Duurzame energie uit fossiele bron

Voormalige steenkoolmijnen worden opnieuw benut

Erwin Roijen, Peter Op 't Veld

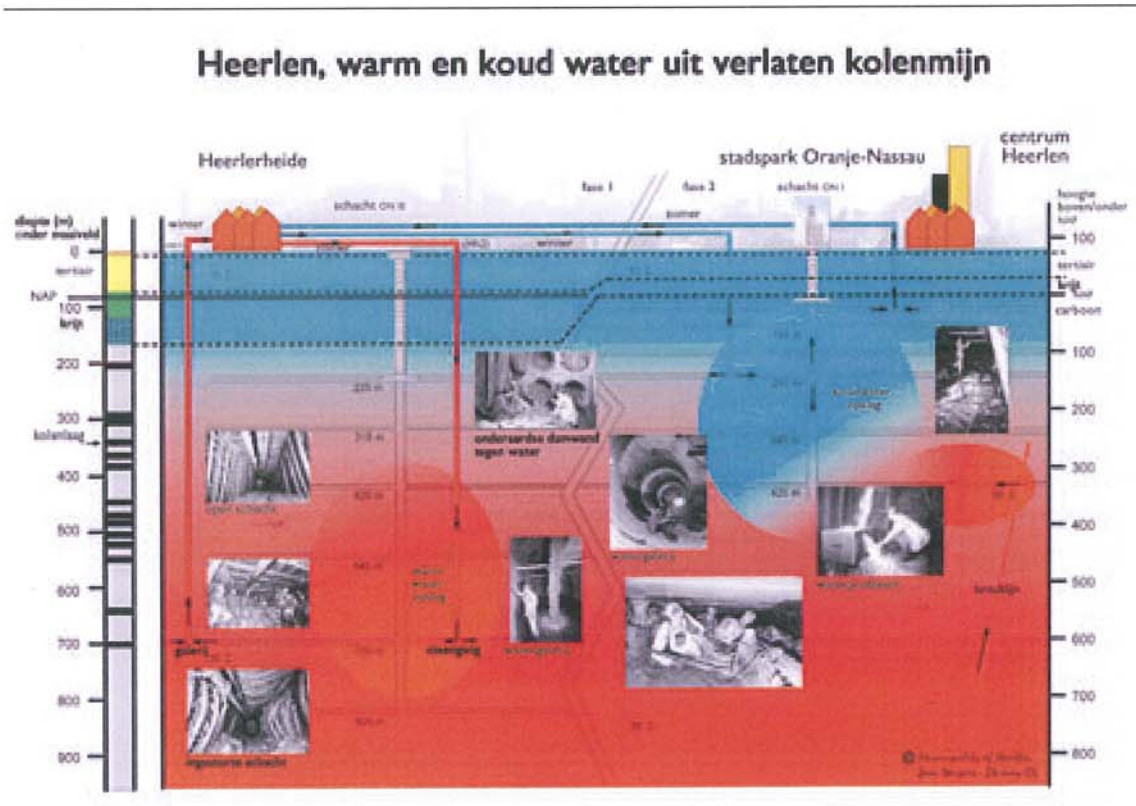
Mijnbouw staat synoniem voor fossiele energievoorziening. Vanwege het altijd aanwezige grondwater lopen gesloten mijnen langzaam maar zeker vol. Dat water heeft op Europese schaal een groot potentieel voor geothermie en warmte-koudeopslag (WKO). In Heerlen heeft het mijnwaterproject aangetoond dat het economisch en technisch haalbaar is energie te onttrekken aan water in oude mijngangen.

Operationele en gesloten mijnen bevatten grote hoeveelheden water met verschillende temperatuurniveaus. In Heerlen, waar een mijnwaterproject inmiddels energie levert, zijn de temperaturen in de diepe lagen tot 800 m onder het maaiveld (-mv) circa 30 °C, in de relatief ondiepe lagen (200 m -mv) heersen temperaturen van 15 – 20 °C. Deze hoeveelheden water kunnen worden beschouwd als geothermische bronnen, maar zijn ook potentiële volumen voor WKO.

