

Ondergrondse opslag van thermische energie

Moeder natuur genereert ieder jaar voldoende duurzame energie. Maar een groot probleem is dat aanbod en vraag van deze duurzame energie vaak niet met elkaar overeenkomen. Bovendien zijn ze beperkt voorspelbaar. Daardoor is het niet mogelijk om 100% van de zon- en windenergie te gebruiken, er back-up-faciliteiten nodig zijn voor de leveringszekerheid van elektrische energie en er een groeiende onbalans is op het elektriciteitsnetwerk. 'Opslag is de missende link', is een veel voorkomende kreet. Een thermisch opslagsysteem biedt hiervoor een oplossing.

A. (Aris) de Groot, eigenaar van Ecovat

Ecovat is een grootschalig ondergronds vat voor opslag van thermische energie. Het is in staat om hoge temperatuurwarmte (tot 90 °C) op te slaan over een langere periode (meer dan 6 maanden) met een warmteverlies over deze periode van minder dan 10%. De omvang van het vat kan variëren van een model S van 1.500 m³ tot een model XLL van 60.000 m³ met een opslagcapaciteit van 400.000 m³ aardgasequivalent. In dat geval wordt ervan uitgegaan dat het vat één keer per jaar wordt geladen en één keer wordt ontladen. Maar in de meeste toepassingen kunnen meerdere laadcycli per jaar worden gecreëerd, waardoor de opslagcapaciteit van het vat vermenigvuldigd kan worden met het aantal laadcycli.

Dit opslagsysteem kan worden geproduceerd in diverse groottes. Hoe groter het systeem, hoe gunstiger de economische resultaten, vanwege de lagere kostprijs per m³ opslagcapaciteit. Een groot systeem heeft een omvang dat geschikt is om een woonwijk van ongeveer 200 tot 400 woningen een geheel jaar te voorzien van de benodigde thermische energie (verwarming en koeling). Dezelfde maat kan ook gebruikt worden voor verwarming en koeling van een tuinbouwkas met een oppervlakte van 6 tot 7 ha.

TOEPASSINGEN

Het opslagsysteem kan worden toegepast voor langetermijnopslag (over de seizoenen), kortetermijnopslag (bijvoorbeeld dag/nacht) of voor economische opslag (energie opslaan als deze goedkoop is en verkopen als deze duur is). Daarbij kan worden gedacht aan de volgende functionaliteiten:

- **verduurzamen van de energievoorziening in de gebouwde omgeving**

Door duurzaam opgewekte energie over de seizoenen in de vorm van warmte op te slaan in een thermisch opslagsysteem, wordt het mogelijk op grote schaal het sterk fluctuerend aanbod van duurzame energie te 'matchen' met de vraag. Hierdoor kan bijvoorbeeld een woonwijk 100% duurzaam en netonafhankelijk worden met een totaal energiesysteem (hybride smart microgridnet met PVT-panelen (gekoelde PV-panelen) voor opwekking, Ecovat voor warmte-opslag en Nedap power routers met accupakket voor elektrische energiebehoefte);

- **opslag van thermische energie, die anders verloren zou gaan**

Het opslagsysteem als buffer in warmtenetten met restwarmte uit energiecentrales en afvalverbranders. Door dit toe te voegen kan

warmte die wordt geproduceerd op momenten van hoge productie of lage afname, worden opgeslagen en gebruikt voor productieverlaging op andere momenten;

- **leveringszekerheid creëren**

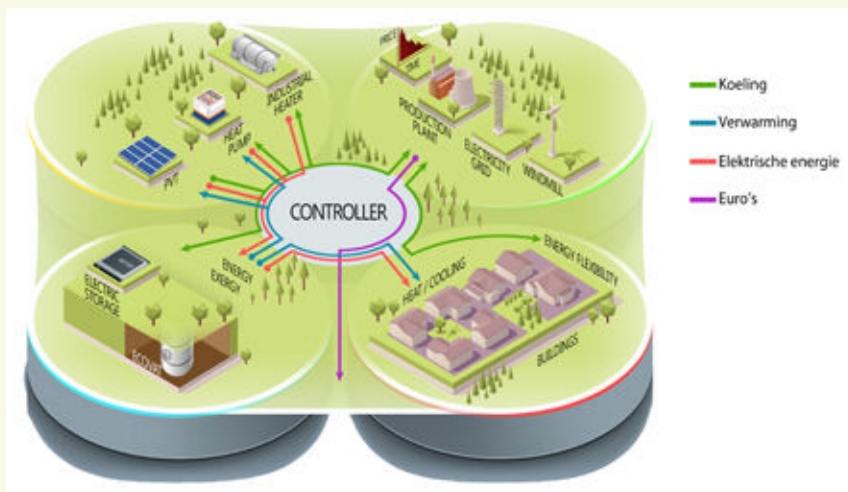
Warmtenetten hebben back-up-installaties nodig voor momenten van te lage warmteproductie of zelfs totale uitval van de warmteleverantier (onderhoud, storing). Dit systeem kan een forse kostenbesparing realiseren door aardgasgestookte back-up-installaties te vervangen door thermische opslagvaten;

