Ondiepe geothermie:

Basisbegrippen

Versie 2014

Dit document is bedoeld voor iedereen die een algemene kennis verwerven over ondiepe geothermie. Dit document is ontstaan in het kader van het IWT Smart Geotherm Project (2011-2017).

Inhoud

Voorwoord 2
Duurzame energie, een noodzaak 3
Klimaat-energiepakket 3
Hernieuwbare energie 3
Bouwstenen van een geothermische installatie 4
Ontstaan van aardwarmte 5
Diepe en ondiepe geothermie 6
Open en gesloten systemen voor energie-uitwisseling met de aarde. 8
Warmtepompen 13
Principe 13
Rendement 15
Koelen 16
Direct Exchange 16
Warmte-afgiftesystemen 18
Lage temperatuursystemen 18
Betonkernactivering: zeer lage temperatuurverwarming, zeer hoge temperatuurkoeling 19
Vergunningen en heffingen 21
Bescherming van het grondwater 21
Voorwaarden 22
Vermogen warmtepomp 22
Heffingen 22
Haalbaarheid en rendementen 24
De energie-vraagzijde: het gebouw 24
De energie-afgifte : de warmte/koude afgifte elementen 25
De energie-aanbodzijde: de bodem, of andere bronnen 25
Energiebuffering 26
Subsidies 27
Aanpak van een geothermisch project 28
Het Smart Geotherm project 29

Voorwoord

Zonne- en windenergie zijn genoegzaam bekend: zonnepanelen sieren de daken en windmolenparken duiken meer en meer op in het landschap.

Geothermie is niet alleen onzichtbaar, maar ook veelal onbekend bij het grote publiek. Alhoewel er een gestage groei is in de toepassing van geothermie, hinkt België toch achterop in vergelijking met onze buurlanden.

Dit document wil dan ook de bekendheid en toepassing van geothermie bevorderen. Het vindt zijn oorsprong in het IWT Smart Geotherm project, gestart in september 2011.

De inhoud beperkt zich tot ondiepe geothermie en handelt dus niet over de winning van warmte op dieptes groter dan 500m.

De lezer wordt vertrouwd gemaakt met de principes, werking en mogelijkheden van ondiepe geothermie. Het zal blijken dat ondiepe geothermie een duurzame, energie- én kostefficiënte technologie is om te verwarmen en te koelen.

Duurzame energie, een noodzaak

Klimaat-energiepakket[1]

Op 23 januari 2008 stelde de Europese Commissie het klimaat-energiepakket voor. Europa toont hiermee aan dat het klaar is om wereldwijd het initiatief te nemen in de strijd tegen de klimaatverandering, het streven naar een continue, duurzame en concurrerende energievoorziening, en de omvorming van de Europese economie tot een voorbeeld van duurzame ontwikkeling in de 21e eeuw. Het klimaat-energiepakket kan bovendien de bevoorradingszekerheid ten goede komen.

Op Europees niveau wil men de volgende doelstellingen bereiken:

- Een bindende doelstelling tot een **reductie van 20 % broeikasgassen** tegen 2020 (met als uitgangspunt 1990). Een bindende doelstelling tot een reductie van 30 % broeikasgassen indien andere geïndustrialiseerde landen bereid zijn zich tot deze doelstelling te engageren in het kader van een internationaal akkoord;
- Een doelstelling van **20 % hernieuwbare energie** in de totale energiemix van de Europese Unie tegen 2020, inclusief 10 % hernieuwbare energie in de transportsector;
- Realiseren van het EU-besparingspotentieel van **20 % voor energie-efficiëntie** ten opzichte van de prognoses van 2020.

Hernieuwbare energie[2]

Toen de staats- en regeringsleiders van de verschillende lidstaten in de lente van 2007 beslisten dat tegen 2020 de Europese Unie 20 % van haar energie uit hernieuwbare energiebronnen moet halen, wisten ze dat er nog veel werk aan de winkel was. In 2005 was het aandeel van hernieuwbare energie in de totale energiemix in Europa immers nog maar goed voor 6,38 %.

De hernieuwbare energiebronnen leveren na omzetting elektriciteit, warmte of een (transport)brandstof. Gekoppeld aan een rationeel energiegebruik kunnen ze het verbruik van klassieke brandstoffen terugdringen, en bijgevolg ook de milieueffecten en de sociaal-economische impact van onze energiebehoeften verminderen.

Duurzame energiebronnen hebben grote voordelen ten opzichte van fossiele brandstoffen.

---

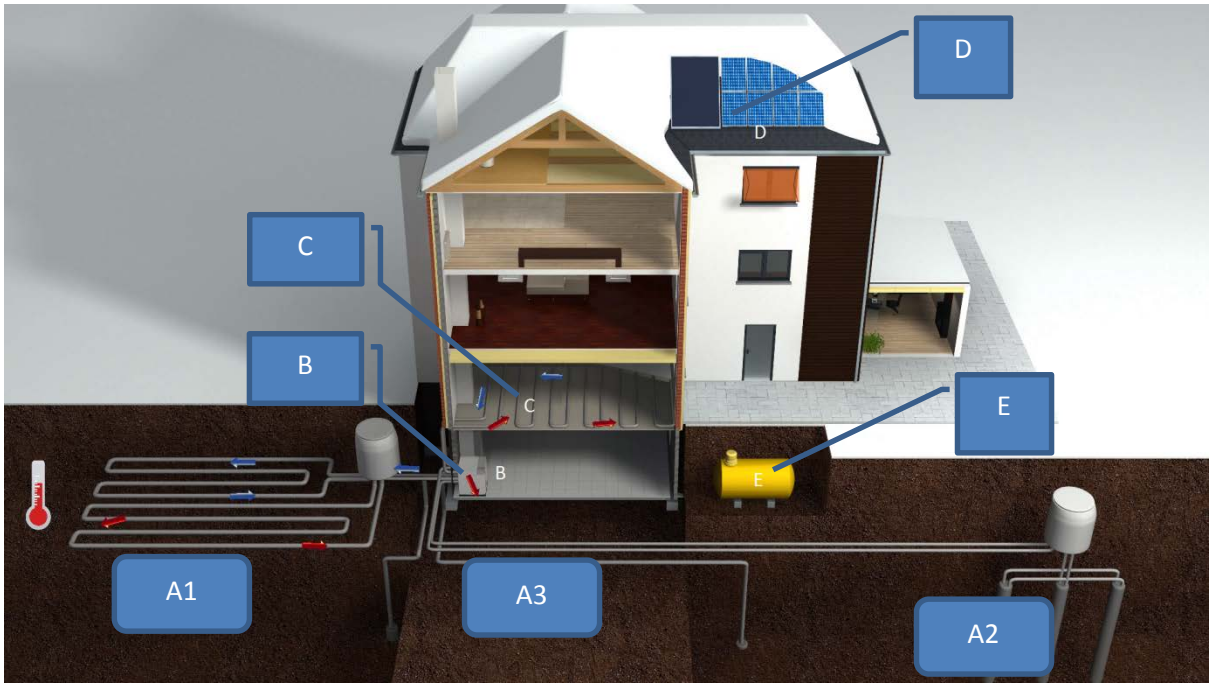
[1] http://economie.fgov.be/nl/consument/Energie/Politique_energetique/Contexte_europeen/Intern_Europees_energiebeleid/klimaat-energiepakket/

[2] http://www.ode.be/ode/hernieuwbare-energiebronnen

De bronnen geraken allereerst nooit op: wind, zonlicht en warmte diep onder de aardkorst zijn er altijd.