Van cruciaal belang is echter dat deze bronnen laagwaardige energie leveren, waar de klimaatinstallaties en bouwtechniek op moeten zijn aangepast om deze optimaal te benutten. De combinatie van It-systemen met geavanceerde ventilatietechnieken en geïntegreerd ontwerp van gebouwen biedt een uitstekend thermisch comfort gedurende 365 dagen per jaar. Dit energieconcept geeft tot 50 procent vermindering van het primair energiegebruik en de CO_2-emissie.

Principes

Het mijnwaterproject in Heerlen werkt in principe als volgt. Uit vier verschillende putten wordt mijnwater opgepompt. In de concessie van de voormalige particuliere mijn Oranje-Nassau III (ON III) in Heerlerheide, waar mijnbouw heeft plaatsgehad op een niveau van 800 m, zijn twee warme bronnen (700 m -mv, circa 30 °C) gelegen. In de voormalige, eveneens



1. Schematische doorsnede mijnen Oranje-Nassau I en Oranje-Nassau III.

particuliere mijn Oranje-Nassau I (ON I) in het zuiden van Heerlen vond kolenwinning plaats tot een niveau van 400 m, hier zijn de relatief koude putten (250 m -mv, circa 16 °C) gelegen.

Het opgepompte mijnwater wordt via een zogenaamd primair energienet aan lokale energiecentrales geleverd. In deze energiecentrales vindt warmte-uitwisseling plaats tussen het primaire en secundaire net (gebouwinstallaties). Het secundaire net zorgt met warmtepompen voor lt-verwarming (35 – 45 °C) en hogetemperatuurkoeling (16 – 18 °C). Via een gecombineerde retourleiding wordt het mijnwater naar putten met een diepte van circa 450 m -mv teruggebracht.

Praktische uitwerking

De temperatuurniveaus van verwarming en koeling worden bewaakt in de lokale energiecentrales met bivalente opstelling, bestaande uit elektrische warmtepompen in combinatie met gasgestookte hr-ketels. Het warmteoverschot in gebouwen – in de zomer bijvoorbeeld koeling en proceswarmte – en wat niet rechtstreeks kan worden gebruikt in de lokale energiecentrales, kan in principe terug naar het mijnwaterreservoir voor seizoensopslag. Warm tapwater wordt bereid in subenergiecentrales in de gebouwen door warmtepompen, kleinschalige wkk's of gasketels.

De basis voor het ontwerp is een set van eenduidige, goed gedefinieerde prestatiecriteria. De consequent toegepaste ontwerpstrategie is de bekende Trias Energetica. In het mijnwaterconcept wordt hier een belangrijke extra voorwaarde aan toegevoegd, namelijk beperking van de temperatuurniveaus van warmte- en koudelevering (voldoen aan de tweede wet van de thermodynamica).

De verwarming en koeling kunnen worden gerealiseerd met een zeer laagwaardige energie, met gemiddelde temperaturen die dichtbij de vereiste ruimtetemperatuur liggen. Hoe beter de gebouweigenschappen (extreem hoge thermische isolatie, hoge luchtdichtheid en geschikte emissiesystemen), hoe dichter de temperatuur van warmte- en koudevoorziening bij de ruimtetemperatuur kan liggen.

Voor sommige functies zullen relatief hoge temperaturen nodig blijven, zoals warm tapwater. Lage koeltemperaturen zijn vereist voor bepaalde functies, zoals hoge koelbelasting in sommige typen gebouwen of ontvochtiging bij luchtbevochtiging. Een ander aspect waarmee rekening wordt gehouden is dat het gebruik van geothermische energie en WKO als zodanig geen betrekking heeft op het elektriciteitsverbruik of de duurzame opwekking van elektriciteit. Sterker nog, door de bron- en warmtepompen is er sprake van een all-electricconcept met meer aandacht voor de stroomherkomst.

