



VERDUURZAMINGSKAART

Warmte-koudeopslag voor duurzaam verwarmen en koelen

Versie 1 / Juni 2020

Warmte-koudeopslag (wko) is een techniek om warmte en koude in de bodem op te slaan. Hierdoor kan overtollige warmte of koude van de seizoenen in de bodem worden opgeslagen, om hier in een ander seizoen weer gebruik van te maken. Hiermee ontzien we het klimaat en kan bespaard worden op de energierekening.

Bij warmte-koudeopslag (wko) worden met bodemboringen warmte- en koudebronnen ontsloten in de watervoerende laag van de bodem (aquifer). Deze bronnen kunnen tot circa 500 meter diep liggen, maar gangbaar is 30 tot 150 meter diep. Bij warmtevraag wordt grondwater uit de warme bron opgepompt en gebruikt om warmte aan te onttrekken. Het afgekoelde water wordt vervolgens teruggepompt in de koude bron. Als er een koelvraag is, is de stroomrichting andersom. Het water uit de bodembronnen heeft een temperatuur in de orde van grootte van 8-10 °C voor de koude bron en circa 15 °C voor de warme bron. Dat is te laag om mee te verwarmen en soms ook te hoog om mee te koelen. Daarom wordt wko in de praktijk ingezet in combinatie met een warmtepomp. Deze kan het water efficiënt terugkoelen en opwarmen naar de gewenste temperatuurniveaus voor het gebouw.

Een wko is geen gratis energiebron, maar kan beschouwd worden als een seizoensbuffer. Over een langere periode (in de wet vastgelegd als vijf jaar) moet de koude- en warmteonttrekking in evenwicht zijn. Dat maakt deze technologie praktisch alleen geschikt voor gebouwen die zowel warmte als koude vragen.

Er bestaan varianten op wko die met een enkele boring werken of met een gesloten lus (geen uitwisseling van grondwater). Deze vormen zijn vooral geschikt voor kleine verbruikers (enkel huishouden) en zijn daarom voor de zorg minder interessant. Bij dieper boren dan 500 meter bereikt men het gebied van de geothermie, waarbij alleen warmte wordt onttrokken aan de bodem. Geothermie wordt niet behandeld in deze verduurzamingskaart.

Mate van validatie

Wko is een volwassen techniek die in Nederland al meer dan 1500 keer is toegepast, waaronder in een aantal Nederlandse ziekenhuizen en zorginstellingen. De kosten en opbrengsten zijn bekend. De betrouwbaarheid is goed bij correcte installatie, een goede balans en juist gebruik.

Financiële aspecten

De investeringskosten van een wko-installatie zijn opgebouwd uit meerdere elementen. De voornaamste zijn:

- Aanleggen grondbronnen;
- Warmtepomp;
- Aanpassen naar afgiftesysteem.

De daadwerkelijke investeringskosten hangen altijd sterk af van de situatie. TNO geeft in de sectorale routekaarten van de zorg de volgende indicatie¹: "Voor het bij (vervangende) nieuwbouw aanbrengen van een warmtepomp in combinatie met warmte-koude opslag wordt uitgegaan van gemiddelde meerkosten van **100 €/m² BVO** (inclusief BTW, opslagen en prijspeil 2016, ten opzichte van een verwarmingssysteem op gas). Hierbij is ervan uitgegaan dat de meerkosten voor een LTV-afgiftesysteem bij nieuwbouw nihil zijn, in de kosten van de nieuwbouw zijn verdisconteerd. Met het tussentijds vervangen van de warmtepompen aan het einde van hun levensduur is in de berekeningen geen rekening gehouden."

De toepassing van wko met warmtepompen verdient zich in 5 tot 10 jaar terug bij grootschalige systemen².

