hebben het voordeel dat ze bestand zijn tegen chloor, wat niet gezegd kan worden van gebruikelijke metalen. Hierdoor kan het zwembad rechtstreeks door de collector stromen, zonder warmtewisselaar. Dat is goedkoper, en het is ook gunstig voor het rendement want de temperatuur aan de ingang van de collector is niet hoger maar gelijk aan de temperatuur in het zwembad.

Er is ook geen opslagvat nodig want het zwembad zelf is de warmtebuffer.

Voordelen:

- uitstekende prijs/prestatieverhouding
- diversiteit aan uitvoeringsvormen en montagewijzen

Nadelen:

- laag rendement bij hogere watertemperaturen, dus toepassing beperkt tot openluchtwembaden.

6 Bevriezing/oververhitting

Ondanks een transparante bedekking daalt de temperatuur van de absorber vrij snel wanneer de zonne-intensiteit daalt. Bij een open hemel 's nachts zakt de temperatuur zelfs onder de luchttemperatuur, te wijten aan warmteverlies door straling.

Anderzijds moeten vlakkeplaatcollectoren bij montage afgeschermd worden tegen de zon om de monteurs te beschermen tegen verbranding, en om stoomvorming tijdens het vullen te vermijden.

Wanneer de collectoroppervlakte te groot is in verhouding tot het verbruik en het boilervolume, stijgt de kans op oververhitting. Dat probleem doet zich vooral voor tijdens de zomer wanneer de bewoners langdurig afwezig zijn.

Er zijn diverse manieren om de collector te beschermen tegen bevriezing. Hiermee samenhangend kan de bescherming tegen oververhitting verschillend zijn.

6.1 Glycolvulling

Propyleenglycol is de meest gebruikte vloeistof voor zonnecollectoren. Het behoort tot de Belgaqua-categorie 3 en laat hierdoor een eenvoudige beveiliging tegen terugstroming toe.

De beveiliging tegen bevriezing wordt gegarandeerd door periodiek het vriespunt te controleren met een refractometer. Dat is een optisch meettoestelletje dat ook door wijnbouwers wordt gebruikt om het suikergehalte van de druiven te meten. Bij zo een periodieke controle wordt tegelijk de pH gemeten, want onder invloed van hoge temperatuur kan de glycol verzuren en corrosief worden.

Met glycol is de beveiliging tegen bevriezing afdoende afgedekt. Verder is het de taak van de regelaar en het expansievat om oververhitting tegen te gaan. De werking is als volgt:

- Stap 1: preventieve pompstop
Om het systeem te beschermen tegen te hoge temperatuur, wordt de pomp al uitgeschakeld wanneer de boiler nog niet overdreven warm is (bv. 70 °C) zodat er nog restcapaciteit is om de volgende stappen in de beveiliging mogelijk te maken. Door het wegvallen van de stroming komt de ondergedompelde warmtewisselaar terug in evenwicht met het tapwater en koelt daarbij enkele graden af, voldoende om de pomp terug te doen starten. Na enkele aan-uit cycli stopt de pomp voor langere tijd, waarbij de collectortemperatuur mogelijk te hoog wordt, met kans op koken.
- Stap 2: collectorkoeling
Om koken van de collectorvloeistof te voorkomen (dit gebeurt rond 140 °C,

afhankelijk van de druk), gaat de pomp opnieuw draaien bij een collectortemperatuur rond 110 °C om bij een iets lagere temperatuur terug stil te vallen. De pomp pendelt met een hysteresis rond deze collectortemperatuur. Hoewel bij deze hoge temperatuur het collectorrendement laag is, wordt tijdens deze collector-koelfase de boiler verder opgewarmd, zij het traag. De warmteverliezen in de leiding helpen immers bij de afkoeling. Om oververhitting van de boiler te vermijden, moet het boilervolume voldoende groot zijn, dit in verhouding tot de collectoroppervlakte. Het doel is een volledige dag te kunnen overbruggen, want pas gedurende de nacht kan de boiler opnieuw gekoeld worden om dit koelproces de volgende dagen te kunnen herhalen.

Koeling van de boiler via de collectoren gebeurt door de pomp te laten werken zodra aan volgende voorwaarden voldaan is:

- boilertemperatuur is te hoog (bv. >70 °C)
- collector is voldoende afgekoeld en significant kouder dan de boiler

Bij vacuümcollectoren lukt dat koelen niet zo goed; daarom mag de collectoroppervlakte daar zeker niet te groot zijn.

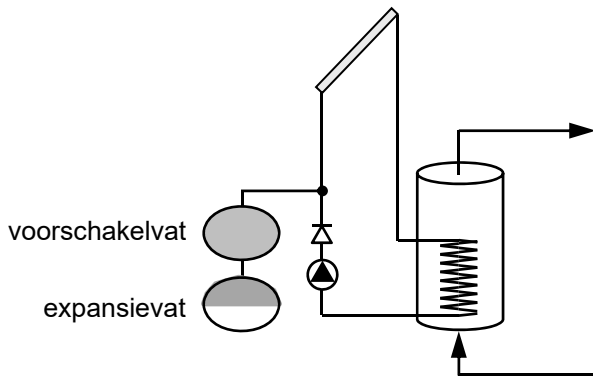
- Noodstop: In uitzonderlijke situaties benadert de boilertemperatuur het kookpunt waarbij de pomp moet worden stilgelegd. De kans is groot dat de collectortemperatuur dan stijgt boven het kookpunt van glycol dat ligt rond 140 °C, afhankelijk van de ingestelde druk. Hierbij vult de collector zich met stoom. Wanneer na deze pompuitschakeling de boilertemperatuur daalt, mag de pomp pas terug beginnen werken wanneer men zeker is dat alle stoom opnieuw gecondenseerd is, dus wanneer de collectortemperatuur voldoende gedaald is.