2. Mijnwaterstation in CBS-gebouw.

Mijnwaterenergiecentrale

In oktober 2008 is de eerste mijnwaterenergiecentrale in Heerlerheide Centrum geopend. De bouwactiviteiten in Heerlerheide Centrum startten in 2006, wat betekent dat de nieuwbouw al met een lagetemperatuurverwarming werd uitgevoerd voordat het mijnwatersysteem gereed was. Het complete plan wordt gerealiseerd tussen nu en 2015. Alle geplande gebouwen worden aangesloten op de energievoorziening (verwarming en koeling) uit het mijnwaterproject.

Alle gebouwen worden gerealiseerd in een zeer compact gebied en dat is gunstig voor de energiedistributie. In de mijnwaterenergiecentrale wordt de warmte, dan wel koude, aan het mijnwater onttrokken en met warmtepompen op het gewenste niveau gebracht. Een kleinschalig distributienet brengt de warmte en koude vervolgens naar de gebouwen in de wijk. Voor de uitwerking van de definitieve energieconcepten moesten de volgende vragen worden beantwoord.

- Wat is de totale warmte- en koelvraag?
- Wat zijn de streefwaarden voor het percentage duurzame energie in de totale energievraag?
- Hoeveel hernieuwbare energie is uit mijnwater beschikbaar (hoeveel mijnwater kan worden gewonnen) en andere hernieuwbare energiebronnen?
- Wat is de efficiëntste conversietechniek voor het back-upsysteem?

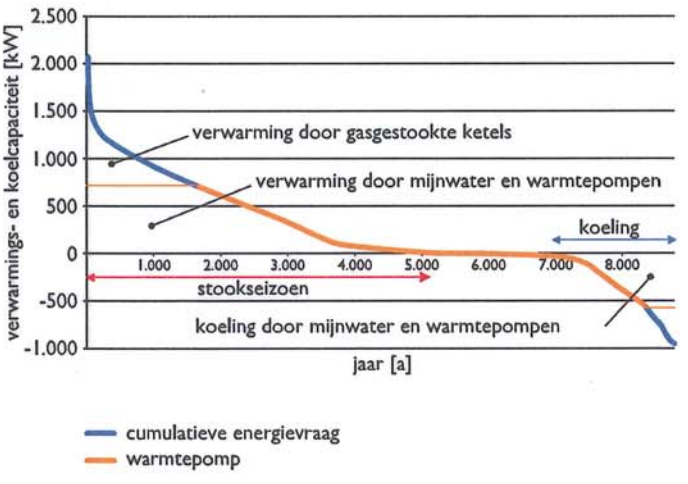
De antwoorden op bovenstaande vragen zijn noodzakelijk voor het geïntegreerde ontwerpproces, met inbegrip van gebouwen, bronnen en energiesystemen, distributie- en afgiftesystemen.

Energieconcepten

Een belangrijk instrument ter ondersteuning van dit proces en de afweging van vraag en aanbod is het energieprofiel van een gebouw, uitgedrukt in een jaarbelastingduurcurve. Op basis van dynamische softwareberekeningen (met het simulatieprogramma Trnsys) is de gebouwzijdige energievraag in een curve gevat. Deze curve geeft een goede indicatie van de maximale capaciteit voor verwarming en koeling, evenals het evenwicht in de jaarlijkse vraag naar warmte en koude. Waar bij gangbare WKO de energiebalans in de bodem (wettelijk) moet worden bewaakt, is dit aspect bij het mijnwatersysteem minder van belang.