Milieuaspecten

Lager energieverbruik

Een warmte-koude opslag is in principe een efficiënte manier om in warmte en koude te voorzien voor een (zorg)gebouw. De installatie doet dit zonder fossiele brandstoffen te verbranden. In sommige situaties wordt een wko gecombineerd met een gasketel voor een deel van de warmteproductie, bijvoorbeeld voor extra ruimteverwarming, warm water of stoomproductie voor bevochtiging en sterilisatie.

Gezien de grote variatie aan systemen en de complexe interactie tussen bron, opwekkers en afgiftesysteem, zijn praktijkcijfers van besparing maar beperkt te vinden. Als richtlijn kan worden aangehouden dat een goed functionerende open-wko een Annual Performance Factor (APF) heeft van 4 tot 6³. Dit betekent dat over een heel jaar gezien, 1 GJ aan elektriciteit verbruikt wordt om 4 tot 6 GJ aan warmte en/of koude te maken.

Effect op de bodem

Bij een open-wko wordt normaalgesproken uitsluitend grondwater rondgepompt. Daardoor is vervuiling van de bron onwaarschijnlijk. Toch zijn er een beperkt aantal risico's op vervuiling van de bodem rond de bodembronnen. Dit wordt onder meer toegelicht in een studie van het RIVM⁴.

Voorwaarden voor toepassing

Warmte én koude

Om jaren achtereen gebruik te kunnen maken van een wko is het belangrijk dat het warmte- en koudeverbruik gedurende het jaar in evenwicht zijn. Kleine verschillen zijn wel op te vangen in een volgend jaar, maar bij grotere onbalans zal de bron te ver afkoelen of opwarmen. De eigenaar moet volgens de wet kunnen aantonen dat de

¹ De kostenindicatie is overgenomen uit de sectorale routekaarten voor de Cure en Care (2020), opgesteld door TNO. De routekaarten zijn vindbaar op <https://dezorgduurzaam.milieuplatformzorg.nl/sectorale-routekaart>.

² Rijksdienst voor Ondernemend Nederland; *Factsheet: WKO en warmtepompen* (2017). Op https://www.rvo.nl/sites/default/files/20172-107/RVO.nl_-_Factsheet_WKO_en_warmtepompen.pdf. Bezocht op 30 juni 2020.

³ Unica Ecopower; *Whitepaper: Behaalt uw WKO het maximale rendement?* (2012). Op www.unica.nl/sites/default/files/2017-09/Whitepaper-Unica-Ecopower-Behaalt-uw-WKO-het-maximale-rendement-02-2012.pdf. Bezocht op 11 juni 2020.

⁴ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; *Een literatuurstudie naar de mogelijke risico's van warmte- en koudeopslag voor de grondwaterkwaliteit* (2011). RIVM Rapport 607050009/2011

installatie over een periode van 5 jaar in balans is. Dit betekent dat wko vooral een effectieve maatregel is als een zorginstelling een substantiële koude- én warmtevraag heeft. Voor de meeste ziekenhuizen is dit het geval. De investering rendeert dan bovendien aan twee kanten. Bij care-instellingen is traditioneel een (veel) grotere warmtevraag dan koudevraag. Andere bodemwarmtesystemen, zoals degenen die gebruik maken van een gesloten lus, zijn dan interessanter voor dergelijke instellingen. Dit verandert wel: mildere winters, betere isolatie en een hogere verwachting wat betreft comfort in de zomer zorgt ervoor dat wko ook voor (ver)nieuwbouw in de care interessant kan zijn.

Minimale capaciteit

Het aanleggen van een wko-systeem is interessant als de benodigde capaciteit die van circa 50 woningen overtreft. Ziekenhuizen reddend dit ruimschoots. Zorginstellingen soms ook. Kleinere zorginstellingen zouden in een samenwerkingsverband met andere verbruikers in de buurt ook profijt kunnen hebben van een wko. Dit kan gerealiseerd worden door middel van een warmtenet.