Stoomvorming in de collector is meestal niet destructief, een goede installatie is daarop voorzien. Toch moet het worden vermeden omdat temperaturen >180 °C de levensduur van glycol vermindert. Daarom en ook om economische redenen is een goede afstemming van de collector en de boiler in verhouding tot de toepassing cruciaal. Een te grote collectoroppervlakte moet vermeden worden.

Om te vermijden dat glycol al zou koken bij temperaturen <140 °C, moet de systeemdruk correct ingesteld en periodiek gecontroleerd worden. Het expansievat verdient hierbij extra aandacht, zowel dimensionering, plaats van aansluiting als onderhoud:

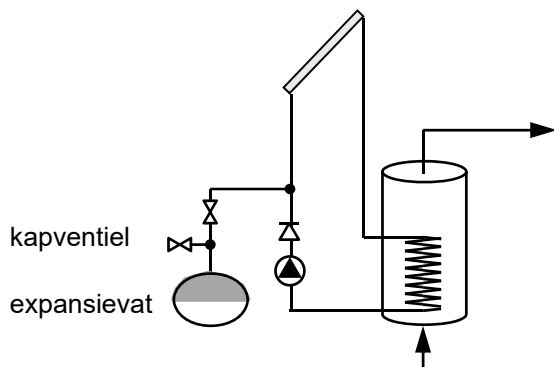
- De dichtheid van stoom is zo klein dat in stoomfase bijna de volledige de massa glycol uit de collector naar het expansievat wordt verdreven. De grootte van het expansievat moet dus berekend worden op de uitzetting van de collectorvloeistof vermeerderd met de vloeistofinhoud van de collector.
- De voordruk van het expansievat en de einddruk van het veiligheidsventiel moeten aangepast zijn aan de hoge systeemdruk. De warmtewisselaar van de boiler moet dus weerstaan aan hogere drukken om kleinere expansievaten te kunnen toepassen.

- Het expansievat is aangesloten aan de perszijde van de pomp, stroomafwaarts van de terugslagklep. Dit is nodig om de pomp te vrijwaren van te hoge temperatuur, en om bij stoomvorming de vloeistof te laten wegdrukken aan beide aansluitingen van de collector. Met de pomp aan de zuigzijde (zoals bij cv-installaties) zou de collector volledig leegkoken via de collectoruitgang, zodat een groot deel van de installatie lang aan een zeer hoge temperatuur wordt blootgesteld.
- Bij grote installaties is een voorschakelvat (vat zonder membraan, figuur 22) wenselijk om het membraan dat zich in het expansievat bevindt, te beschermen tegen te hoge temperatuur. Bij kleine installaties volstaat een voldoende lange, niet geïsoleerde koelleiding naar het expansievat, en indien dit niet mogelijk is, kan ook een koeler (zie figuur 24) voorgeschakeld worden. Dit is een speciale radiator die voorzien is van een koude voorzijde om de gebruikers te beschermen tegen verbranding. Het voordeel van een radiator of een niet geïsoleerde leiding is de kleinere vloeistofinhoud die maakt dat het expansievat beduidend kleiner kan zijn.



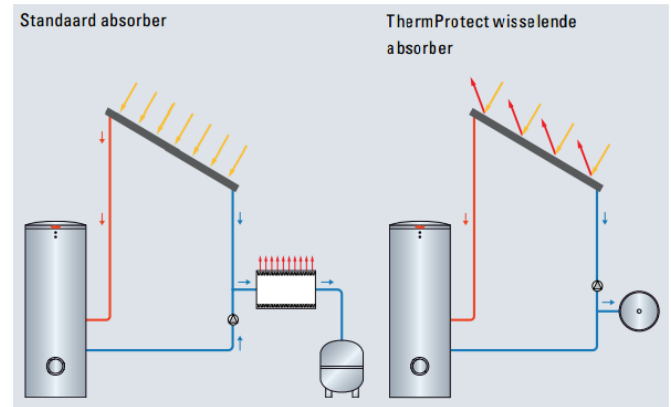
Figuur 22: Zonneboiler met voorschakelvat

- Een kapventiel is een essentieel onderdeel om de voordruk van het expansievat te kunnen meten zonder de ganse installatie te moeten ledigen. Dit behoort tot de code voor goede praktijk bij expansievaten met variabele druk, ook voor centrale verwarmingsinstallaties.



Figuur 23: Expansievat met kapventiel

Sinds kort wordt een spectraal selectieve laag toegepast waarbij de kristalstructuur van de absorberlaag verandert boven 75 °C. Hierbij vermindert de absorptiecoëfficiënt wat de stagnatietemperatuur doet dalen tot 140 °C. Op die manier is stoomvorming uitgesloten (fail-safe) op voorwaarde van een voldoende hoge glycoldruk in de collector (>3,5 bar). Bij dalende temperatuur keert de kristalstructuur terug naar de originele toestand voor een hoog rendement, en dit proces kan zich onbeperkt herhalen.



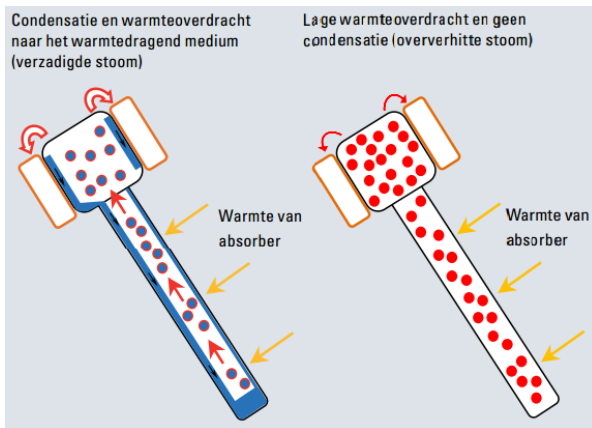
Figuur 24: ThermProtect-coating (Viessmann Vitosol 200-FM)

Links: collector met standaard spectraal selectieve laag en koeler opgesteld voor het expansievat

Rechts: ThermProtect-coating met expansievat aan zuigzijde van de pomp, zonder koeler

Deze ontwikkeling vervangt hogergenoemde beveiligingen (regeling, voorschakelvat, koeling in de leiding naar het expansievat...) en maakt systemen eenvoudiger en goedkoper. De lagere systeemtemperatuur is ook gunstig voor de levensduur van dichtingen, pompen en kleppen en vermijdt degradatie van glycol. Ook de opbrengst is hoger omdat bij dalende boiler temperatuur de pomp onmiddellijk kan worden ingeschakeld, terwijl bij de conventionele spectraalselectieve coatings moet gewacht worden tot de collectortemperatuur gedaald is en alle stoom gecondenseerd.

Bij heatpipe vacuümbuiscollectoren kan de beveiliging tegen te hoge temperatuur gebeuren door bij fabricage de heatpipe met een beperkte hoeveelheid van een geschikte vloeistof te vullen zodat bij een collectortemperatuur rond 145 °C alle vloeistof verdampt is. Op dat ogenblik stopt het warmtetransport en stijgt de collectortemperatuur naar haar evenwichtstemperatuur. Die kan zeer hoog zijn, afhankelijk van de zonneintensiteit, maar de collector is hiertegen bestand. Het voordeel van deze werkwijze is dat de boiler op een heel eenvoudige manier fail-safe beveiligd is tegen oververhitting.



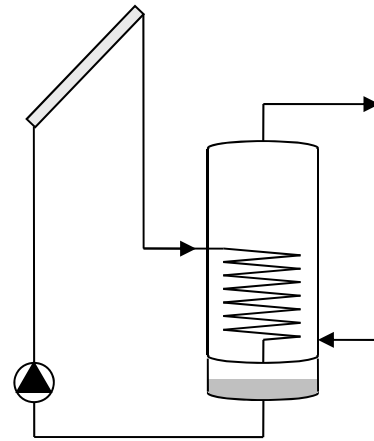
Figuur 25: Beveiliging tegen te hoge temperatuur bij heatpipecollector (Viessmann Vitosol 300-T)

6.2 Terugloopsysteem

Bij terugloopsystemen is het primair circuit deels gevuld met water of glycol, deels met lucht. De werking is als volgt: wanneer bij voldoende zon de pomp start (bediend door de differentiaalthermostaat) stroomt de vloeistof uit het leegloopvat naar boven in de collectoren en zo terug naar het opslagvat. De lucht in de collectoren wordt hierbij naar het terugloopvat verplaatst. Bij het uitschakelen van de pomp stroomt het water in tegengestelde richting naar beneden. De collectoren vullen zich terug met lucht, de vloeistof komt terecht in het leegloopvat. Bij dit systeem is het belangrijk dat de collector hoger geplaatst wordt dan het leegloopvat. Vulling met glycol wordt hier enkel toegepast voor het geval de leidingen slecht geplaatst zijn, met punten waar water kan blijven staan en bevriezen.

In rust (pomp uit) zijn de collector en de leidingen buiten het gebouw leeg. Op deze manier wordt vorstschade voorkomen. De pomp wordt ook uitgeschakeld wanneer de temperatuur in het opslagvat te hoog wordt (bv. 90 °C). De collector wordt dan niet meer gekoeld en kan dan zeer warm worden. Omdat er op dat ogenblik geen vloeistof in de collector aanwezig is, kan geen stoom gevormd worden. Een terugloopsysteem beveiligt dus ook uitstekend tegen oververhitting. Terug inschakelen van de pomp mag pas gebeuren wanneer de collector voldoende afgekoeld is om stoomslag te voorkomen.

Bij de meeste terugstroomsystemen is het terugloopvat ingebouwd in het opslagvat, of is de ingebouwde warmtewisselaar met grote vloeistofinhoud tegelijk het terugloopvat. Op deze manier is er maar één pomp nodig. Deze moet wel in staat zijn om het hoogteverschil tussen het terugloopvat en de bovenzijde van de collector te overwinnen. Daarom draait de pomp bij elke opstart enkele minuten op hoog toerental.

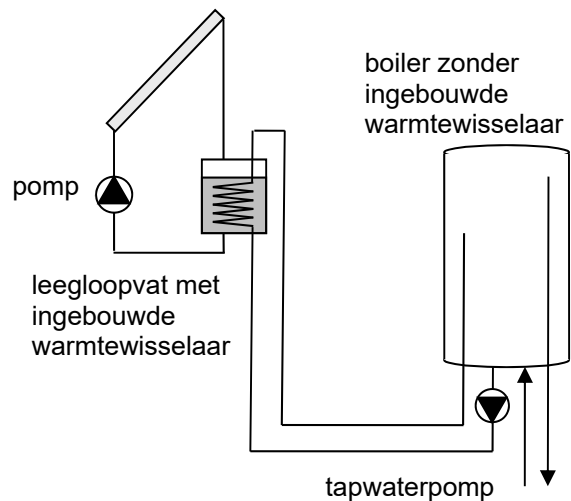


Figuur 26: Zonneboiler met terugstroomprincipe

Bij het terugstroomsysteem van fig. 27 doet het leegloopvat tegelijk dienst als warmtewisselaar. Hierdoor moet het opslagvat niet uitgerust zijn met een warmtewisselaar. Dit heeft als belangrijkste voordeel dat het hoogteverschil tussen de collector en het opslagvat niet meer beperkend is. Er zijn wel twee pompen nodig, waarvan één voor leidingwater (corrosiebestendig).

De aansluitingen en stromingszin zijn belangrijk voor:

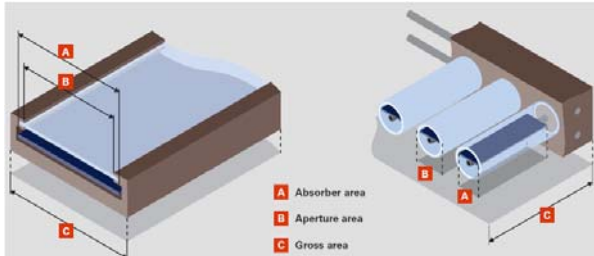
- ontluchting van de collectoren
- de tegenstroomwarmtewisseling
- de temperatuurgelaagdheid



Figuur 27: Zonneboiler met terugstroomprincipe (variant)

7 Oppervlakte-indicatoren

Bij thermische zonnecollectoren worden drie verschillende oppervlakte-indicatoren gebruikt voor de bepaling van de omvang en de prestaties. Bij vlakkeplaatcollectoren is het verschil beperkt, maar bij buiscollectoren kan dit tot verwarring leiden en is een goed begrip essentieel.



Figuur 28: Absorber-, apertuur-en bruto-oppervlakte (Viessmann)

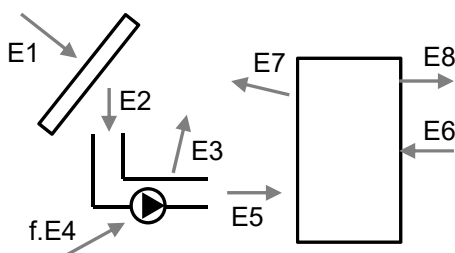
De bruto-oppervlakte gebaseerd op de buitenafmetingen is bepalend bij de plaatsing.

De absorberoppervlakte is gebaseerd op afmetingen van de absorber waarbij overlapping van vinnen niet worden meegerekend omdat dit niet bijdraagt tot de opbrengst. Bij ronde absorbers zoals bij dubbelwandige buiscollectoren is de absorberoppervlakte groter dan de bruto-oppervlakte. Spiegels kunnen helpen om deze oppervlakte beter te benutten.

De apertuuroppervlakte is de grootste oppervlakte langs waar de zon kan binnentreden. Bij vlakkeplaatcollectoren zonder spiegel is dat de glasoppervlakte, bij buiscollectoren is dat de dwarsdoorsnede van de buis. Met een spiegel achter de buizen is de apertuuroppervlakte gelijk aan de geprojecteerde spiegeloppervlakte.

8 Prestatiefactoren

Een overzicht van de energiestromen is nodig om de prestaties te kunnen beoordelen.



- E1: instraling in het collectorvlak
- E2: energie uit de collector
- E3: warmteverlies primaire kring
- E4: energieverbruik collectorpomp
- f: fractie van pompenergie in warmte omgezet
- E5: energietoevoer collector (=collectorbijdrage)
- E6: energietoevoer naverwarming
- E7: warmteverlies opslagvat
- E8: netto warmtevraag warm water

Figuur 29: Overzicht energiestromen

8.1 Collectorbijdrage

Voor een zonneboiler is de **collectorbijdrage** E5 gelijk aan de warmte geleverd door de collector E2, verminderd met de warmteverliezen van de primaire kring (E3), en vermeerderd met de warmte van de circulatiepomp (f.E4). Ze is bij benadering gelijk aan de hoeveelheid warmte die finaal door de zonneboiler bespaard wordt, want er wordt hierbij nog geen rekening gehouden met:

- de vermeden verliezen van de naverwarming zoals rookgas- en stilstandsverliezen van een ketel. Dit hangt zeer sterk af van de configuratie, want bij voorkeur wordt de ketel gedurende een groot deel van de zomer uitgeschakeld, waardoor er ook geen stilstandsverliezen meer zijn, of soms blijft de ketel op temperatuur waardoor de stilstandsverliezen gewoon blijven bestaan.
- de extra warmteverliezen van de boiler, want het opslagvat van een zonneboiler is vaak groter en warmer

De collectorbijdrage hangt dus af van vele factoren die niet alleen te maken hebben met de zonne-installatie zelf, maar ook met de randvoorwaarden:

- collector: grootte, kwaliteit, opstelling, locatie...
- configuratie: interne/externe warmtewisselaar, manier van naverwarming...
- warmteverlies primaire kring
- warmtewinst door circulatiepomp
- opslagvat: grootte, isolatiekwaliteit...
- waterverbruik: hoeveelheid, tappatroon...