De belastingduurcurve geeft verder belangrijke informatie over het effect van de optimalisatie – bijvoorbeeld beperking van warmteverliezen door thermische isolatie of wtw – en hoe de geïnstalleerde capaciteit van warmtepompen kan worden beperkt en de investeringskosten zijn te verlagen. In afbeelding 3 is de jaarbelastingduurkromme voor Heerlerheide weergegeven. Het piekverwarmingsvermogen is ongeveer 2,2 MW, dit is ongeveer 20 procent lager dan berekend met de traditionele warmteverliesberekeningen. Dit kan worden verklaard door de interne warmtewinsten en de accumulatie van warmte, waarmee rekening wordt gehouden in de Trnsys-berekeningen. De vier warmtepompen hebben een gezamenlijk piekvermogen van 700 kW_{th} en dekken daarmee tot 80 procent van de jaarlijkse warmtevraag. De belastingduurkromme toont ook een periode van circa 2.000 h/a zonder netto verwarmings- of koelingsvraag. De maximale koelingsvraag is ongeveer 1 MW en kan voornamelijk worden gedekt door het mijnwaterproject en de omkeerbare warmtepompen.

De aanvoertemperatuur voor vloerverwarming is afhankelijk van de buitentemperatuur en bedraagt maximaal 45 °C bij -10 °C buiten. De gemiddelde aanvoertemperatuur van het seizoen wordt dan 35 °C en past daarmee perfect in het principe van lt-verwarming. Tapwater wordt voorverwarmd via de mijnwaterwarmtepompen en met hr-ketels naverwarmd tot 70 °C. De warmtepompen kunnen zo ongeveer 30 procent van de jaarlijkse warmtevraag voor tapwater dekken.



3. Jaarbelastingduurcurve Heerlerheide.

Woningen

Alle nieuwbouwwoningen in het dorp Heerlerheide hebben tegenwoordig vloerverwarming en koeling. Dit vergt een goede informatieverstrekking aan de bewoners over het typisch thermische gedrag van dit soort verwarming en koeling, met inbegrip van de beperkingen voor de vloerbedekking. De woningventilatie bestaat uit mechanische toe- en afvoer met een hr-warmterecuperatie. Ontbrekende infrastructuur voor aardgas dwingt de inwoners tot elektrisch koken.

Economische voordelen ontstaan door het integrale ontwerp en vooral een combinatie van verwarming en koeling in hetzelfde emissiesysteem (vloerverwarming en -koeling, thermisch geactiveerde bouwelementen en dergelijke).

De economische waarde van de warmte en koude in het mijnwater komt tot uitdrukking in een prijs per GJ. Deze wordt bepaald door drie factoren:

- exploitatiekosten van het mijnwaterenergiebedrijf van de gemeente Heerlen, met inbegrip van elektriciteit voor bronpompen en mijnwatertransport, evenals onderhoud, vervangingen en administratie;
- opwaarderingskosten van laagwaardige warmte en koude door warmtepompen en gasgestookte ketels;
- referentie-energiekosten van eindgebruiker volgens NMDA ('niet meer dan anders'-principe voor particuliere huishoudens).

De eerste en tweede kostenpost worden bepaald op basis van het vraagprofiel van de klant en hydraulische berekeningen van de putten en het leidingnet. Aan de andere kant vergelijkt de eindgebruiker waarschijnlijk zijn energiefactuur met die van een vergelijkbare woning met conventionele gasverwarming. De berekeningswijze van de referentie-energiekosten kent ettelijke discussiepunten die hopelijk op afzienbare termijn met de Warmtewet eenduidig worden. Voor het mijnwaterproject zijn de referentie-energiekosten, met inbegrip van conventionele koeling, berekend op het niveau van

4. Ophaalgebouw mijnbedrijf in Zagorje (Slovenië).

het Bouwbesluit (EPC = 0,80). Voor de koudelevering betalen de bewoners alleen een vastrecht. Zo worden de meetkosten beperkt en starten de bewoners zo vroeg mogelijk met koelen om een maximaal effect te krijgen uit de beperkte capaciteit van de vloerkoeling. Daarmee wordt zo veel mogelijk warmte teruggevoerd naar de energiecentrale voor bijvoorbeeld warmtapwaterbereiding. Een standaardtarief voor lageexergiekoeling in woningen is in Nederland nog niet beschikbaar.