Bodemgeschiktheid

Wko kan in grote delen van Nederland worden toegepast. Wel zijn er voorwaarden aan de bodem (aanwezigheid van een watervoerende laag). Sommige gebieden (zoals waterwingebieden) zijn verbodsgebieden of aandachtsgebieden. Ook de aanwezigheid van andere bodemenergiesystemen kan een nieuwe wko-bron in de weg zitten. De overheid stelt twee online hulpmiddelen beschikbaar om een inventarisatie te maken van de mogelijkheid om een wko-bron te boren:

- De WKOtool geeft weer waar bestaande bronnen liggen en aandachts- of verbodsgebieden: <https://wkotool.nl/>
- De pdok viewer heeft kaarten voor het 'potentieel koude en warmte uit open en gesloten wko systemen': <https://www.pdok.nl/viewer>

Afgiftesysteem

Om effectief te kunnen koelen en verwarmen met een wko, is het essentieel dat de afgiftetemperatuur dicht bij de brontemperatuur ligt: dan werken de warmtepompen efficiënter. Dit vereist een goed geïsoleerd gebouw met warmteterugwinning op ventilatielucht en een afgiftesysteem dat geschikt is voor hoge-temperatuur koeling en lage-temperatuur verwarming. Lage-temperatuur verwarming en hoge-temperatuur koeling kan bereikt worden met afgiftesystemen zoals vloerverwarming, betonkernactivering of grotere warmtewisselaars in luchtbehandelingskasten. Als het gebouw niet geschikt is of geschikt gemaakt kan worden voor hoge-temperatuur koeling en lage-temperatuur verwarming, is investeren in een wko-installatie weggegooid geld en zeker geen verduurzamingsmaatregel.

Goed beheer

Langdurig efficiënt gebruik van een wko-installatie vereist goed beheer. Dat moet ingebed worden op organisatorisch, technisch en soms ook financieel gebied:

- Organisatorisch: wko moet worden opgenomen in het meerjarenonderhoudsplan (MJOP) en beslissingen over verantwoordelijkheid over beheer en onderhoud moeten worden genomen.
- Technisch: voortdurende monitoring van het systeem om defecten tijdig op te sporen en warmte-koude balans in de gaten te houden.
- Financieel: bij uitbesteding van de installatie en het beheer van de wko-installatie dienen prestatieafspraken te worden gemaakt. Denk bijvoorbeeld aan garanties en bonus/malus regelingen bij goed of juist slecht presteren.

Het is aan de zorginstelling om te bepalen of de kennis voor goed beheer van een wko-installatie in de organisatie aanwezig is of via een adviseur of installateur wordt geregeld. Beide constructies blijken in de praktijk goed te werken.



Het plaatsen van een wko heeft alleen zin als het gebouw een geschikt afgiftesysteem heeft.

Makkelijk toepasbaar (zelfstandig/natuurlijk moment)

Als het gebouw al geschikt is voor hoge-temperatuur koeling en lage-temperatuur verwarming kan een wko op een zelfstandig moment (zonder renovatie) aangelegd worden. Is afgiftesysteem en isolatiegraad nog niet geschikt, dan kan een wko meestal pas bij een ingrijpende renovatie (natuurlijk moment) aangelegd worden.

Praktijkervaringen

Warmte-koudeopslag heeft geen onbesproken reputatie en er zijn veel verhalen te vinden over slecht functionerende wko-installaties. De oorzaak hiervoor is zelden de techniek zelf, maar vaak verkeerd gebruik of een slecht ontwerp. Hieronder de belangrijkste valkuilen en oplossingen.

Monitoring

Langdurig goede en efficiënte exploitatie van een wko-installatie staat of valt met adequate monitoring. Debieten, drukken en temperaturen van alles wat de bronnen in- en uitgaat en de energiestromen richting de gebouwen dienen te worden gemonitord. Daarmee kan de toestand van de bronnen in de gaten worden gehouden, alsmede het gebruik van de bron en de warmte-koudebalans. Ook het technisch goed functioneren en storingen kunnen zo in de gaten worden gehouden.

