

## 5.. AUTONOME ENERGIEPRODUCTIE IN DE STAD.

### 1.. ELEKTRISCHE WARMTEPOMPEN

Anders dan een klassieke verwarmingsketel halen de elektrische warmtepompen die we nu kennen hun energie uit de aardbodem, grondwater of de lucht. Een samengeperste koelvloeistof onttrekt de warmte via een sonde, waarna die in een condensor condenseert en de calorieën vervolgens afgeeft aan je woning en/of sanitair water. Traditionele elektrische warmtepompen wekken drie tot vier keer zoveel warmte-energie op als de elektriciteit die ze nodig hebben om te kunnen werken. Wanneer de elektriciteit voor de warmtepomp geproduceerd wordt door pv-panelen, geniet je van 100% groene energie.

#### Soorten warmtepompen

1. Lucht/lucht-warmtepompen winnen hun energie uit de buitenlucht en geven die af aan de lucht die binnenshuis circuleert.

2. Lucht/water-warmtepompen halen warmte uit de buitenlucht, verhogen die tot de gewenste temperatuur, en brengen de warmte over naar vloer- of wandverwarming, radiatoren en sanitair warm water.

Aandachtspunt:

De buitenunits maken lawaai. Dat kan aanleiding geven tot klachten van de burens.

3. bodem/water warmtepompen halen hun energie uit een of meer aardwarmtesondes of een horizontaal buizensysteem waardoor water wordt gepompt. In de stad is er dikwijls te weinig ruimte voor een voldoende groot horizontaal captatienet.

Minpunten

- o Beperkte mogelijkheden bij renovatie.  
De bestaande radiatoren zijn vaak niet geschikt. Ze moeten namelijk sterk overgedimensioneerd zijn om met de lage temperaturen van een warmtepomp optimaal te kunnen werken.
- o Een elektrische aandrijving is niet energievriendelijk. Bijna twee derde van de primaire energie die in een elektriciteitscentrale wordt gestopt, gaat verloren als hitte.
- o Tijdens de winter verdubbelt het elektriciteitsverbruik.

### 2.. WARMTEPOMPEN MET AARDGAS

(gasabsorptiewarmtepomp)

Als koudemiddel om warmte aan de lucht, bodem of water te onttrekken, gebruikt een gasabsorptiewarmtepomp in water opgeloste ammoniak. Dit is een natuurlijk koudemiddel dat geen schade toebrengt aan het milieu.

In vergelijking met traditionele elektrische warmtepompen behouden gaswarmtepompen veel beter hun rendement, ook bij lagere buitentemperaturen. Bovendien is aardgas per kWh 3 tot 4 keer goedkoper dan elektriciteit.

**Minpunt**

Een gasabsorptiewarmtepomp is een groot toestel, alleen geschikt voor grote gebouwen.



### 3.. PV ZONNEPANELEN voor stedelijk gebruik

#### De nieuwe generatie: hoger rendement

Zonnecellen die **zeventig procent** van het invallende zonlicht omzetten in elektriciteit. Niets minder dan dat, en nog binnen afzienbare tijd ook, voorzien wetenschappers uit Nederland en de VS.

Deze opbrengst is revolutionair groter dan bij de gangbare zonnepanelen, die hooguit een rendement van **zestien procent** halen. Men verwacht dat de cellen binnen enkele jaren te koop zijn.

Met de gangbare oppervlakte van 25 m<sup>2</sup> per woning kan men met de nieuwe generatie PV cellen

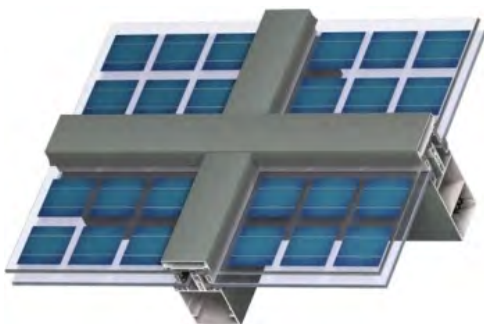
én de woning volledig autonoom laten functioneren in de winter!