Conclusie

Mijnen kunnen opnieuw worden gebruikt voor de duurzame verwarming en koeling van gebouwen. Het mijnwaterproject in Heerlen toont aan dat warmte van circa 30 °C op 700 m-mv winbaar is, uit ondiepe putten (250 m -mv) kan mijnwater van 15 – 18 °C worden gewonnen. Deze temperaturen kunnen worden gebruikt voor verwarming en koeling van gebouwen, indien deze gebouwen 'low ex' zijn uitgevoerd. Ondanks de extra investeringskosten kunnen dergelijke projecten economisch rendabel worden door het vermijden van extra koelsystemen en een geïntegreerd ontwerp. Het pilotproject wordt opgeschaald naar een bedrijfsmatige situatie en wellicht uitgebreid met extra gebouwen. Langjarige exploitatie vergt een betrouwbaar en efficiënt distributiesysteem. Er zijn daarom extra maatregelen genomen, zoals specifieke kunststofmaterialen om het neerslaan van opgeloste stoffen (scaling) en corrosie in de leidingen te voorkomen. Verder is het mijnwater met titanium warmtewisselaars gescheiden van de gebouwinstallaties en wordt het systeem onder een overdruk gehouden ter vermijding van ontgassing en zuurstoftoetreding.

Het mijnwaterproject heeft een technisch en sociaal imago, maar vooral de economische waardering van laagwaardige warmte en koude blijkt een nieuw thema. Omdat het mijnwater in energetisch opzicht een halffabricaat is dat vaak een opwaardering vraagt, is een zorgvuldige allocatie van de kosten en de baten een belangrijk aspect. De afnemer zal de noodzakelijke investeringen in bijvoorbeeld warmtepompen voor mijnwatergebruik willen zien terugverdiend.

Een ander gevolg van het nieuwe gebruik van de mijnen zijn de vaak positieve sociaaleconomische effecten, sociale rehabilitatie en een betere gezondheid voor de gemeenschappen die leven in gebieden met (voormalige) mijnbouw. Het mijnwaterproject in Heerlen toont aan dat mijnwater kan dienen als duurzame energiebron. Dat ging echter niet zonder een aangepaste energie-infrastructuur voor verwarming en koeling van gebouwen. Het is daarmee een voorloper in de toepassing van laagwaardige omgevingsenergie.

Buitenland

Het Heerlense project heeft in Europa en daarbuiten gretig navolging gevonden. In Hunosa (Spanje) en Novoshaktinsk (Rusland) draaien inmiddels soortgelijke systemen. In het Europese Concerto II-project Remining-lowex vindt doorontwikkeling van het concept plaats. Vier ambitieuze lokale gemeenschappen, te weten Heerlen (Nederland), Zagorje (Slovenië), Czelad (Polen) en Burgas (Bulgarije) willen het gebruik van lokaal beschikbare hernieuwbare energiebronnen, in het bijzonder water uit verlaten mijnen, voor de verwarming en koeling van gebouwen inzetten. Het mijnwater en de gebouwtechnieken zijn er klaar voor.

Meer informatie

www.remining-lowex.org

Referenties

- *Laenen, B., Amann-Hildenbrand, A. & Van Tongeren, P.C.H. (juni 2007). 'The Heerlen Minewaterproject: Evaluation of the pump-test data of July 2006 at the Heerlerheide-1 & -2 wells'. Mol, Belgium. Vito.*
- *Swart, D., 2006. 'End of well reports Heerlerheide #1 & Heerlerheide #2'. Groningen, the Netherlands.* PGMi.
- *Van Tongeren P.C.H., Amann-Hildenbrand, A. and Daneels A. (2007). 'The Selection of 'low' and 'intermediate' temperature wells (HRL-1, -2 & -3) at the Heerlen Minewaterproject'. Mol, Belgium. Vito.*
- *Watzlaf, G.R. and Ackman, E.T. (2006). 'Underground mine water for heating and cooling using geothermal heat pump systems'. Imwa Springer-Verlag. Pittsburgh,* USA.

Auteurs

Erwin Roijen, adviseur bij Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs

Peter Op 't Veld, adjunct-directeur bij Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs