



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Energiezuinig koelen met warmte- en koudeopslag

>> Als het gaat om energie en klimaat

Moderne gebouwen worden steeds vaker uitgerust met koeling. Conventionele technieken hiervoor, zoals compressiekoelmachines, vergen echter veel energie. Eén van de meest relevante technieken om het totale energiegebruik terug te dringen, is warmte- en koudeopslag (WKO). Dit is een technologie die altijd overwogen zou moeten worden.

Werkingsprincipe

Bij WKO wordt warmte en koude opgeslagen in een watervoerende zandlaag (aquifer) in de bodem. Deze bevindt zich doorgaans op 30 tot 150 meter diepte. In deze aquifer wordt een 'doublet' met minimaal één koude en één warme bron aangelegd. Wanneer er vraag naar koude is, wordt uit de koude bron (6 – 8 °C) grondwater opgepompt. De koude uit dit grondwater wordt met een warmtewisselaar afgestaan aan de gebouwinstallatie. Dit kan een luchtbehandelingskast zijn, en/of een tweede koelsysteem (bijvoorbeeld klimaatplafonds of inductie-units) of een warmtepomp in koelbedrijf. Door het onttrekken van koude, warmt het opgepompte grondwater op, waarna het wordt geïnfiltrerd in de warme bron.

Is er vraag naar warmte, dan wordt grondwater opgepompt uit de warme bron (18 – 20 °C). Nu wordt warmte aan het grondwater onttrokken en, met een warmtewisselaar, aan de gebouwinstallatie afgegeven. Dit is meestal een voorwarmer in de luchtbehandelingskast of een warmtepomp. In dit proces koelt het warme grondwater af, dat vervolgens in de koude bron wordt geïnfiltrerd.

Om ervoor te zorgen dat er – over een aantal jaren heen – evenveel warmte aan het grondwater wordt onttrokken als toegevoegd, heeft een WKO-installatie de mogelijkheid om de bronnen te regenereren.

Bodemgeschiktheid

In het grootste deel van Nederland leent de bodem zich voor WKO, maar niet overal. De potentiële toepassing hangt af van de fysisch-chemische eigenschappen van de ondergrond. Daarnaast kan plaatselijke wet- en regelgeving aanleg en exploitatie van een WKO-systeem in de weg staan. Soms moet men voldoen aan nadere voorwaarden. Voordat een project wordt gestart, moet daarom uitvoerig bodemonderzoek plaatsvinden. Een quickscan voor de kansen van WKO voor uw project kunt u vinden op de website www.WKOtool.nl.

Energiebesparing

Koelen met WKO bespaart 40 - 80% op het elektriciteitsverbruik in vergelijking met een koelmachine. Verwarmen met WKO in combinatie met een warmtepomp bespaart minimaal circa 40% energie ten opzichte van verwarmen met een hoogrendementketel.

Toepassingsgebieden

WKO heeft een aantal toepassingsgebieden. In de gebouwde omgeving zijn dat:

1. Kleinschalige utiliteitsgebouwen

In deze sector levert een WKO-systeem voldoende koude voor de luchtbehandeling als men bereid is op zeer hete dagen een iets verhoogde temperatuur te accepteren. Bij meer koudevraag is een extra koeler nodig. Bij kleinschalige utiliteitsgebouwen zijn gesloten bodemwarmtewisselaars soms een beter alternatief (zie kadertekst).

2. Grotere utiliteitsgebouwen

Voor nieuwe, grotere utiliteitsgebouwen is de combinatie van WKO met een warmtepomp voor verwarmen en koelen in het algemeen een haalbare optie. Dit komt mede door de hoge eisen aan energiezuinigheid die tegenwoordig worden gesteld bij nieuwbouw. Daarnaast is WKO interessant bij vervanging van een bestaande verwarmings- en/of koude-installatie.

3. Datacenters

WKO is een goed systeem voor koeling van datacenters. De Nederlandse Vereniging voor Ondergrondse Energieopslag-systemen (NVOE) heeft ontwerp- en kwaliteitsrichtlijnen opgesteld voor de uitvoering. Een extra voordeel van WKO voor datacenters is dat hiermee een lager elektrisch aansluitvermogen nodig is. Bij renovatie kan door WKO vrijkomend elektravermogen worden benut voor uitbreiding van de datacentercapaciteit.

WKO versus gesloten systemen en geothermie

Bij warmte- en koudeopslag wordt gebruik gemaakt van open putten, waaraan grondwater wordt onttrokken dat, na afkoeling of verwarming, weer wordt geïnjecteerd. Warmte- en koudeopslag onderscheidt zich van gesloten systemen of bodemwarmtewisselaars, die bestaan uit dichte leidingen in de bodem waarin water met antivries circuleert. Hierbij vindt energie-uitwisseling met de omringende bodem plaats door overdracht via de wand van de leidingen. Er wordt onderscheid gemaakt in een horizontale, ondiepe variant en een verticale, diepe variant.

Ook bodemwarmtewisselaars zijn te gebruiken voor koeling en verwarming, maar hun capaciteit is beperkt. Ze worden daarom alleen gebruikt in de woningbouw en kleinschalige utiliteitsbouw.

Warmte- en koudeopslag onderscheidt zich tevens van geothermie (aardwarmte). Ook hiervoor worden open bronnen geslagen, die echter veel dieper reiken (1.500 – 5.000 meter) en een veel hogere temperatuur hebben (40 – 120 °C). Hierdoor wordt deze technologie alleen gebruikt voor verwarming.

Organisatie en vergunningverlening

Bij de aanleg van een WKO-systeem neemt men, normaal gesproken, een gespecialiseerd adviesbureau in de arm. Het is verstandig deze adviseur niet alleen te selecteren op basis van kennis over de aanleg, maar ook over de exploitatie van WKO-systemen. Bovendien dient hij kennis te hebben over de aanleg en exploitatie van koelings- en verwarmingssystemen.

Daarnaast dient hij alles te weten over het integrale ontwerp en de optimale bedrijfsvoering van complete systemen, inclusief de regeling en aansturing. Het is tevens aan te bevelen om het adviesbureau in te schakelen bij het verkrijgen van de benodigde vergunningen op basis van o.a. de Wet milieubeheer, de Waterwet, de Wet bodembeschermings-effecten, locatiegebonden wetgeving, wetgeving op het gebied van lozingen en de aanleg van bronnen en leidingen op het terrein van derden. De verschillende vergunningsprocedures kosten circa 9 tot 12 maanden. Een relatief nieuw probleem met de wetgeving is dat in sommige gebieden zoveel bronnen voor WKO worden geslagen, dat de provincie extra tijd nodig heeft om hiervoor beleid en regelgeving te ontwikkelen. Meer informatie vindt u in het Infoblad 'Wetgeving warmte-/koudeopslag' van Agentschap NL.

Energiebalans

Om de natuur niet te verstoren, is bij wet vastgelegd dat WKO de thermische balans in de ondergrond niet mag verstoren. Het is daarom niet toegestaan om in de winter meer koude te laden dan in de zomer is onttrokken. Aangezien de koude- en warmtevraag afhankelijk zijn van niet te voorspellen weerscondities en het gebruik ook om andere redenen kan afwijken van de verwachte warmte- en koudevraag in het gebouw, eist de overheid een sluitende energiebalans over een periode van vijf jaar. Het is goed om flexibiliteit in het installatieontwerp in te bouwen, zodat extra koude of warmte kan worden geladen op momenten dat dit nodig is. Meer informatie vindt u in het Infoblad 'Beheer warmte/koude-Opslag' van Agentschap NL.

Technologiekeuze

WKO is een bewezen technologie, maar niet alle installatie-ontwerpen zijn er optimaal op afgestemd. Het is aan te bevelen om het installatieontwerp, met name van de gebouwinstallatie, kritisch te bekijken op de werking. Nadere informatie is in te winnen bij de Stichting ISSO en bij Agentschap NL. U kunt natuurlijk ook andere gebruikers vragen over hun ervaringen.

Optimalisatie

Een WKO-systeem wordt doorgaans niet zo groot ontworpen dat deze onder alle omstandigheden voldoende koude en warmte kan leveren. Om investeringskosten te besparen, is het verstandiger uit te gaan van een kleiner systeem, aangevuld met één of meer verwarmingsketels, koelmachines, warmtepompen en/of warmtepompboilers.

Monitoring

Het is absoluut noodzakelijk om voor het totale energiesysteem een monitoringprotocol op te stellen en al voor ingebruikname de noodzakelijke bemetering aan te leggen. Alleen op die manier is te controleren of de vooraf berekende besparingen in de praktijk worden gerealiseerd. Zo niet,

dan zijn op basis van de meet- en monitoringresultaten mogelijke verbeteringen (in het ontwerp en de inregeling) op te sporen.

Levensduur

Voor bronnen, leidingen en warmtewisselaar wordt doorgaans gerekend met een levensduur van 25 of 30 jaar. Voor een luchtbehandelingssysteem, pompen, regelinstallatie en dergelijke wordt uitgegaan van een levensduur van 15 jaar.

Terugverdientijd

De investeringskosten voor een WKO-systeem zijn sterk afhankelijk van de omvang van een project. Wel liggen ze altijd hoger dan van een conventioneel systeem met compressor-koelmachines. De meerinvestering wordt doorgaans binnen drie tot zeven jaar terugverdiend door een lager energiegebruik voor koelen en verwarmen. Een extra reden om te investeren in WKO is dat de normen en richtlijnen voor het energiegebruik in gebouwen steeds strenger worden. WKO is dan ook steeds meer een standaardoptie, waarvoor niet telkens opnieuw de haalbaarheid wordt onderzocht.

Energie Investeringsaftrek

De afgelopen jaren (tot en met 2011) konden bedrijven op verschillende onderdelen van (de aanleg van) een WKO-systeem Energie Investeringsaftrek te krijgen. Het gaat hierbij om zowel de bedrijfsmiddelen als advieskosten:

- Bedrijfsmiddelen voor bedrijfsgebouwen zoals warmtepompen en warmtepompboilers.
- Bedrijfsmiddelen voor de winning van duurzame energie, zoals een grondwarmtewisselaar en warmte- of koudeopslag in de bodem (aquifer).

Meer informatie op <http://www.agentschapnl.nl/nl/programmas-regelingen/energie-investeringsaftrek-eia>.

Voor- en nadelen

WKO heeft verschillende voor- en nadelen:

Voordelen

- Lager energieverbruik en daardoor lagere energiekosten voor koeling en verwarming
- Reductie CO₂-emissie en schadelijke rookgassen
- Kleinere technische ruimte
- Minder geluidsproductie

Nadelen

- Hogere investeringskosten, ook in laagtemperatuurverwarming en hogetemperatuurkoeling
- Complexere installatie met complexere regeling
- Vergunning en rapportage verplicht
- Moeilijker toepasbaar in bestaande gebouwen

Warmte- en koudeopslag bij de nieuwbouw van de Haagse Hogeschool te Delft

De Haagse Hogeschool heeft in 2009 een nieuw schoolgebouw geopend op de onderwijscampus in Delft. Deze dependance, met een vloeroppervlak van bijna ruim 14.000 m², is voorzien van een uitgekiend energieontwerp met onder meer verbeterde schilisolatie, energieopslag in de bodem, warmtepompen, betonkernactivering, een parkeerdek-collector, een lagetemperatuurafgiftesysteem en een verbeterde regeling van de ventilatie. Een innovatief regelsysteem stuurt de energievraag aan met behulp van sensoren die de temperatuur, het CO₂-gehalte en het energieverbruik in alle ruimtes meten. De combinatie van duurzame technieken leidt tot zeer forse energiebesparing en CO₂-reductie ten opzichte van conventionele onderwijsgebouwen (EPC = 32,9% van de norm-EPC). De hogere investeringskosten ten opzichte van verwarming met HR-ketels en koeling met compressiekoelmachines worden terugverdiend door lagere energiekosten. In het jaar dat het gebouw werd geopend, won de Haagse Hogeschool de Nationale Energie Toekomst (Net) Trofee voor haar 'duurzaamste school van Nederland'. De toegepaste energietechnieken doen tevens dienst als 'proeftuin' voor studenten, waar ze ervaring kunnen opdoen met de mogelijkheden en (nieuwe) technieken voor duurzame energieopwekking en energiebesparing.

Tien tips

1. Pas de juiste kleppen toe op de bronpompen

Gebruik kleppen die zowel kunnen injecteren, onttrekken als afsluiten en gebruik compacte kleppen om de prijs van de bronnen te beperken. Er zijn speciaal voor warmte- en koudeopslag ontworpen kleppen op de markt.

2. Gebruik toerenregeling op de bronpompen

De bronpompen hoeven maar zelden op hun maximale vermogen te draaien. Toerenregeling bespaart dus veel energie.

3. Voer uitsluitend water met een lage temperatuur, van 5 à 6 °C, terug in de koude bron

Anders warmt de koude bron te veel op. Andersom mag de warme bron niet te koud en niet te warm worden. Zie hiervoor tevens de vergunning.

4. Maak een laadschema voor het eerste jaar

Bij de start van een project zijn zowel de koude als de warme bron 12 °C. In het eerste jaar moet veel extra worden gekoeld en gestookt om beide bronnen op temperatuur te brengen (resp. 6 – 8 en 18 – 20 °C).

5. Laad in ieder geval nooit meer op dan je nodig hebt.

6. Maak een schema voor de periode na het opladen

Als beide bronnen zijn geladen, moet er een laadschema zijn dat erin voorziet dat de energiebalans in de bronnen over periodes van vijf jaar in evenwicht is.

7. Spui geregeld

Dit moet gebeuren om de aanzuiging van grondwater niet de laten verstoppem.

8. Kies een goede warmtepomp

Een warmtepomp is gevoelig voor onderdrukstoring, met name als de warmtepomp overschakelt op een hogere capaciteitstrap om meer warmte te kunnen leveren. Dan daalt tegelijkertijd de uittrede-temperatuur, met mogelijk een te groot drukverschil als gevolg. Een interne mengregeling met een driewegklep is hiervoor de oplossing. Let op: veel warmtepompen kennen deze voorziening niet. Externe voorzieningen om dit probleem te voorkomen (bijvoorbeeld in het gebouwbeheersysteem) werken echter onvoldoende (of zijn extreem duur).

9. Zorg voor een zo hoog mogelijke ΔT bij de warmtewisseling

Bij een hoge ΔT is een geringer warmtewisselend oppervlak nodig, waardoor de investeringskosten in de warmtewisselaar en/of in de warmte- en koudeafgevendende systemen in het gebouw lager kunnen worden. Een hoge ΔT zorgt ook voor een hoger rendement van de warmteoverdracht.

10. Zorg voor een goed monitoringsysteem

Grijp direct in als dat nodig is en controleer of de ingrepen succes hebben gehad. Zorg dat het monitoringsysteem ook de benodigde rapportages voor het bevoegd gezag kan maken.

Warmte- en koudeopslag voor Wageningen Campus

Aan de rand van de stad bouwt Wageningen Universiteit en Research-centrum (Wageningen UR) een nieuwe campus. Hier worden het onderwijs en het onderzoek geconcentreerd. In 1997 werd op terrein waar later de campus zou komen, een eerste monobronstelsel voor warmte- en koudeopslag (WKO) aangelegd. Dit kleine begin heeft een groot vervolg gekregen.

“Het idee voor de aanleg van een WKO-systeem ontstond in 2002, bij het maken van plannen voor drie nieuwe gebouwen op Wageningen Campus”, vertellen Cees de Korte en Dick van Hoften van Wageningen UR. “Aanleg paste in de milieudoelstellingen, want het levert forse CO₂-reductie op. Het was bovendien financieel haalbaar en op de lange termijn zelfs aantrekkelijk.”

“Bij het ontwerp van de WKO hebben we ons gebaseerd op de op dat moment beschikbare kentallen voor kantoorgebouwen. Achteraf blijken ze echter andere karakteristieken te hebben. Mede hierdoor viel het gasverbruik het eerste jaar hoger uit dan verwacht. Tegelijkertijd lag de benutting van het WKO-systeem onder de berekende waarde. Uit metingen bleek vervolgens dat we nog veel konden optimaliseren. Sinds dat is gebeurd, draait alles prima. We hebben alleen nog overcapaciteit in het systeem. Die willen we benutten voor een volgend gebouw op de campus.”

“We hebben uit het project een aantal lessen geleerd. Zo moet het installatieconcept van een gebouw geïntegreerd worden ontwikkeld met het WKO-concept. Vervolgens moet de ontwerper van het energiesysteem nauw bij het hele bouwproces worden betrokken. Alleen op die manier houd je het concept tot het einde overeind. Bij de oplevering moet je goed controleren of alles goed water- en luchtzijdig is ingeregeld. En daarna moet je blijven meten of alles optimaal werkt. Zo niet, dan moet je aanpassingen plegen.”

“WKO is een mooie techniek om het energiegebruik van gebouwen kosteneffectief met tientallen procenten terug te dringen. We gaan er dus mee door. Over twintig jaar voorziet WKO de hele campus van warmte en koude.”

Project

De huidige WKO van Wageningen Campus bestaat uit een centrale installatie waarop vier warme en vier koude bronnen zijn aangesloten. Elk van de drie gebouwen is voorzien van een hoogrendement cv-ketel voor aanvullende warmtelevering. De koeling gebeurt geheel met de WKO. Bij temperaturen onder 6 °C levert de WKO warmte aan de gebouwen. Bij temperaturen boven 12 °C levert de installatie koude. In het tussengebied, tussen 6 en 12 °C, staat ze stil. De gebouwen zijn voorzien van systemen voor hogetemperatuurkoeling en lagetemperatuurverwarming, met o.a. vloerverwarming/koeling, betonkern-activering, ventilatorconvectoren en plafondinductie-units voor het inblazen van ventilatielucht.

Bouwproces

De drie gebouwen die zijn aangesloten op de WKO zijn achtereenvolgens gebouwd. De WKO zelf is al voor de realisatie van het eerste gebouw aangelegd. Door deze werkwijze konden de gebouwen en de energie-installaties niet gelijktijdig worden ontworpen en kon de benodigde capaciteit vooraf slechts globaal worden berekend. Dit heeft geleid tot suboptimalisaties in het systeem en een capaciteitsoverschot. De suboptimalisaties zijn grotendeels verholpen, maar de overcapaciteit moet in de toekomst nog worden opgelost door aansluiting van een vierde gebouw op de WKO.

Vergunning

De provincie Gelderland heeft een vergunning afgegeven voor het gebruik van grondwater voor de WKO en het laden en ontladen van de bronnen. Daarbij zijn maxima gesteld aan de oplaadtemperatuur (25 °C) en de hoeveelheid grondwaterverplaatsing. Over een aantal jaren heen dient de energiebalans van de warme en koudebronnen in evenwicht te zijn.

Aangezien het WKO-systeem geen aanvullende voorzieningen heeft voor balancerings, zoals een koeltoren of

droge koeler, moet onbalans volledig worden voorkomen door zo efficiënt mogelijk warmte en koude af te nemen en aan te bieden.

Beheer

Het beheer van het systeem vindt plaats op vijf niveaus. Gebruikers kunnen zelf de ruimtetemperatuur regelen. Het centrale WUR-gebouwbeheersysteem stuurt alle installaties aan. Voor de optimalisatie van het systeem en de installaties vindt permanent monitoring plaats. Het onderhoud van de installaties wordt aangestuurd door het Facilitair Bedrijf. De energicoördinator speelt een stimulerende en ondersteunende rol voor alle betrokkenen.

Opbrengsten

De terugverdientijd van de WKO wordt geschat op tien jaar. De CO₂-emissiereductie is momenteel ongeveer 25 procent, maar dit kan nog toenemen tot 40 procent.

Toekomst

De WKO werkt inmiddels goed, maar de terugverdientijd is relatief lang. Voor toekomstige systemen wordt een aanzienlijk kortere terugverdientijd haalbaar geacht, door het WKO-systeem, het gebouw en de gebouw-installaties integraal te ontwerpen. Aanvulling met een geschikt warmtepompsysteem kan de uitwisseling en opwaardering van koude en warmte en de balancerings van de bronnen aanzienlijk verbeteren.

Meer informatie

Wageningen Universiteit & Researchcentrum
Cees de Korte rea
0317 483 682
Cees.deKorte@wur.nl

Deze brochure is een uitgave van:

Agentschap NL
NL Energie en Klimaat
Croeselaan 15
Postbus 15 | 3521 BJ Utrecht
T +31 (0)88 602 70 00
E info@agentschapnl.nl
www.agentschapnl.nl

Agentschap NL | november 2011
2EOSA1103