én een mini-elektrische auto opladen!

#### Lichtdoorlatende panelen

Goed voor serres op het dak: combinatie van stadslandbouw en energieproductie.

Rendement huidige panelen: 7 à 10 %.



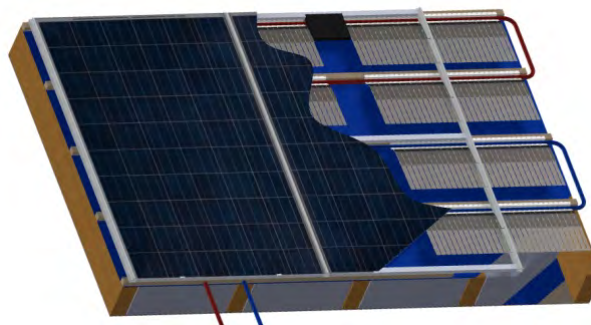
#### Hybride panelen

Fotovoltaïsche panelen zetten zonlicht om in elektriciteit, terwijl zonnecollectoren de energie van de zon gebruiken om daarmee het water in een buffervat op te warmen. Een hybride paneel is een combinatie van de twee: het is een zonnecollector en zonnepaneel in een. Een hybride paneel produceert dus zowel sanitair warm water als elektriciteit. In Oostenrijk en Zwitserland zijn hybride panelen heel populair. In België zijn ze amper bekend.

#### Rendement

In de zomerperiode wordt tot **20%** meer rendement gehaald, dan door een vergelijkbare PV-installatie.

Het hoogste rendement is haalbaar bij een oriëntatie op het zuiden en onder een hoek van 35 à 36 graden. Bij plaatsing tussen zuidoost en zuidwest en een hoek tussen de 25 en 50 graden daalt de opbrengst heel beperkt. Daarbuiten neemt de opbrengst snel af. PVT-panelen zijn nog erg nieuw. Verdere verbetering van deze panelen is dus te verwachten.



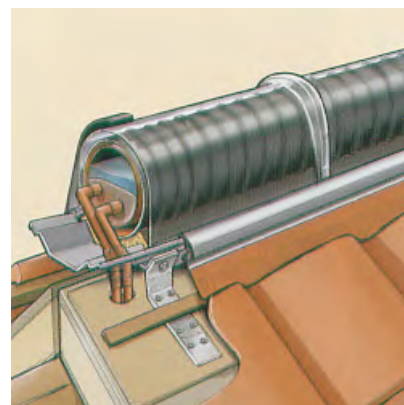
**De totale investering** is 25 % lager dan voor beide afzonderlijke panelen samen.

## Zonneboilers met buisvormige zonnecollectoren

**De Eco-Nok** is een zonnecollector en zonneboiler in één. Deze compacte zonneboiler met geïntegreerd opslagvat ligt als een soort warmteleiding op de nok van het dak en vervangt daar de traditionele nokconstructie.

De Eco-Nok® bestaat uit een transparante kap met daaronder een koperen mantel met een zwarte spectrale laag, die de feitelijke roestvrijstalen boiler omhult. In de vacuüm gezogen ruimte tussen mantel en boiler bevindt zich gedemineraliseerd water. Bij verwarming van de buitenste buis door de zon, verdampt dit water aan de buitenbuis om op de binnenbuis te condenseren.

Interessant om toe te passen in de steden: door plaatsing in de nok van het dak is de Eco-Nok niet alleen onafhankelijk van de oriëntatierichting, maar ook vrijwel onzichtbaar en daarmee esthetisch zeer fraai weggewerkt.



De Inventum Eco-Nok is verkrijgbaar in modules met een waterinhoud van 26 liter. Een gebruikelijk aantal van 3, 4 of 5 modules heeft daarmee een volume van 78, 104 resp. 130 liter.