Met zoveel invloedsfactoren is het duidelijk dat de collectorbijdrage enkel kan berekend worden met computersimulaties.

8.2 Dekkingsgraad

De **dekkingsgraad** D (%) geeft de fractie van de warmtebehoefte voor sanitair warm water dat door de zonneboiler geleverd wordt.

$$D = \frac{\text{collectorbijdrage}}{\text{netto warmtevraag} + \text{warmteverlies opslagvat}} \cdot 100$$

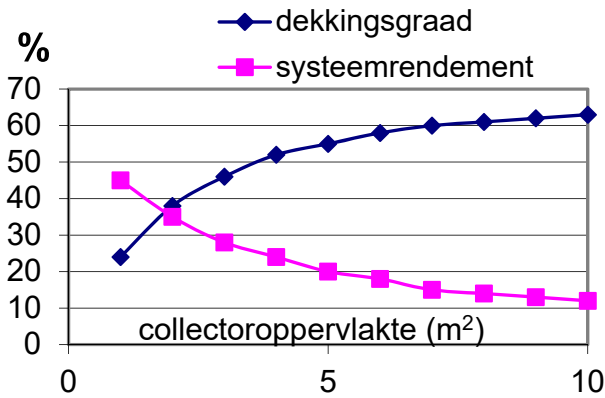
Een dekkingsgraad van 60 % betekent dat van de energie die nodig zou zijn voor het sanitair warm water, er 60 % bespaard wordt zodat er nog 40 % nodig is.

8.3 Systeemrendement

Het **systeemrendement** η_s (%) is de collectorbijdrage in verhouding tot de zonne-energie op de apertuuroppervlakte in dezelfde periode. De apertuuroppervlakte is de oppervlakte die licht doorlaat.

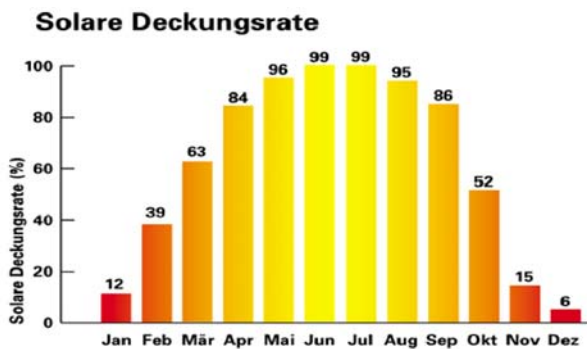
$$\eta_s = \frac{\text{collectorbijdrage}}{\text{instraling in het collectorvlak}} \cdot 100$$

Het systeemrendement van een zonneboiler die goed gedimensioneerd is, gerekend over een volledig jaar, schommelt tussen 0,3 en 0,6. Voor een hoeveelheid zonne-energie van 1000 kWh/m² apertuuroppervlak betekent dit een jaaropbrengst van 300 tot 600 kWh/m².



Figuur 30: Dekkingsgraad en systeemrendement i.f.v. collectoroppervlakte

Figuur 31 geeft de maandelijkse dekkingsgraad voor een gemiddeld jaar. De hoge opbrengst gedurende de zes zomermaanden (april t/m september) kan worden gerealiseerd indien het opslagvat voldoende groot is om minstens één dag met zeer weinig zon op te vangen.



Figuur 31: Dekkingsgraad over een jaar

9 Dimensionering

9.1 Belang van dimensionering

9.1.1 Oververhitting

Wanneer de collectoroppervlakte te groot is in verhouding tot het boilervolume en het verbruik, stijgt de kans op oververhitting. Een goede dimensionering is dus uit technisch oogpunt erg belangrijk.

9.1.2 Terugverdientijd

Een te grote zonne-installatie met een overdreven dekkingsgraad heeft een hogere gemiddelde watertemperatuur en dito warmteverliezen, en dit impliceert een lager systeemrendement. Met simulaties kan aangetoond worden dat de dekkingsgraad op jaarbasis asymptotisch toeneemt met het volume van het buffervat of de collectoroppervlakte. Bij verdubbeling van de collectoroppervlakte zal de kostprijs ook ongeveer verdubbelen, terwijl de dekkingsgraad slechts met enkele tientallen % toeneemt. Dit resulteert in een langere terugverdientijd.

Het heeft dus geen zin om een zonne-installatie te overdimensioneren. Anderzijds wegen de vaste kosten te sterk door bij een te kleine zonne-installatie. Er is dus een economisch optimale grootte, waarbij de som van de investeringskost en de energiebesparing gedurende de afschrijftermijn het kleinst is.

9.2 Aanpak van de dimensionering

Bij een zonneboiler is een dekkingsgraad van 100 % economisch en technisch niet haalbaar. De mogelijkheid tot bijverwarming moet altijd voorzien worden. Deze installatie moet zelfs kunnen voldoen aan de volledige tapvraag voor weken met nauwelijks zonnebijdrage, en kost daarom quasi evenveel als in de situatie zonder zonneboiler. Behoudens enkele uitzonderingen vergt de zonneboiler dus een extra investering die liefst op een redelijke termijn wordt terugverdiend via de energiebesparing.

In tegenstelling tot de keuze van bv. een cv-ketel die simpelweg aan een extreme vermogensbehoefte moet kunnen voldoen (vooral een technische kwestie), wordt een zonneboiler op terugverdientijd gedimensioneerd (vooral een economische optimalisatie). Daarom is de dimensionering complexer want gebaseerd op technische parameters (opbrengstberekening) en economische parameters (collectorbijdrage, investering, terugverdientijd).

Het ontwerp start met de keuze van de configuratie (systeemkeuze) die voor grote of kleine systemen kan verschillen. Vervolgens moeten de componenten worden beoordeeld op hun duurzaamheid en de verwachte levensduur. Hiervoor kan een beroep gedaan worden op referenties en productbeschrijvingen. Voor de dimensionering wordt de opbrengst geraamd door simulatie. Hierbij wordt rekening gehouden met kengetallen van de hoofdonderdelen zoals de collector en de boiler, maar ook met de opstelling (klimaatzone, oriëntatie), het tappatroon (hoeveelheid, tijdstip en temperatuur van het waterverbruik) en nog veel meer invloedsfactoren. Finaal worden meerdere ontwerpen met elkaar vergeleken op het vlak van prijs en prestaties om de meest economische oplossing te vinden (investeringsbeslissing: NPV, IRR...).

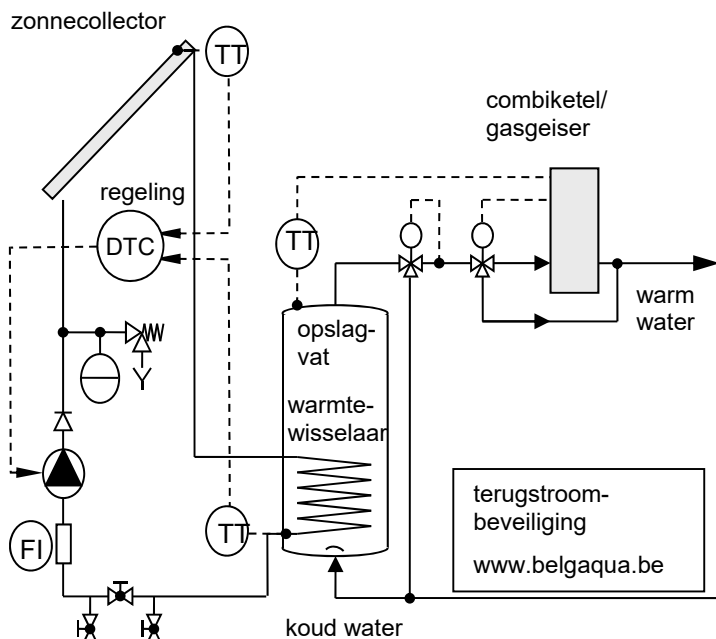
Bij kleine systemen is deze werkwijze erg tijdrovend en is het geoorloofd om te werken met vuistregels. Toch bestaan er ook hiervoor ontwerptools.

10 Configuraties

Het principe van een zonneboiler werd uitgelegd in hoofdstuk 1. De systemen verschillen vooral in de manier van naverwarming en de manier van beveiliging tegen bevriezing.

10.1 Zonneboiler met antivries en nageschakelde bijverwarming

Bij kleinere systemen (bv. huishoudelijk) is de warmtewisselaar meestal ondergedompeld in de boiler. Deze bevindt zich onderaan in het vat om de temperatuurgelaagdheid of stratificatie te bevorderen. Let op de aansluiting in tegenstroom (figuur 32).



Figuur 32: Nageschakelde bijverwarming

De regeling is een differentieelthermostaat (DTC) met twee temperatuurtransmitters (TT) die de pomp aanstuurt. Een debietindicator (FI) maakt het mogelijk om het debiet correct in te stellen. Voorbij de pomp is een terugslagklep voorzien om te beletten dat een omgekeerde (natuurlijke) stroming zou ontstaan wanneer twee factoren zich gelijktijdig voordoen:

- wanneer de collector hoger opgesteld is dan het opslagvat (dit is meestal zo)
- wanneer de collector kouder is dan het opslagvat (dit doet zich 's nachts voor)

Het expansievat en het veiligheidsventiel staan stroomafwaarts van de terugslagklep.

Voorbij het opslagvat is een modulerende thermostatische mengkraan voorzien om verbranding te voorkomen wanneer het water in het opslagvat te heet zou zijn. Tegelijk verminderen de warmteverliezen in het distributienet.