Ander voordeel is dat bij de productie of omzetting van duurzame energie netto geen CO_2 vrijkomt. Het omzetten van zonlicht of wind in elektriciteit, of het opwarmen van water met warmte uit de aardkorst, levert helemaal geen CO_2 op.

Bouwstenen van een geothermische installatie



Een geothermische installatie bestaat uit verschillende elementen:

A. warmte wordt uit de aarde gewonnen via horizontale (A1) of vertikale (A2) warmtewisselaars of rechtstreeks via het grondwater (A3)
B. de temperatuur wordt verder verhoogd met behulp van een warmtepomp
C. de warmte wordt afgegeven via een warmte-afgiftesysteem zoals bijvoorbeeld vloerverwarming

optionele elementen die deel uit kunnen maken om het rendement van de installatie te verhogen

D. thermische energie van andere bronnen zoals zonnecollectoren wordt gecapteerd
E. thermische energie wordt tijdelijk opgeslagen in de bodem, in de structuur van het gebouw of in buffervaten

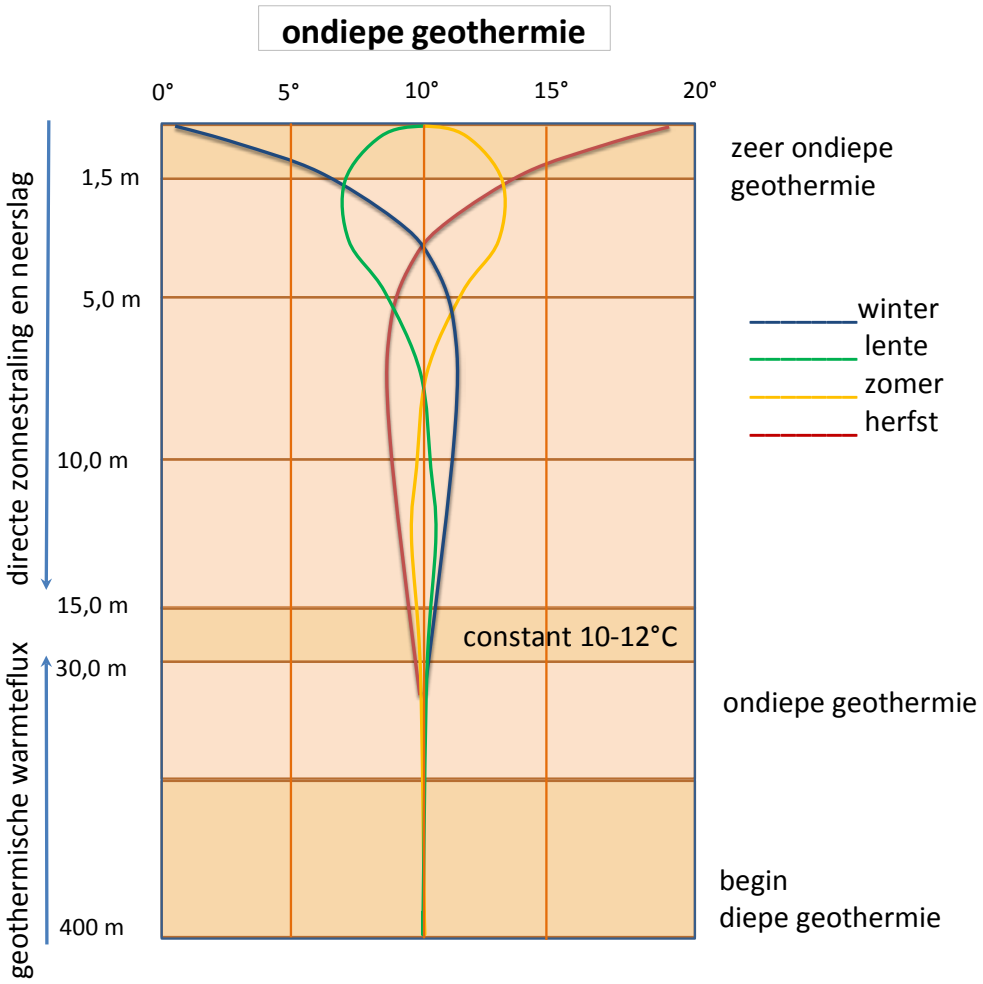
Ontstaan van aardwarmte

Volgens schattingen zou de temperatuur van de binnenkern van de aarde tussen de 4500°C en 6500°C bedragen.

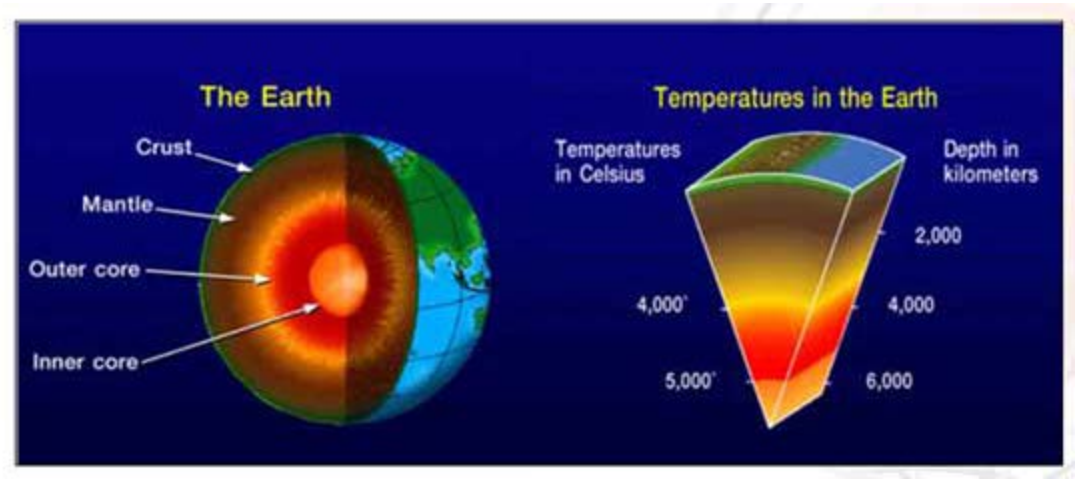
Een deel van de warmte in de kern van de aarde is vrijgekomen bij het ontstaan van de aarde. Het grootste deel van de warmte echter komt uit het natuurlijk verval van radioactieve materialen. Er is een constante toevoer van deze warmte naar het bovenste deel van de aardkorst.

Tot 20m onder het aardoppervlak wordt de grondtemperatuur bijna uitsluitend door de zonnewarmte en de insijpeling van water bepaald. Omdat de bodem de warmte slecht geleidt, is er van 20 tot 100m een toenemende invloed van de hitte van de kern en zijn temperatuurschommelingen door het klimaat niet meer waarneembaar. De temperatuur in deze zone bedraagt dan ongeveer de gemiddelde plaatselijke jaartemperatuur. In België heerst er vanaf een diepte van 18m een constante temperatuur van 10°C à 12°C. Per 100m diepte stijgt de grondtemperatuur verder met 3°C.

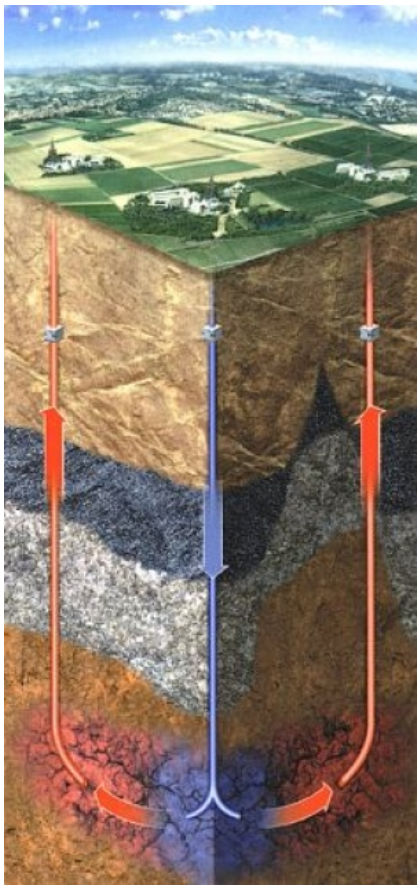
Hoe dieper de aardwarmte dus gewonnen wordt, hoe hoger de temperatuur en de gewonnen energie.



figuur 1: temperatuursverloop ondiepe ondergrond



Diepe en ondiepe geothermie



Figuur 2
http://www.refdag.nl/aardwarmte_als_duurzame_energie_1_137768

Als de aardwarmte gewonnen wordt op een diepte groter dan 500m, spreekt men over diepe geothermie. Er zijn toepassingen tot 2.500m en dieper. Het grondwater dat op deze diepten naar boven gepompt wordt, kan rechtstreeks voor verwarmingsdoeleinden of elektriciteitsproductie worden gebruikt.

In landen zoals IJsland, Italië, Turkije en Griekenland, moet men niet zo diep boren om zulk warm water op een rendabele manier te bekomen. Maar ook in België is er een verhoogde interesse voor de toepassing van duurzame energiebronnen om bijvoorbeeld in de warmtebehoefte van een wijk of stad te voorzien. Ze valt echter buiten de scope van dit document.

Bij ondiepe geothermie, dus tot 500m, kan men dus geen warmte onttrekken die rechtstreeks geschikt is voor verwarming van gebouwen, maar wel voor koeling!

Men kan wel de gewonnen warmte ‘opwaarderen’ door gebruik te maken van een warmtepomp.(zie verder voor de werking ervan).

Figuur 3: bron: http://geothermalenergy.webnode.com/timeline/

hermale baden van de oude Romeinen getuigen al van het gebruik van aardwarmte ofwel geothermie.

Bij ondiepe geothermie gebruikt men de aarde als bron van thermische energie. Men kan de aarde ook gebruiken om de zomerwarmte op te slaan en deze te benutten in de winter voor verwarming. Omgekeerd kan men in de winter koude in de grond brengen en deze in de zomer aanwenden voor de koeling van gebouwen!

Open en gesloten systemen voor energie-uitwisseling met de aarde.

De uitwisseling van koude en warmte met de aarde kan in principe op twee verschillende manieren plaatsvinden.

Open systemen gebruiken het aanwezige grondwater om warmte of koude aan de bodem te onttrekken en terug te voeren.

Bij gesloten systemen worden warmtewisselaars in de bodem aangebracht. Door de warmtewisselaar stroomt een vloeistof die op zijn beurt de warmte of koude met de bodem uitwisselt.

Open systemen

Principe

Binnen de open systemen zijn er twee verschillende technieken gangbaar.

Bij een eerste techniek wordt grondwater via een pomp aan de ondergrond onttrokken en na warmte-uitwisseling via een warmtepomp terug in de grond geïnjecteerd in een retourput. Omdat steeds aan eenzelfde put energie onttrokken wordt en aan een ander wordt teruggeven, is er geen sprake van een energie-opslagsysteem.

Bij een tweede techniek worden standaard twee putten aangebracht

In de zomer wordt koud water uit één van de putten opgepompt.
Via een warmtewisselaar wordt de koude afgegeven aan het gebouw. Het opgewarmde water wordt via de andere put terug in de grond geïnjecteerd en opgeslagen.

In de winter draait de pomprichting om en wordt het in de zomer opgewarmde water terug opgepompt. Dit water geeft zijn warmte via de warmtewisselaar terug af aan het gebouw en wordt via de andere put terug naar de watervoerende laag gebracht.

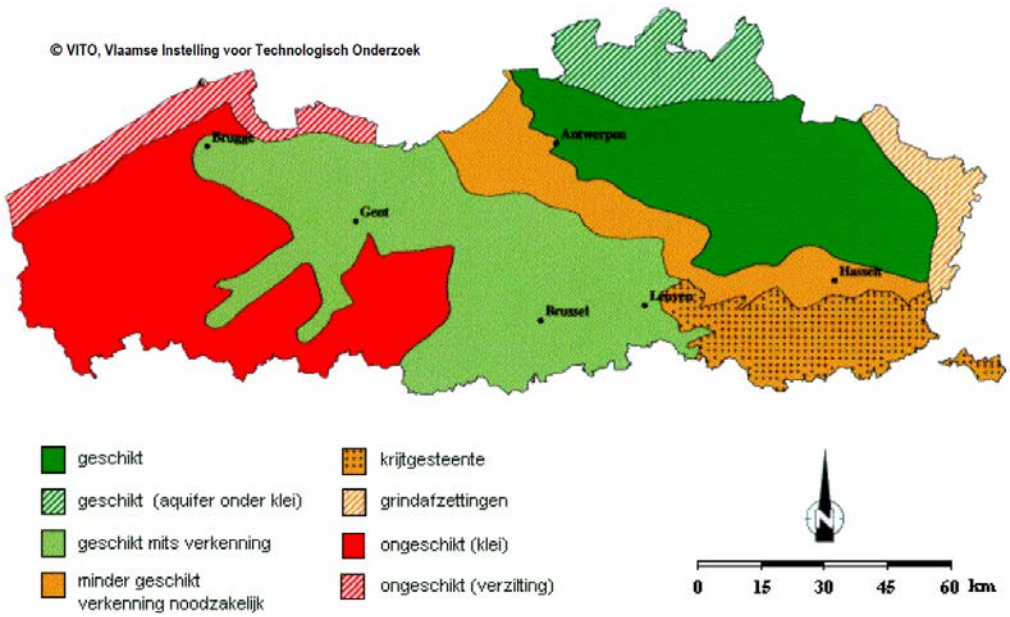
Deze techniek is rendabeler omdat het temperatuurverschil dat de warmtepomp moet overbruggen kleiner is. Het opgevoerde water is immers al koeler in de zomer en warmer in de winter.

Omdat het systeem wel degelijk gebruik maakt van de aarde om energie gedurende een seizoen te bufferen, wordt het ook wel KWO of Koude Warmte Opslag genoemd. Een andere benaming die ook opduikt is ATES of Aquifiers Thermal Energy Storage.

Randvoorwaarden voor open systemen

Het opgepompte grondwater is de drager van de energie (koude of warmte). Daarom is de beschikbaarheid van het grondwater en de snelheid waarmee dit grondwater kan worden opgepompt, bepalend voor de haalbaarheid en het rendement van een KWO-installatie.

Zand is een materiaal waardoor grondwater snel kan doorstromen en dus met een voldoende groot debiet kan worden opgepompt. Indien deze zandlaag aan de boven- en onderzijde wordt begrensd door een minder doordringbare kleilaag, spreekt men van een aquifers of watervoerende laag. In de Kempen zijn deze aquifers op een economisch haalbare diepte beschikbaar en is KWO hier de meest interessante techniek om aardwarmte te winnen.



Terwijl bovenstaande kaart een eerste indicatie geeft over de haalbaarheid van een KWO-installatie, moet ook nagegaan worden of er in de buurt andere installaties zijn die grondwater onttrekken.

De hoeveelheid grondwater die moet kunnen worden onttrokken, is ook afhankelijk van de koude en warmtebehoefte van het gebouw en de verhouding tussen de twee vermogens.

Bovendien mag men niet zonder meer grondwaterlagen aanboren. Afhankelijk van de locatie en het vereiste debiet, dient men de nodige vergunningen aan te vragen (zie verder vergunningen).

Gesloten systemen

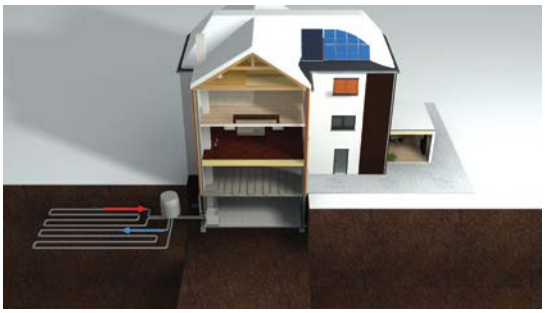
Principe

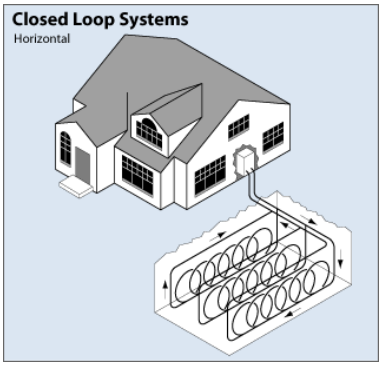
Terwijl bij open systemen het grondwater de energiedrager is, wordt deze functie bij gesloten systemen opgenomen door een vloeistof (een mengsel van water en glycol) die door sondes stroomt.

Afhankelijk van de ligging van deze sondes maken we een onderscheid tussen horizontale of verticale systemen. Het systeem waarbij gas door de sondes stroomt, wordt afzonderlijk behandeld.

Horizontale systemen

Horizontale lussen van kunststof worden tussen 1.2 en 2m onder de grond aangebracht. Ze kunnen vlak worden gelegd of spiraalvormig in uitgegraven sleuven.





De ondiepe lussen werken grotendeels als ondergrondse zonnecollectoren: in de winter wordt warmte uit de ondiepe grond uitgeput, terwijl in het zomerseizoen het 'warmtereservoir' gevuld wordt.

De eenvoudige installatie en de beperkte vermogensuitwisseling van horizontale bodemwarmte-wisselaars maakt dat deze techniek zich optimaal leent voor onttrekking van warmte en voornamelijk geschikt is voor de residentiële sector.

Verticale systemen

In de bodem worden gaten geboord met een diameter van 15 à 20 cm en een diepte tot 300m. In deze boorgaten worden kunststofbuizen geplaatst waardoor later een vloeistof stroomt die de energie met de bodem uitwisselt. De vloeistof bestaat uit een mengsel van water en antivries (glycol).

Verticale warmtewisselaars zouden kunnen worden gebruikt om enkel warmte uit de grond te onttrekken. Hierdoor bereikt men uiteindelijk een grondtemperatuur rond het vriespunt op het einde van het stookseizoen. Tijdens de zomerperiode moet de grond door o.a. de stroming van grondwater voldoende opwarmen om terug de bodemtemperatuur van het begin van het stookseizoen te bekomen.

Door echter meerdere wisselaars op een afstand van 5m tot 10m van elkaar te voorzien, wordt een buffer gecreëerd waar zowel koude als warmte kan worden opgeslagen.

Tijdens de winterperiode wordt door de warmtewis-selaars warmte aan de bodem onttrokken die via een warmtepomp instaan voor de verwarming van een gebouw.
Door de onttrekking van warmte daalt de bodem-temperatuur tot een minimum aan het einde van het stookseizoen.

Tijdens de zomerperiode wordt door diezelfde warmtewisselaars de opgeslagen koude naar boven gebracht.

De koude kan op twee manieren naar de ruimte worden overgebracht. Ofwel wordt enkel de warmtewisselaar van de warmtepomp gebruikt en spreekt men van **natuurlijke of passieve koeling**. Ofwel wordt de werking van de warmtepomp omgekeerd en maakt men gebruik van **actieve koeling**. In dit laatste geval stijgt natuurlijk de energiekost voor de activatie van de warmtepomp.

Omdat dit systeem gebruik maakt van de bodem als tijdelijke opslag van energie, noemt men dit ook **Boorgat-energieopslag (BEO)** of Boorgat Thermische Energie Opslag (BTES)

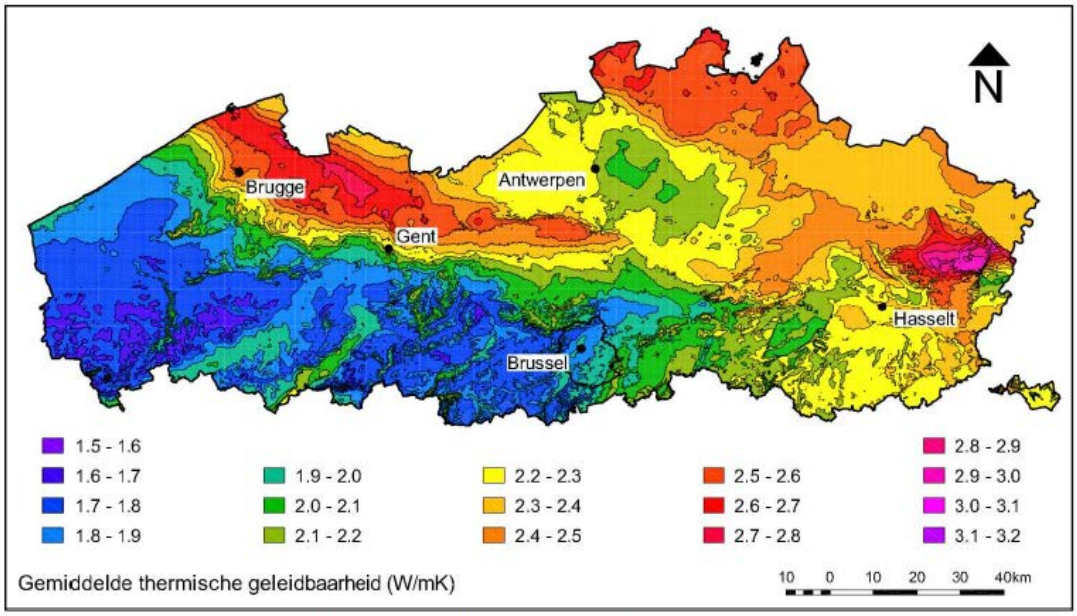
Energiepalen

Een bijzondere vorm van BEO ontstaat wanneer de verticale warmtewisselaar geïntegreerd wordt in de fundering van het gebouw. De fundering heeft dan niet enkel een dragende constructieve functie, maar maakt ook deel uit van de opslag en warmtewisseling met die bodem. Een energiepaal combineert op die wijze een paalfundering en een verticale warmtewisselaar.

Randvoorwaarden voor gesloten verticale systemen

De werking van een verticaal systeem met warmtewisselaars berust op de overdracht door geleiding van warmte van de vloeistof in de warmtewisselaar naar de bodem en omgekeerd. Hiervoor is er enerzijds een goede warmtegeleiding (t.t.z. een lage warmteweerstand) nodig van de warmtewisselaar naar de wand van het boorgat en anderzijds een goede warmtegeleiding van de wand van het boorgat verder in de bodem.

Het eerste kan men bereiken door een verzorgde uitvoering van het boorgat en de toepassing van geschikt opvulmateriaal tussen de warmtewisselaar en het boorgat (het zogenaamde grouten).
De warmtegeleiding verder in de bodem wordt bepaald door de geologische karakteristieken van de bodem en in welke mate de grond verzadigd is met water.
Onderstaande kaart geeft een indicatie van de geleidbaarheid van de bodem in Vlaanderen. Hoe hoger de thermische geleidbaarheid, hoe interessanter het geothermisch project. Als de geologische samenstelling van de ondergrond bekend is, kan men gebruik maken van een webtool die beschikbaar is op de website. (http://tool.smartgeotherm.be/alg)
Zeker voor grotere projecten is het voor een correcte dimensionering van het aantal boorgaten en de lengte noodzakelijk om de geleidbaarheid plaatselijk te meten door het uitvoeren van een Thermische Respons Test (TRT).



Figuur 9: Gemiddelde thermische geleidbaarheid tot op een diepte van 100 m of tot op de vaste rots

Net zoals bij de open systemen moet de aanwezigheid van andere energie-onttrekkingssystemen in ogenschouw worden genomen en zijn de nodige vergunningen vereist voor de plaatsing en exploitatie van gesloten geothermische installaties (zie verder vergunningen).

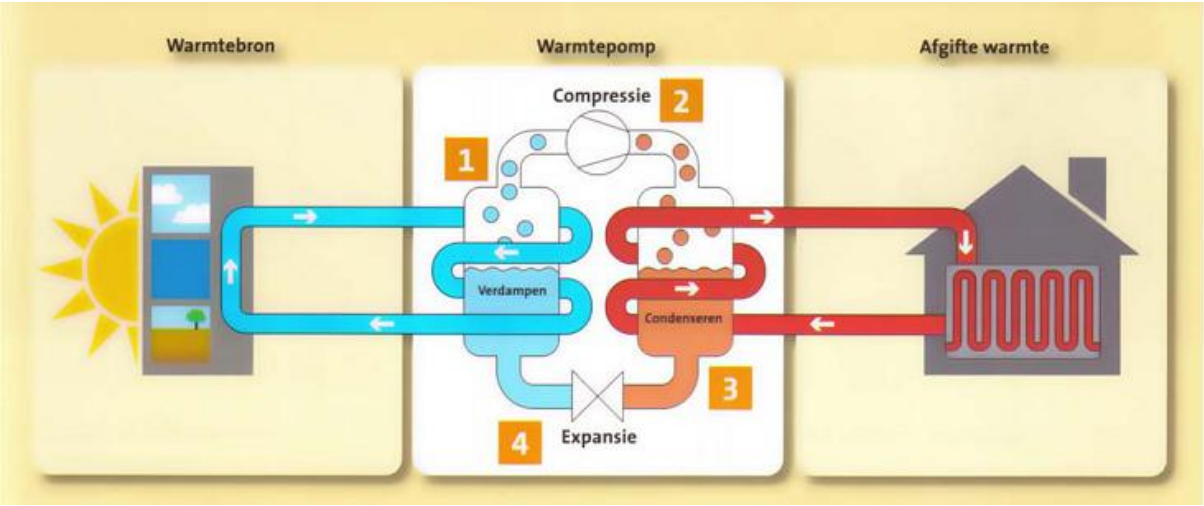
Warmtepompen

De temperatuur in de ondiepe ondergrond schommelt tussen de 15 en 20°C. De temperaturen zijn te laag voor de ruimteverwarming van gebouwen en dienen verder opgewaardeerd te worden.

Een warmtepomp is een toestel dat mits toevoeging van een deel externe energie (gas of elektriciteit) deze lage temperaturen kan verhogen tot een hogere gewenste temperatuur. Deze gewenste temperatuur is afhankelijk van het warmte-afgiftesysteem. (zie verder warmte-afgiftesystemen). De warmtepomp “pompt” dus thermische energie van een laag naar een hoog temperatuursniveau.

Principe

De cyclus van een warmtepomp bestaat uit vier stappen:



Figuur 4: bron: http://www.delektro.be/warmtepomp/Werking%20warmtepompen/default.html

Stap 1:[3]

- Het grondwater in geval van een open systeem of de vloeistof bij een gesloten systeem wordt via een **verdamper** in contact gebracht met een koudere werkvloeistof in de warmtepomp. De speciale vloeistof, die onder lage druk staat en daardoor een lage kooktemperatuur heeft, begint te koken en wordt omgezet in damp.

Stap 2:

- Een **compressor** perst de damp onder hoge druk samen, wat de temperatuur ervan doet stijgen. De damp wordt op een temperatuur gebracht die hoger ligt dan het water of de lucht van de verwarmingsinstallatie in de woning.

Stap 3:

- Een **condensor** brengt de hete damp in contact met het koudere water of de lucht van het verwarmingssysteem van de woning. Daardoor stijgt de temperatuur in het verwarmingssysteem. Tegelijkertijd koelt de damp af en wordt ze opnieuw vloeistof.

Stap 4:

- Een **ontspanningsventiel** veroorzaakt een drukverlaging, waardoor het kookpunt van de vloeistof opnieuw daalt. De temperatuur van de vloeistof valt opnieuw onder die van de buitenomgeving, waardoor de hele cyclus opnieuw kan beginnen.

[3] http://telescript.denayer.wenk.be/2009-10/a2c9/public_html/techniek.shtml

Rendement

Het enige onderdeel van een warmtepomp dat energie verbruikt, is de compressor waarmee de druk en dus ook de temperatuur van het warmtedragend medium wordt verhoogd.
Het rendement of de winstfactor van een warmtepomp wordt dan ook bepaald door het energieverbruik van de compressor.
Deze winstfactor of **COP (Coefficient Of Performance)** wordt berekend door de geleverde nuttige energie te delen door de verbruikte (elektrische) energie.
Hebben we bijvoorbeeld een warmtepomp met een COP van 4; dan zal met één kWh verbruikte elektriciteit, 4kWh nuttige warmte worden opgewekt.

Met behulp van deze maatstaf (COP) kunnen verschillende systemen met elkaar worden vergeleken.
Hoe groter de temperatuurverhoging die moet worden gerealiseerd door de warmtepomp, hoe groter de drukverhoging die de compressor moet bewerkstelligen. Dit vergt op zijn beurt weer meer energie waardoor de COP van de warmtepomp zal dalen.
De winstfactor of COP van een warmtepomp zal dus stijgen bij een hogere temperatuur van de warmtebron (de bodem) en een lagere vereiste temperatuur van het afgiftesysteem.

Door de schommelingen van de temperatuur aan aanbod- en afgiftezijde zal dus ook de COP van de installatie variëren. Daarom werd de **SPF (seasonal performance factor)** in leven geroepen die de prestatie van het warmtepompsysteem gedurende een volledige winterperiode in rekening brengt.

Willen we tenslotte ook de vergelijking maken met andere verwarmingssystemen moeten we ook het primaire energieverbruik in rekening brengen. Het rendement van de elektriciteitscentrale en het thermisch rendement van bijvoorbeeld de gasketel wordt mee verrekend in de zogenaamde **PER-factor (Primary Energy Ratio).** Hoe hoger deze factor, hoe energiezuiniger het systeem.

In onderstaande tabel worden de verschillende warmtepompsystemen zowel onderling met elkaar vergeleken als met andere verwarmingssystemen (mazout- en gasketel).

De cijfers zijn indicatief; werkelijke praktijkwaarden zijn afhankelijk van de omstandigheden.[4]

[4] code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompen in de woningbouw

	WP-buitenlucht	WP-bodem (horizontaal)	WP-bodem (verticaal)	WP-grondwater	Mazoutketel	Gasketel (HR)
COPwp (indicatief)	3,2(2-35°C)	4,5(0-35°C)	4,5(0-35°C)	5,6(10-35°C)		
SPFsysteem (indicatief)	2,7	3,2	3,6	3,0 – 3,8		
PERsysteem (indicatief)	1,1	1,3	1,4	1,2 – 1,5	0,8	0,9

In deze tabel staan de afkortingen voor de warmtepompsystemen voor:

- WP-buitenlucht: warmtepompsysteem met buitenlucht als warmtebron;
- WP-bodem (horizontaal): warmtepompsysteem met een horizontale bodemwarmtewisselaar als warmtebron;
- WP-bodem (verticaal): warmtepompsysteem met een verticale bodemwarmtewisselaar als warmtebron;
- WP-grondwater: warmtepompsysteem met grondwater (pomp- en retourput) als warmtebron.

Figuur 5: bron: code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompen in de woningbouw

Koelen

Actief koelen

Door de cyclus van een warmtepomp om te draaien, verkrijgt men dezelfde werking als een koelkast. De warmte uit het gebouw wordt opgenomen en via de warmtepomp afgegeven aan de buitenomgeving t.t.z. de bodem.

Passief koelen

Men spreekt van natuurlijke of passieve koeling indien het opgepompte fluïdum enkel over een warmtewisselaar wordt geleid en als zodanig warmte uit het gebouw onttrekt.

Direct Exchange

Bijzondere aandacht verdient Direct Exchange, ook gekend onder de volgende benamingen: DX, direct expansion of directe verdamping.

Direct Exchange is een warmtepomp waarbij het koelmiddel via koperen leidingen energie uitwisselt met de bodem.

Bij deze systemen verdampt het koelmiddel (veelal Freon) direct in de koperen leidingen. De koperen leidingen hebben gelijktijdig de functie van grondwarmtewisselaar als van verdamper.

In tegenstelling tot de typische geothermische systemen zijn er geen PE-buizen met een mengsel van water en glycol; er is ook geen pomp die het water door de ondergrond moet doen circuleren.
Door de betere geleidbaarheid van koper t.o.v. de PE-buizen, heeft het systeem een kortere warmtewisselaar dan bij de klassieke water-glycol systemen.
Het systeem kan worden gebruikt voor de productie van warm water voor de vloerverwarming, radiatoren of sanitair water. Het systeem kan ook toegepast worden voor actieve koeling.
Deze oplossing kan zowel met warmte- of koude afgifte gecombineerd worden. Het afgiftesysteem kan lucht- of watergebonden zijn.
Direct Exchange komt eerder voor bij residentieel gebruik, nieuwbouw of renovatie.

Warmte-afgiftesystemen

Lage temperatuursystemen

Hierboven hebben we reeds aangehaald dat de winstfactor van een warmtepomp o.a. bepaald wordt door het temperatuurverschil tussen de warmtebron en het warmte-afgiftesysteem. In die zin verdienen warmte-afgiftesystemen die op een lage of zeer lage temperatuur werkzaam zijn de voorkeur in een geothermische installatie.

Radiatoren en convectoren vereisen een aanvoertemperatuur tussen de 50-70°C. Vloer- en plafondverwarming daarentegen functioneren bij temperaturen tussen 30-40°C. Nog lagere temperaturen, 24-30°C kunnen bereikt worden indien gebruik gemaakt wordt van betonkernactivering (zie verder).

Geothermische warmtepompen worden daarom zeker interessant indien plafond-, wand- of vloerverwarming als hoofdverwarming wordt toegepast.

Deze vorm van verwarming wordt algemeen als zeer comfortabel ervaren. Bovendien stelt men de ruimtethermostaat gemiddeld 1 à 2°C lager in. Het buizenstelsel dat in de vloer of plafond wordt verwerkt, kan in de zomer gebruikt worden voor koeling waardoor het comfort in de zomer nog toeneemt.

Het nadeel van deze verwarmingssystemen is hun thermische traagheid waardoor ze minder snel reageren op temperatuursveranderingen in het lokaal. Deze temperatuursveranderingen kunnen het gevolg zijn van een sterk schommelende bezettingsgraad van het lokaal of door wisselende zonne-inval.
Men moet er ook rekening mee houden dat het plafond of de vloer afgewerkt moet worden met materialen met een lage warmteweerstand.

Voor het succesvol kunnen toepassen van lage temperatuurverwarming met behulp van een warmtepomp, dient het warmteverlies door de gebouwschil (transmissie- en ventilatieverlies) beperkt te zijn. Dit is nodig om het benodigde verwarmingsvermogen van de warmtepomp te beperken en om comfortproblemen te voorkomen.

Dit betekent dat er prestatie-eisen gelden ten aanzien van:

- luchtdoorlatendheid
- thermische isolatie
- koudebruggen

In de praktijk is het aan te bevelen om tenminste te streven naar K40 of K45 als peil van de globale warmte-isolatie.[5]

[5] code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompen in de woningbouw

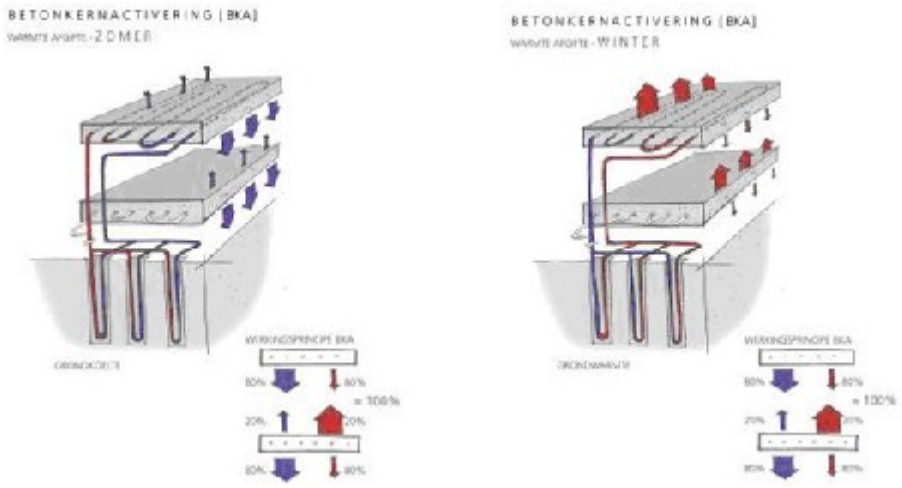
Betonkernactivering: zeer lage temperatuurverwarming, zeer hoge temperatuurkoeling

Betonkernactivering of thermische actieve bouwdelen verschillen van plafond- en vloerverwarming in die zin dat de leidingen niet in de toplaag van de constructie zijn opgenomen maar, zoals de naam doet vermoeden, in de kern van het constructiedeel. Het leidingnetwerk is gekoppeld aan de warmteafgiftezijde van de warmtepomp.

Hierdoor ontstaat er een thermische buffer waarbij de thermische energie tijdelijk kan worden opgeslagen. Zo kan overdag overtollige warmte worden opgenomen door het thermisch geactiveerde bouwdeel en 's nachts terug worden afgegeven. Dit fenomeen resulteert in een verschuiving en afvlakking van de temperatuurspieken.

Het constructiedeel geeft zijn warmte/koude af wanneer er een temperatuurverschil ontstaat tussen de ruimte en het betonoppervlak. Zolang de ruimtetemperatuur lager is dan deze van het beton straalt deze warmte uit. Zodra de ruimte warmer wordt dan de betonmassa wijzigt de functie van het beton en wordt warmte geabsorbeerd.

Hoe groter het temperatuurverschil, hoe groter het afgeleverde vermogen. Dit zelfregulerend effect vraagt ook een aangepaste klimaatregeling.



Figuur 6: http://www.architectura.be/nieuwsdetail_new.asp?id_tekst=2820

Net zoals bij klassieke plafond- en vloerverwarming gebeurt het verwarmen en koelen met betonkernactivering hoofdzakelijk op basis van straling en niet door convectie. Op die manier worden er geen onaangename luchtstromen gegenereerd.

Figuur 7: bron AirDeck	Figuur 8: bron Echo

Door de lage aanvoertemperaturen voor verwarming (25-30°C) en de hoge aanvoertemperaturen voor koeling (>16°C) is betonkernactivering het ideale afgiftesysteem in combinatie met een warmtepomp.

Vergunningen en heffingen

Ondiepe geothermie is op zich een milieuvriendelijke technologie.

Om het milieuvriendelijke karakter van deze technologie te vrijwaren heeft de overheid een aantal voorwaarden vervat in de milieuwetgeving.

Bescherming van het grondwater

Deze regels slaan hoofdzakelijk op de bescherming van het grondwater. Het nodige type vergunning (melding, klasse 2, klasse 1) is dan ook afhankelijk van de aanwezigheid van beschermingszones en de diepte van de boring.

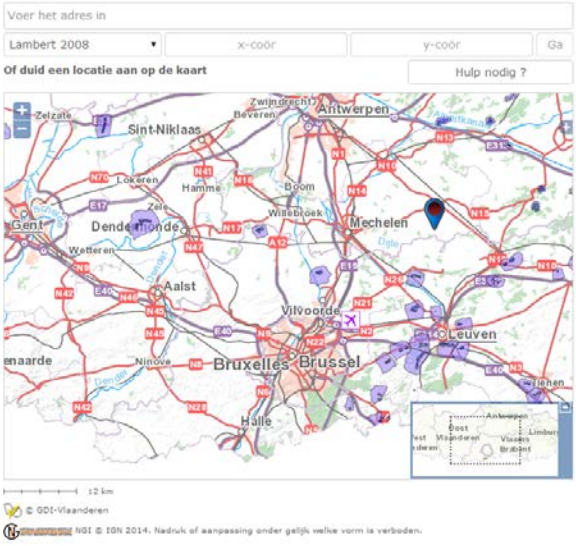
Open systemen

Voor KWO systemen waarbij grondwater opgepompt wordt en terug in dezelfde watervoerende laag wordt geïnjecteerd, gelden de volgende richtlijnen in functie van het opgepompte debiet:

<30.000m³/jaar → klasse 2 vergunning
>30.000m³/jaar → klasse 1 vergunning

Gesloten systemen

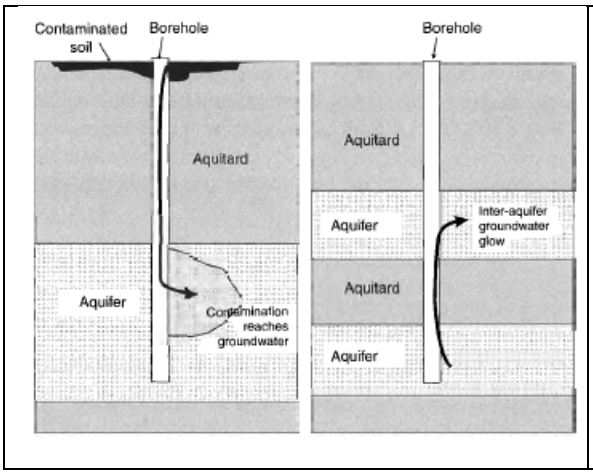
Afgezien van de beschermingszones zijn boringen ten behoeve van thermische opslag tot een bepaalde diepte niet meer meldings- of vergunningsplichtig. Deze diepte wordt bepaald door het dieptecriterium.
Op de smartgeothermwebsite (http://tool.smartgeotherm.be/alg) kan men het dieptecriterium aflezen voor een bepaalde locatie.



Voorwaarden

Vlarem II legt ook algemene sectorale voorwaarden op om de verontreinigingen van het grondwater te voorkomen.

Belangrijk hierbij is dat alle boringen ten behoeve van thermische opslagsystemen ongeacht de diepte en ongeacht de locatie moeten worden opgevuld met een vulmiddel. Dit opvullen gebeurt van onder naar boven met een vorstbestendig vulmiddel een geattesteerde doorlatendheid na uitharden van minder dan 10-8 m/s.



Om er over te waken dat de vloeistof in de warmtewisselaar niet naar de bodem lekt, worden druktesten opgelegd.

Vermogen warmtepomp

Tenslotte worden er vergunningen vereist in functie van het geïnstalleerd vermogen van de warmtepomp:

<5kw → geen melding of vergunning nodig
5kW – 200 kW → melding (klasse 3)
>200 kW → klasse 2

Heffingen

Grondwaterwinningen die gebruikt worden voor koude-warmtepompen zijn vrijgesteld van heffingen voor grondwaterwinning en waterverontreiniging, op voorwaarde dat het grondwater na doorstroming van de koude-warmtepomp integraal teruggebracht wordt in dezelfde watervoerende laag en op voorwaarde dat aan de vergunningsplicht is voldaan en een schriftelijke aanvraag voor deze vrijstelling is gebeurd. Deze vrijstelling hoeft niet elk jaar hernieuwd worden.

(artikel 28 ter §,8° van het decreet van de Vlaamse Regering van 24 januari 1984 houdende maatregelen inzake het waterbeheer + artikel 35bis,§6 van het decreet van 19 december 2003 bij de wet van 26 maart 1971 op de bescherming van de oppervlaktewateren tegen verontreiniging)

Haalbaarheid en rendementen

Of een geothermische installatie een verstandige keuze is, hangt af van een aantal factoren.

- De energie-vraagzijde: het gebouw
- De energie-afgifte : de warmte/koude afgifte elementen
- De energie-aanbodzijde: de bodem, of andere bronnen

De dimensionering van een geothermische installatie vraagt professionele kennis en ervaring. Onderstaande geeft enkel elementen aan die een geothermische installatie meer of minder interessant maken.

De energie-vraagzijde: het gebouw

Koude- en warmtelast

Voor het succesvol kunnen toepassen van lage temperatuurverwarming met behulp van een warmtepomp dient het warmteverlies door de gebouwschil (transmissie- en ventilatieverlies) beperkt te zijn. Dit is nodig om het benodigde verwarmingsvermogen van de warmtepomp te beperken en om comfortproblemen te voorkomen.

Dit betekent dat er prestatie-eisen gelden ten aanzien van:

- luchtdoorlatendheid
- thermische isolatie
- koudebruggen

In de praktijk is het aan te bevelen om tenminste te streven naar K40 of K45 als peil van de globale warmte-isolatie.[6]

Geothermische installaties kunnen echter zowel warmte als koude aan een gebouw leveren.

Geothermie wordt interessanter wanneer een afzonderlijke koelinstallatie (zoals airco-installatie) kan worden vermeden. Gebouwen die buiten een warmtevraag ook een significante koelvraag hebben scoren daarom beter. Men spreekt van een koelbehoefte > 150 à 200kW.

Grootte van het gebouw

Geothermische installaties hebben een grotere investeringskost dan een klassieke HVAC-installatie. Het economisch rendement is dan ook sterk afhankelijk van de grootte van het project. Hoe groter het project, hoe interessanter.

[6] code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompen in de woningbouw

De energie-afgifte : de warmte/koude afgifte elementen

Geothermische installaties worden steeds gecombineerd met warmtepompen. Het rendement (COP) van een warmtepomp is afhankelijk van de vereiste afgiftetemperatuur. Afgiftesystemen met lage (vloerverwarming) tot zeer lage afgiftetemperaturen (betonkernactivering) scoren beter dan systemen met hoge afgiftetemperaturen (radiatoren).

Hetzelfde is geldig voor koelsystemen. Systemen met een hoge water- of luchttemperatuur scoren beter dan systemen die temperaturen rond het vriespunt vereisen.

Daarom komen gebouwen waarin betonkernactivering of vloer- of plafondverwarming voorzien is, beter tot hun recht dan gebouwen met andere klassieke afgiftesystemen.

De energie-aanbodzijde: de bodem, of andere bronnen

KWO

KWO-systemen zijn in principe rendabeler dan BEO systemen. De ondergrond is echter zeer belangrijk. De hydro-geologische voorwaarden voor KWO-systemen zijn:

- de doorlatendheid watervoerende laag
- de dikte watervoerende laag
- de bovenzijde watervoerende laag
- de redoxgrens
- de zoet/brakgrens
- de locale grondwaterstroming
- de grondwaterwinning

In Vlaanderen zijn de toepassingsmogelijkheden echter beperkt tot de Kempen (zie kaart).

Gesloten verticale warmtewisselaars

Voor BEO-toepassingen zijn de randvoorwaarden minder streng. De bepalende factor hier is de thermische geleidbaarheid van de ondergrond. Hoe hoger de thermische geleidbaarheid, hoe gemakkelijker energie met de ondergrond kan worden uitgewisseld.

Een lage thermische geleidbaarheid resulteert in een uitgebreider en/of dieper boorveld en dus een hogere investeringskost.

Gesloten horizontale warmtewisselaars

Deze lussen worden tot maximaal 2m in de grond ingegraven. De investeringskost is daarom beperkt in vergelijking met verticale warmtewisselaars. Het geleverd vermogen is eerder beperkt. Bovendien kan de nodige beschikbare ruimte een probleem vormen.

Andere thermische bronnen

Geothermie kan gecombineerd worden met andere thermische bronnen zoals zonne-energie, warmte van warmtekrachtkoppeling, enz. Deze thermische energie kan rechtstreeks of onrechtstreeks via de warmtepomp als bijkomende bron worden benut of kan tijdelijk opgeslagen worden in de bodem die dan fungeert als buffer. Deze extra bron kan daardoor ingezet worden om de bodem terug in evenwicht te brengen.

Energiebuffering

Eerder dan elektrische energie kan thermische energie eenvoudig tijdelijk worden opgeslagen om later te worden gebruikt.

KWO en BEO systemen slaan thermische energie tijdelijk op in de bodem. Voor korte termijn opslag kan gebruik gemaakt worden van betonkernactivering of buffers gevuld met water of PCM's (phase change materials).

Het gebruik van deze buffers kan de totale energiefactuur aanzienlijk doen dalen.

Subsidies

De overheid stimuleert mensen die willen overstappen naar hernieuwbare energie door middel van premies en subsidies.

Voor de meest recente informatie over premies en subsidies met betrekking tot hernieuwbare energie kunt u ook steeds terecht op www.energiesparen.be.

1. **Premie van de netbeheerder**

   De grootte van deze premie is afhankelijk van netbeheerder tot netbeheerder. Meer informatie vindt u op de website van uw eigen netbeheerder.

2. **Fiscaal voordeel**
   Een warmtepomp levert u een aanzienlijke belastingvermindering op. Meer informatie vindt u op www.premiezoeker.be.

3. **Gemeentelijke premie**
   Enkele gemeentes geven nog een **bijkomende premie** aan mensen die overschakelen op hernieuwbare energie. Ook deze informatie is terug te vinden op www.premiezoeker.be.

De mogelijkheden tot subsidies zijn afhankelijk van enkele elementen:

- Uw gemeente
- Elektriciteitsnetbeheerder
- Toepassing van de warmtepomp (nieuwbouw of renovatie)
- Particulier of professioneel gebruik

Aanpak van een geothermisch project

De overweging en de keuze voor het al dan niet toepassen van een geothermisch project dient zo vroeg mogelijk in het ontwerpproject te worden gemaakt. Het rendement hangt immers af van een goed geïntegreerd ontwerp.

Idealerwijs zitten de betrokken partijen reeds in het begin van het traject samen.

In de onderstaande flowchart worden de belangrijkste stappen overlopen.

Het Smart Geotherm project

In september 2011 ging het 6 jaar durende IWT-traject SMARTGEOTHERM project van start. Het project wil in Vlaanderen de toepassing van ondiepe geothermie gecombineerd met thermische buffering promoten.

Richtlijnen van goede praktijk m.b.t. geothermische warmtewisselaars en energie-opslagsystemen, intelligente regelalgoritmes, dimensioneringstools, voorbeeldprojecten enz. worden uitgewerkt om bestaande kennis en nieuwe inzichten naar de bouwmarkt te brengen.

De projectpartners zijn ervan overtuigd dat ondiepe geothermie een belangrijke bijdrage kan leveren in het streven naar "nearly zero-energy buildings".

Samen met het WTCB als projectleider zijn het Febe, de Vlaamse Confederatie Bouw, de Bouwunie, ABEF en infobeton.be betrokken partners.

KULeuven, de VITO en het WTCB staan samen in voor de wetenschappelijke uitwerking van het project.

*Op de website www.smartgeotherm.be is reeds heel wat informatie beschikbaar. Je kan je ook meteen inschrijven op de **nieuwsbrief** om op de hoogte te blijven van ondiepe geothermie, thermische opslagsystemen en andere ontwikkelingen binnen het project.*