## Vacuümbuis zonnecollectoren

De vacuümbuis zonnecollectoren warmen op veel kortere tijd op en bieden een veel hoger rendement bij grote temperatuurverschillen met de buitenlucht dan vlakke zonnecollectoren.

Dus ook als het in de winter vriest, wordt er voldoende warmte opgenomen als er een beetje zonlicht is.

Daarnaast functioneren deze zonnecollectoren ook goed op diffuus licht, dat wil zeggen als de zon door wolken heen schijnt.

Samengevat:

hoger rendement en minder gevoelig voor ongunstige oriëntatie van het dak.

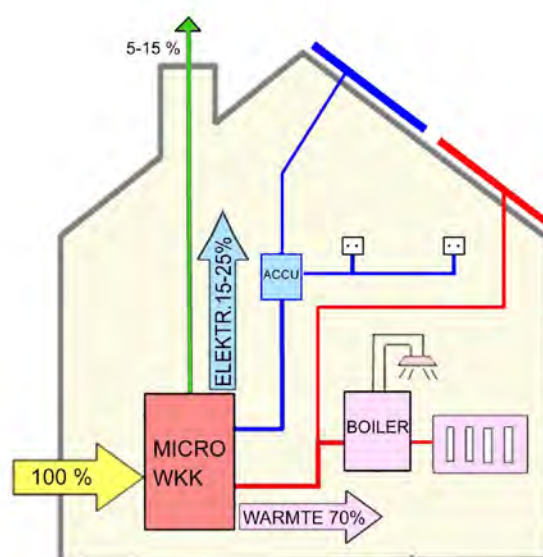


## 4.. WKK

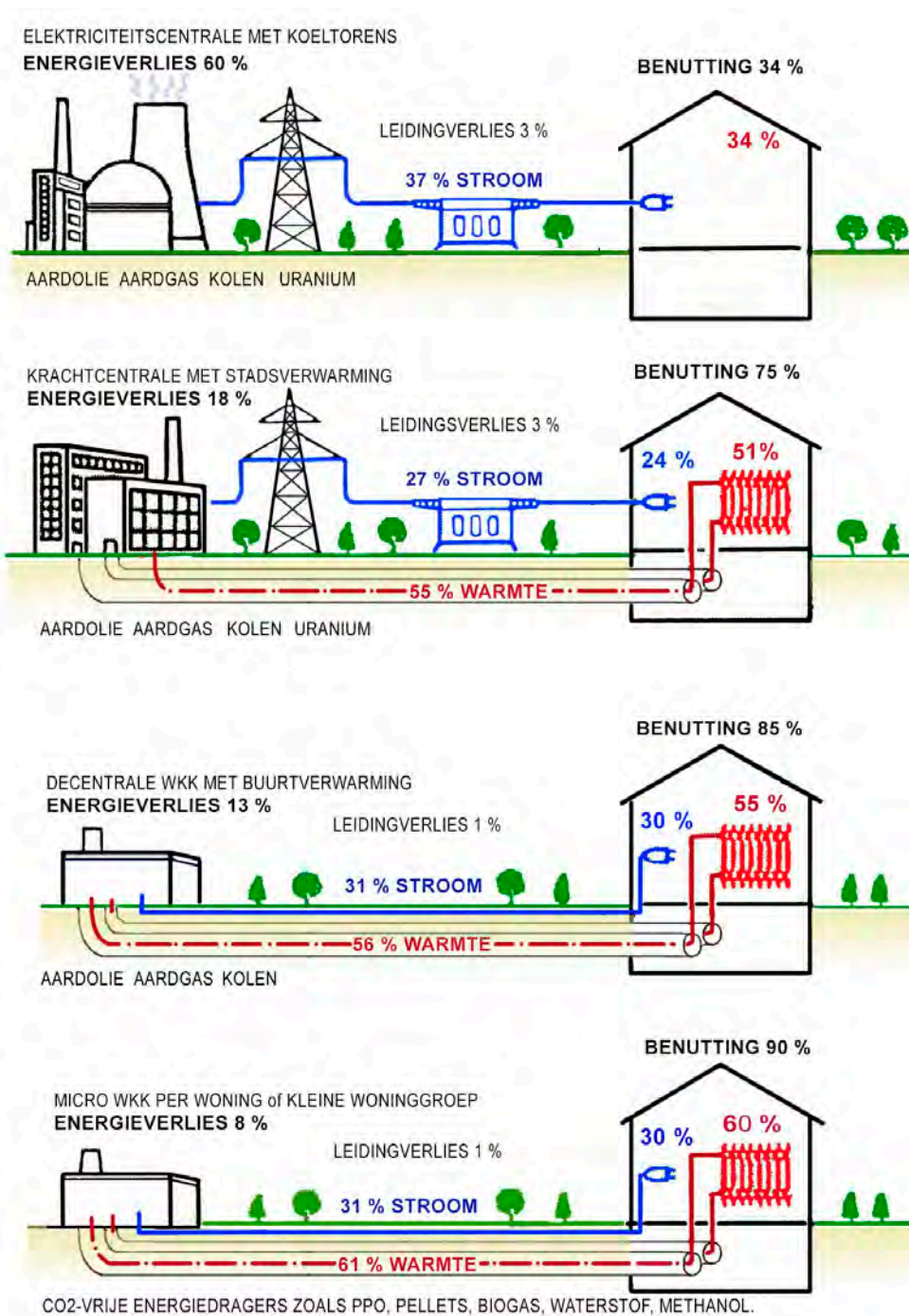
Warmtekrachtkoppeling (micro-WKK) werkt meestal via een ingebouwde motor die op aardgas of plantenolie kan draaien, maar er zijn ook micro-WKK-installaties die gebruik maken van brandstofcellen.

De WKK is een zuinige technologie, zeker in vergelijking met elektriciteitsproductie in een centrale, waarbij veel warmte en energie verloren gaan.

De opgewekte elektriciteit is rendabel als men de investering kan spreiden over verschillende woningen en men de warmte kan benutten (ook tijdens de zomer).







### WKK met verbrandingsmotor of met stirlingmotor

De WKK met verbrandingsmotor en met een stirlingmotor hebben relatief een grote warmteproductie in verhouding tot de stroomproductie.

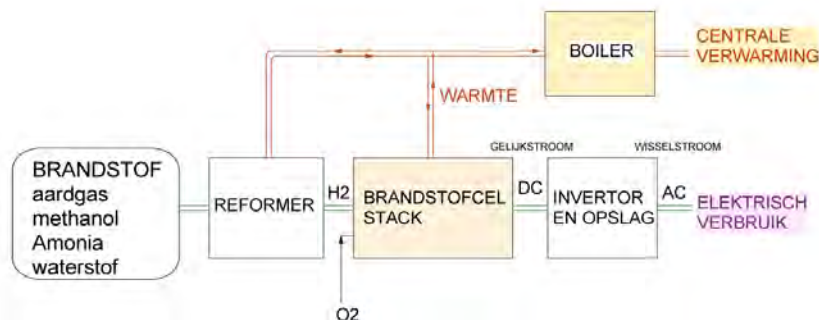
Verbrandingsmotor: 1/3 elektriciteit en 2/3 warmte.

Stirlingmotor: 1/5 elektriciteit en 4/5 warmte.

Hierdoor kan dit systeem best afgeschakeld worden tijdens de zomer. PV cellen samen met een zonneboiler zijn de beste oplossing in de zomerperiode. Maar dat is nu net het probleem in de steden. Voor zonneboilers en PV cellen zijn er te weinig daken ter beschikking. Vooral met passiefhuizenbouw is de warmteproductie van degelijke WKK te groot, zelfs in de winter

Meer info over WKK's, zie handboek 'Het autonome huis'. Nu gratis te downloaden vanuit de website [www.hetautonomehuis.be](http://www.hetautonomehuis.be).