De aanwezige sensoren moeten worden gekoppeld aan het gebouwbeheersysteem of energiebeheersysteem. Iemand (intern of extern) moet als taak hebben om de installatie in de gaten te houden. Softwarepakketten kunnen dit vereenvoudigen en automatisch een alarm geven als de installatie een storing heeft of wanneer bepaalde prestaties niet gehaald worden.

Balans creëren

Zoals bij *Voorwaarden voor toepassing* wordt besproken, is het belangrijk dat een wko in balans is: de hoeveelheid warmte die wordt onttrokken moet gelijk zijn aan de hoeveelheid koude die uit de bron wordt gehaald. Dit is een wettelijke verplichting om te voorkomen dat de bronnen te ver afkoelen of opwarmen. Als er een balansprobleem is, moeten er afhankelijk van het type overschot maatregelen genomen worden om de balans te herstellen. In tabel 1 wordt een aantal oplossingen genoemd.

Tabel 1. Onbalans van wko oplossen

| Onbalans | Verbruik koude groter dan warmte | Verbruik warmte groter dan koude |
|------------------------------|--|---|
| Consequentie | Bronnen warmen op | Bronnen koelen af |
| Mogelijke maatregelen | <ul style="list-style-type: none">• Droge koelers inzetten in de winter om bronnen af te koelen• Adiabatische bevochtiging toepassen (zie ook de verduurzamingskaart Adiabatische Bevochtiging) | <ul style="list-style-type: none">• Extra warmte laden met zonne- of asfaltcollectoren• Minder warmte uit wko onttrekken en op andere wijze bijstoken. |

De meeste extra maatregelen om een wko in balans te houden, zorgen voor een hoger energieverbruik. Bij relatief kleine balansverschillen is dit nog effectief op te lossen. Grotere balansverschillen maken een wko energetisch en kostentechnisch minder efficiënt.

Conclusie

Wko is een beproefde manier om warmte en koude te bufferen en op deze wijze zeer efficiënt en zonder fossiele brandstoffen een gebouw te verwarmen en koelen. Het aanleggen en duurzaam gebruiken van een wko is echter geen sinecure: een wko maakt alleen de belofte waar als de koude- en warmtevraag over een jaar in evenwicht is, het afgiftesysteem in het gebouw geschikt is voor lage-temperatuur verwarming en hoge-temperatuur koeling en de installatie deskundig wordt beheerd. Als dat het geval is, is de potentiële besparing groot en de terugverdientijd relatief kort.

Hoe verder?

Overweegt u of een wko interessant is voor de verduurzaming van uw vastgoed? Probeer antwoord te krijgen op de volgende vragen:

1. Heeft het gebouw of het complex zowel een warmte- als een koudevraag?
2. Verschillen de warmte- en koudevraag minder dan één ordegrootte (minder dan een factor tien)?
3. Is de bodem geschikt voor WKO, op basis van de WKOtool en de pdok viewer?
4. Is het afgiftesysteem in het gebouw of de gebouwen geschikt of eenvoudig geschikt te maken voor hoge-temperatuur koeling en lage-temperatuur verwarming en is het gebouw voldoende geïsoleerd?
5. Is uw organisatie in staat tot professioneel opdrachtgeverschap?

Als het antwoord op bovenstaande vragen ja is, is het zeer zinvol om verder uit te zoeken wat de kosten en baten van een WKO-installatie zouden zijn.

Het expertisecentrum verduurzaming zorg wordt uitgevoerd door:

Stimular / MPZ

TNO

in afstemming met de brancheorganisaties NFU, NVZ, ActiZ, VGN en GGZ Nederland

Contactpersoon: Joachim Koot; joachim.koot@tno.nl

Roberto Traversari; roberto.traversari@tno.nl

Er is geen garantie dat de bovenstaande informatie correct, up-to-date en/of volledig is. De informatie en vermelde gegevens zijn dan ook niet uitputtend bedoeld, de inhoud is van informatieve aard en is niet leidend voor een specifieke situatie.