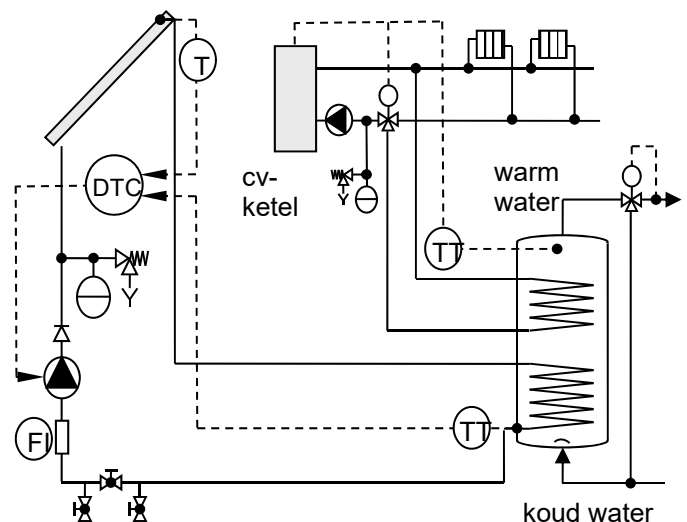
Ook is een wisselklep (2 standen) voorzien. Deze wordt bij voorkeur gestuurd vanuit de ketelregeling en een temperatuursensor in het opslagvat. Deze voorziening zorgt ervoor dat water dat voldoende warm is, niet door de naverwarming (doorstroomsysteem) stroomt.

- In eerste instantie is dit om de naverwarming te beschermen tegen te hoge temperatuur, want vele doorstroomtoestellen zijn door hun regeling niet geschikt om voorverwarmd water verder te verwarmen en gaan dan in oververhitting of maken stoom wat ontoelaatbaar is.
- In tweede instantie is dit om de naverwarming niet onnodig op te warmen en op die manier energieverlies te vermijden.

Indien er enkel in de ketel een temperatuursensor aanwezig zou zijn om de ketel en de wisselklep te sturen, zou de ketel bij waterafname onmiddellijk opstarten om het water uit de leidingen op te warmen. Enkele seconden later voelt de ketel warm water uit de zonneboiler binnenstormen en schakelt opnieuw uit.

10.2 Met duoboiler

Het verschil met voorgaand schema is dat de bijverwarming gebeurt in het bovenste deel van een voorraadvat met twee warmtewisselaars. Er is nagenoeg geen interactie tussen beide dankzij de temperatuurgelaagdheid. Bij voldoende zonaanbod, wanneer de temperatuur in de onderste lagen hoger wordt dan de ingestelde temperatuur in de naverwarming, wordt het volledige vat met zonne-energie opgewarmd. De zonneboiler krijgt op dat ogenblik een extra groot voorraadvat.



Figuur 33: Met duoboiler

10.3 Verwarmingsondersteuning

Verwarmingsondersteuning valt buiten het kader van deze fiche. De systemen zijn zeer uiteenlopend en complex. Tegelijk is een kritische kanttekening hier op zijn plaats.

Een zonneboiler kan maar energie besparen wanneer er aanbod is van zonne-energie die binnen enkele dagen ook nuttig gebruikt wordt. Daarom wordt een zonneboiler best gedimensioneerd voor de zomersituatie, dit betekent dat er tijdens de zomer bijna 100 % dekking is zonder veel overschot. Een grotere installatie levert op jaarbasis meer energie, maar het verschil is niet in verhouding tot de meerkost. Dat komt omdat tijdens de zomer niet veel extra te winnen valt (er is al bijna 100 % dekking), en omdat tijdens sombere winterdagen de opbrengst sowieso klein is. De meerwaarde moet komen van een korte periode, nl. de zonnige periodes tijdens het stookseizoen. Die periode wordt kleiner naarmate woningen beter geïsoleerd worden.

Een gezin van bv. 2 personen dat voldoende heeft aan 3 m² vlakkeplaatcollectoren en een boilerinhoud van 150 liter, heeft geen baat bij een systeem van 5 m² en een boilerinhoud van 250 liter. De extra 2 m² zou de besparing slechts in geringe mate verhogen, en de extra investering is substantieel. Hiertegen wordt vaak gezondigd omdat de subsidie berekend wordt op de collectoroppervlakte, weliswaar beperkt tot 50 % van de totale investering en maximum 2750 €. Er wordt in de regelgeving geen voorwaarde gesteld aangaande de warmtebehoefte. Door te overdimensioneren wordt dus niet alleen de klant bedrogen, maar ook de subsidiërende instantie. Anders geformuleerd: een goede dimensionering helpt om subsidies betaalbaar te houden.

Om dezelfde reden kunnen vragen gesteld worden bij verwarmingsondersteuning. Er moet geval per geval onderzocht worden of het beschikbare geld niet beter kan worden geïnvesteerd in andere energiebesparende maatregelen. Sowieso moet er eerst gezorgd worden voor een goede isolatie en winddichtheid van de woning.

In Denemarken waar al lange tijd erg ambitieuze energiedoelstellingen gehanteerd worden (35 % duurzame energie in 2020, verbod op aardgas- en olietels in nieuwe gebouwen sinds 2013) wordt een groot percentage van de zonne-installaties ingezet voor verwarmingsondersteuning. Dit kan alleen maar zinvol zijn mits aan een aantal voorwaarden voldaan is zoals warmteafgifte bij lage watertemperatuur, het gebruik van vacuüm-buizen, een geïntegreerd ontwerp van het geheel (gebouw, installatie).

Bij verwarmingsondersteuning wordt de opbrengst vaak onterecht berekend als een percentage van het huidige verbruik. Wanneer men hiermee het systeemrendement berekent, komt men tot

onrealistisch hoge cijfers die niet stroken met een dergelijke installatie met veel warmteoverschot tijdens de zomer.