## Ideaal voor onze steden: WKK met brandstofcellen



Deze technologie heeft potentieel aangezien er geen schadelijke rookgassen worden geproduceerd. Het enige wat wordt uitgestoten zijn waterdamp en CO<sub>2</sub>.

Nieuw op de markt: de BlueGen.

### Gas wordt stroom

Deze MICRO - WKK wordt aangesloten op het gasnet en zet bij een vermogen van 1,5 kW, aardgas of groengas om in 13.000 kWh stroom per jaar. Naast de stroom produceert BlueGen tot 5.000 kWh warmte. Dit is voldoende om 2 à 3 gezinnen van warm tapwater te voorzien. De WKK kan naast de bestaande CV-ketel of boiler worden gemonteerd en via de boiler met de centrale verwarming worden verbonden.



Deze WKK onderscheidt zich van de klassieke

aardgas micro-WKK's wegens de hogere productie aan stroom in vergelijking met warmte.

**Output:** 2/3 elektriciteit en 1/3 warmte.

**Dit maakt het uitermate geschikt in de steden** voor lage energie woningen en passiefhuizen.

Zie boek "Het Autonome Huis" pagina 150: een voorbeeld met brandstofcel.

### Geen geluidsoverlast

De brandstofcel zelf heeft geen bewegende onderdelen en wekt elektriciteit op door middel van een geruisloze elektrochemische reactie.

### Welk onderhoud is nodig?

Tot de jaarlijkse onderhoudswerkzaamheden behoren de vervanging van het water- en luchtfilter en gasontzweveling. Onderhoudswerkzaamheden op langere termijn omvatten de vervanging van de brandstofcelstapel.

### Technische fiche

Afmetingen: 101 x 66 x 60 cm.

Gewicht: 185 kg.

Verbruik gas 1 kWh gas wordt 0,6 kWh stroom en 0,3 kWh warmte.

Voor 1 kWh elektrisch heeft men 1,66 kWh gas nodig.

Vermogen elektrisch: 1,5 kW.

Vermogen thermisch: 0,6 kW.

Het systeem werkt constant door, dag en nacht.

## 5.. BETONKERNACTIVERING

Betonkernactivering is een technologie waarbij het verwarmen en koelen van een ruimte gebeurt door gebruik te maken van de thermische massa van een betonconstructie. In de kern een vloer, wand of plafond worden leidingen geplaatst waardoor een vloeistof stroomt.

Beton beschikt over het vermogen om warmte en koude op te nemen, vast te houden en op een later moment terug af te geven. Koeling en verwarming worden bereikt door straling i.p.v. convectie, wat voor een gebruiker aangenamer is.

Nadelen

1. De reactietijd van het systeem is traag. Grote temperatuurwisselingen door wisselende zonnewarmte kunnen hierdoor niet onmiddellijk opgevangen worden.
2. Verlaagde of akoestische plafonds en zwevende vloeren mogen max. 30% van de plafondoppervlakte innemen. Dit is problematisch.
3. Koude val bij ramen is niet te vermijden. Het is wenselijk om een verwarmingselement onder de ramen te voorzien.
4. Het systeem is zeer complex omdat in de uitvoering ruwbouw en afwerking met mekaar verweven zit, wat heel wat extra werforganisatie vergt.
5. Het is een duur systeem als je maar zeer weinig moet verwarmen met een passiefconstructie.
6. Beter oplossing bij passiefbouw: lucht-lucht warmtepomp dat aan de ventilatie is gekoppeld.

## 6.. WARMTEOPSLAG met parafine technologie

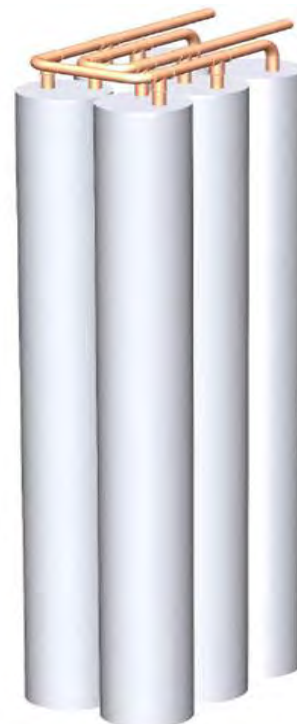
De paraffinetechnologie geeft een oplossing bij beperkte ruimte. Afhankelijk van het toegepaste systeem kan een paraffinebuffer tot de **4-voudige warmtecapaciteit** bufferen in vergelijking met de waterberging.

### Dit geeft een aantal voordelen

- ~ Het volume warmteopslag kan zeer beperkt worden: vermindering van de benodigde ruimte tot maximum 1 / 4, voor dezelfde warmtecapaciteit.
- ~ Minder afkoelingsverliezen.
- ~ De boiler is corrosie-en onderhoudsvrij, volledig recycleerbaar
- ~ Het paraffinesysteem is een modulaire warmte celtechnologie, en is uitbreidbaar in functie aan de behoeften.
- ~ Eenvoudig te transporteren, de warmtecel kan door elke kelderdeur.
- ~ Smeltwarmte cellen zijn aangepast aan de standaardtoepassingen, bijv. 60/62 °C.

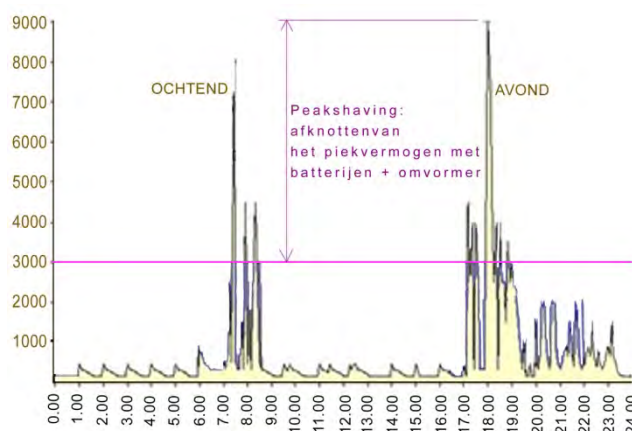
**Aandachtspunt:** boven de **70°C** kan water meer warmte opslaan dan paraffine!!!

Tussen 70 en 90°C kan je beter water als opslagmedium gebruiken, dit is efficiënter en goedkoper.



## 7..OPSLAG VAN ELEKTRICITEIT

### Onderscheid tussen dag/nacht en winter/zomer opslag



### WINTER/ZOMER

PV cellen produceren tijdens de zomer drie maal meer stroom dan tijdens de wintermaanden (0,44 kWh/m<sup>2</sup>dag), slechts 23 m<sup>2</sup> zonnepanelen per woning volstaan.

Gemiddeld hebben we echter  $0,3 \text{ kWh/m}^2/\text{dag} \times 365 = 109,5 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  nodig. Voor een verbruik van  $3.500 \text{ kWh}$  geeft dat de gemiddelde behoefte aan  $32 \text{ m}^2$  PV-panelen per woning. (naar het zuiden gericht op  $45^\circ$ )

Indien men de zonnestroom tijdens de zomer kan stockeren voor de winter kan men volledig onafhankelijk zijn eigen stroom voorzien winter en zomer.

#### DAG/NACHT

Het verbruikspieken 's morgens en 's avonds komen niet overeen met de zonnestroom die vooral tijdens de middag het hoogst is.

Met batterijen kan men deze pieken opvangen en kan men de stroom gebruiken wanneer men dat wil.

### BATTERIJEN

In plaats van de extra zonnestroom tegen betaling op het net te zetten, kan deze stroomproductie worden opgeslagen in een batterij ter grootte van een Amerikaanse frigo. (voor een gemiddelde woning) Het back-upsysteem - dat de batterij eigenlijk is - maakt het mogelijk om de opgeslagen elektriciteit nadien aan te wenden.

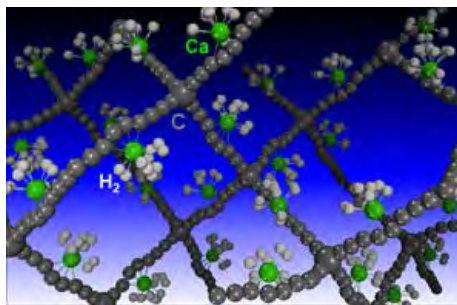
Met batterijen die  $3 \text{ kWh}$  kunnen opslaan en een fotovoltaïsche installatie van  $5 \text{ kWp}$  kan een gemiddeld gezin zo'n 200 dagen op 365 'netautonoom' overleven.

#### Zwaktes

Een winter overbruggen met batterijen is tot nu toe niet mogelijk

De prijs: ca.  $25.000$  euro voor een gemiddelde woning.

### OPSLAG MET WATERSTOF



#### Nieuwe veilige opslag van waterstof is nu mogelijk in de vorm van pellets.

Cella technologie is gebaseerd op de inkapseling en nano-structurering chemische hydriden in plastic. Dit betekent dat de waterstof snel en schoon vrijgegeven kan worden na verwarming tot  $100^\circ\text{C}$ . Men maakt deze inkapseling in de vorm van pellets: de verwarming van één gram "Cella-pellets" produceert een liter waterstof bij normale druk en temperatuur.

Deze opslag van waterstof is veilig, eenvoudig te gebruiken en goedkoop omdat het veilig kan worden opgeslagen bij normale omgevingstemperatuur en druk. Hetgeen betekent dat de waterstof kan gestockeerd worden in een normale brandstoftank. Ze vereisen geen grote, zware cilinders die ontworpen zijn voor hoge druk.

**Men kan dus de zonnestroom van de zomer opslaan naar de winter toe in de vorm van waterstof.**

#### Rendement

Tijdens de zomer: waterstofproductie via elektrolyse met zonnestroom van de PV cellen: rendement  $82\%$

tijdens de winter: omzetting waterstof naar elektriciteit met een brandstofcel: rendement  $45\%$

Passage doorheen de omzetting van waterstof geeft een totaal rendement van  **$37\%$**

#### **Bedenking**

Het rendement van een ACCU is echter beter.

laadcyclus en ontladcyclus van een accu is telkens  $75\%$ .

Het totaal rendement van een passage door een accu:  **$56\%$** .

Welk van de twee systemen het zal halen hangt af van nieuwe technische ontwikkelingen die bepalend zullen zijn voor de kostprijs.



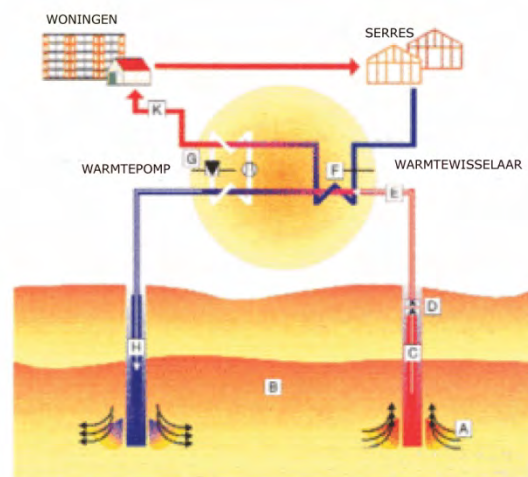
## GEOTHERMISCHE ENERGIE

Aardwarmte gebruiken is interessant in de steden omdat men er dank zij de hoge woondichtheid zeer efficiënt kan werken met warmtenetten. Welke methode er toegepast gaat worden hangt af van de lokale situatie en van de temperatuur die hiervoor nodig is. Er moet bij de winning van geothermische energie altijd rekening worden gehouden met de onttrokken energie die door de aarde weer wordt aangevuld. Het wordt langzaam aangevuld met energie uit de kern van de aarde.

Hoe dieper men in de aardkorst boort, hoe meer de temperatuur stijgt. Over het algemeen bereikt men per kilometer diepte een temperatuurstijging van 35°C tot 40°C ([geothermische dieptemaat](#)). De geothermische dieptemaat is echter regionaal zeer verschillend.

De onderste grens voor rechtstreekse toepassingen van aardwarmte is ongeveer 25°C. Hiervoor moeten we in België zo'n 500 meter diep boren. Op deze diepte komen er enkel watervoerende lagen met een goede doorlatendheid voor in de Kempen. In het uiterste zuiden van West-Vlaanderen komt ook een goed waterdoorlatende laag voor, maar helaas dikwijls op een (te) beperkte diepte.

Voor temperaturen van 40°C en meer komen er enkel geschikte grondwaterlagen voor in het bekken van de Kempen, in het uiterste noorden en noordoosten van Antwerpen en Limburg alsook onder het steenkoolbekken van Henegouwen.



## DE GROENE GORDEL: ZONNEPARKEN OF BIOMASSA?

### RUIMTEGERUIK

Zonneparken met zonnepanelen:

op 1 ha kan je plaatsen:  $3500 \text{ m}^2 \times 32,7 \text{ kWh/m}^2 = \mathbf{114.450 \text{ kWh/ha}}$  opbrengst op een stookseizoen tijdens de winterperiode van 6 maanden. Hiermee kan men  $114.450 \text{ kWh} / 2100 \text{ kWh/6 maanden} = \mathbf{54,5 \text{ woningen}}$  van stroom voorzien tijdens de winter. Tijdens de zomer is dat 3 x meer. Men kan dus tijdens de zomermaanden 2/3 in het net injecteren.

### Ter vergelijking:

Oppervlaktegebruik bij biomassa:

Koolzaad :  $30.000 \text{ kWh}_{\text{th}} / \text{ha}$ .

Houtpellets :  $74.250 \text{ kWh}_{\text{th}} / \text{ha}$ .

Oppervlaktegebruik bij zonneparken:  $114.450 \text{ kWh}_{\text{el}} / \text{ha}$

**Conclusie:** zonneparken zijn, qua bodemgebruik, meer renderend dan biomassa, zeker voor de productie van stroom.

### LANDSCHAPSBELEVING en BIODIVERSITEIT

Het is duidelijk dat op vlak van landschapsbeleving en biodiversiteit de **koolzaadvelden vele hoger scoren.**





## **TECHNIEKEN VOOR DE NIEUWE STAD**

### **ELECTRICITEIT**

DE STAD ZORGT VOOR HAAR EIGEN ELECTRICITEITSPRODUCTIE IN SAMENWERKING MET DE GROENE GORDEL.

Een local grid met decentrale stockage van elektriciteit is de basis van een autonoom energiesysteem.

#### **OPWEKKING VIA**

- WKK met plantenolie, biogas, waterstof of methanol.
- Windmolens en zonneparken in de groene gordel.

### **WARMTE**

DE STAD KAN ZICH VERWARMEN MET DE BIOGAS uit DE GROENE GORDEL EN AARDEWARMTE.

Warmtenetten per woonblok zijn het aangewezen systeem om een lokale en duurzame warmte voorziening te kunnen verzekeren.

Aardgas is een overgangswarmtebron dat later door biogas kan vervangen worden.

#### **OPWEKKING VIA**

- aardewarmte
- warmtepompen
- aardgas en biogas
- waterstof uit de overtollige zomerstroom.