Rekenvoorbeeld: veronderstel een cv-installatie die jaarlijks 2000 m³ aardgas verbruikt voor verwarming en sanitair warm water. Een bedrijf biedt een zonne-installatie aan met verwarmingsondersteuning. Omdat een zonnecollector met een oppervlakte van 4 m² in de winter zijn warmte volledig kwijt kan aan het sanitair warm water en geen overschot heeft voor verwarmingsondersteuning, stelt het bedrijf een oppervlakte voor van 10 m² en raamt de jaarlijkse besparing op 30 % van de totale kost voor verwarming en sanitair warm water.

Dit is onrealistisch hoog want het zou betekenen dat er jaarlijks 600 m³ aardgas wordt bespaard of ongeveer 6000 kWh aan warmte. Aan 1000 kWh/m² zoninstraling kunnen 10 m² collectoren jaarlijks +/- 10.000 kWh capteren, waarbij de 6000 kWh besparing aan warmte overeenkomt met een systeemrendement van 60 %. Tijdens de zomer, de periode waar het zanaanbod het hoogst is, wordt met 10 m² collectoren zeer veel energie niet benut, wat zelfs voor oververhittingsproblemen kan zorgen. De vooropgestelde besparing in dit rekenvoorbeeld is dus zeer sterk overschat.

Verwarmings-ondersteuning heeft meer perspectieven bij collectieve systemen omdat de extra kost beperkt is. Grotere collectoroppervlakken zijn immers relatief goedkoper en door het verspreid verbruik volstaat een kleinere warmteopslag. Gedurende de zomer is er altijd een afname die de kans op oververhitting tot een minimum beperkt.

11 Regelgeving

11.1 Nieuwbouw

Voor nieuw op te richten woongebouwen (werken waarvoor een melding of vergunningsaanvraag nodig is) geldt sinds 1/1/2014 de verplichting dat minstens één vorm van hernieuwbare energie aanwezig moet zijn. Thermische zonne-energie is een mogelijkheid, naast fotovoltaïsche zonne-energie, warmtepompen, biomassaketels enz.

Op verschillende punten verwijst de regelgeving naar de dimensionering van een thermisch zonne-energiesysteem. Om te beginnen moet een tappunt voor sanitair warm water aangesloten zijn. Voor eengezinswoningen bedraagt de apertuuroppervlakte van de collector minstens 0,02 m² per m² bruikbare vloeroppervlakte van de wooneenheid. De collector wordt bij voorkeur naar het zuiden gericht, maar een afwijking tot 45° heeft nauwelijks invloed op de jaaropbrengst. De regelgeving is hierin soepeler en laat een afwijking toe van 90° t.o.v. een zuidelijke oriëntatie. Bij 90° kan de vermindering van de opbrengst wel relevant zijn, vooral bij een schuinere opstelling.

De helling van de collector is bij voorkeur 45° t.o.v. de horizontale, maar een helling tussen 30° en 60° geeft een vergelijkbare jaaropbrengst. Ook hier is de regelgeving soepeler en tolereert een helling tussen 0° en 70°. Conform de productspecificaties is bij vlakkeplaatcollectoren een horizontale opstelling af te raden. Aan de bovenzijde van de transparante laag zou vuilophoping de opbrengst verminderen. Anderzijds zijn de meeste vlakkeplaatcollectoren atmosferisch, d.w.z. voorzien van ventilatieopeningen voor de afvoer van vocht dat zich onder sommige omstandigheden onder de vorm van bv. condensaat kan manifesteren aan de onderzijde van de glasplaat. Bij een horizontale opstelling zou dit kunnen druppelen op de selectieve coating, waardoor deze na verloop van tijd beschadigd wordt en haar eigenschappen verliest.

11.2 Bestaande woongebouwen

Voor bestaande woongebouwen (bouwaanvraag voor 1/1/2014) wordt een subsidie toegekend van 550 €/m² apertuuroppervlakte (begrensd tot 2750 € en maximum 40 % van de factuur incl. BTW) indien het gaat over thermische zonnecollectoren voor de productie van sanitair warm water, eventueel gecombineerd met woningverwarming. De subsidie is gekoppeld aan voorwaarden zoals het volume van de boiler in verhouding tot de apertuuroppervlakte van de collector: minstens 40 liter/m² voor vlakkeplaatcollectoren en 55 liter/m² voor vacuümcollectoren. Deze eis heeft o.a. te maken met de bescherming tegen oververhitting.

Thermische zonne-installaties voor bestaande niet-woongebouwen maken vandaag aanspraak op een subsidie van 200 €/m² apertuuroppervlakte, beperkt tot 50 % van een totale investering excl. BTW en een maximum van 10.000 €. Ook hier gelden verschillende voorwaarden zonder eisen te stellen aan de verhouding tussen de boilerinhoud en het aantal m² apertuuroppervlakte.

Voor details inzake de subsidie kan men terecht bij de elektriciteitsdistributienetbeheerders (in Vlaanderen ondergebracht in de koepels EANDIS en INFRAX, afhankelijk van de locatie).

Er wordt voor het subsidiedossier ook een opbrengstberekening gevraagd, zonder eisen te stellen aan het rekenprogramma dat hiervoor moet worden gebruikt. Belsolar stelt via haar website een geschikte rekentool ter beschikking. Hiermee wordt de klant ingelicht over de te verwachten opbrengst van de voorgestelde installatie.