- **voorkomen van onbalans op het elektriciteitsnet**

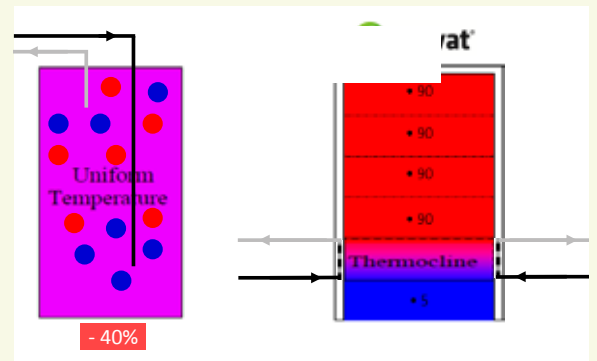
De balans op het hoogspanningsnet kan door fluctuaties in de opwekking van duurzame energie (zon en wind) verstoord raken. Om het overschot aan duurzame energie te kunnen opslaan, kan door middel van een thermisch opslagsysteem een 'power to heat'-constructie worden gebouwd. De overtollige energie wordt gebufferd in een systeem dat tot 3,5 miljoen kWh thermisch kan opslaan;

- **kostenbesparing en verduurzaming in de glastuinbouw**

In de glastuinbouw bedragen de energiekos-



-Figuur 1- De controller stuurt het systeem aan door de input van 4 kwadranten: de energieopslag, de energieopwekking, de energiemarkt en de energievraag.



-Figuur 2- Bestaande systemen (links) en Ecovat (recht)

ten tot ongeveer 25% van de kostprijs van het eindproduct. Door warmte op te slaan, hetgeen bij diverse configuraties mogelijk is (diepe Geothermie, WKK etc.), kunnen forse besparingen worden bereikt.

WERKINGSPRINCIPE

Het belangrijkste principe van dit opslagsysteem is dat géén water uit het vat verpompt wordt. Hierdoor is het systeem niet alleen goedkoper in gebruik maar ook efficiënter. De efficiëntie ontstaat doordat gebruik wordt gemaakt van de natuurlijke gelaagdheid van water. Deze gelaagdheid (zogenaamde stratificatie van water) ontstaat omdat water dat warmer is, lichter in gewicht is, en daardoor opstijgt. De verschillende temperatuurlagen mengen niet. De laag tussen een warme en een koude laag heet thermocline. Deze thermocline vergroot niet alleen de thermische efficiëntie van het systeem maar reduceert ook het warmteverlies en vergroot de algehele exergetische efficiëntie van het systeem. Bestaande, concurrerende, systemen voor thermische opslag, verpompen het water (met de energie) in- en uit het vat. (zie figuur 2, links). Dit verstoort de gelaagdheid en mengt het water van verschillende temperaturen, waardoor een gemiddelde lagere temperatuur in het vat ontstaat. Deze stratificatie biedt bovendien de mogelijkheid om tegelijkertijd een koelkelder toe te passen onderin het vat voor toepassingen met een koelvraag. Bij het Ecovat wordt géén water uit het vat gepompt, maar blijft dit op zijn plek. De energie in het vat wordt uitgewisseld via de binnenwand van het vat. Dit is mogelijk omdat wordt gebouwd op basis van het 'vat in vat'-principe: een constructief buitenvat met daarin een geïsoleerd binnenvat dat fungeert als een hele grote warmtewisselaar. Door slangen in de prefab wanddelen van het binnenvat (zie figuur 2, rechts) kunnen lagen 'aan- en uit' gezet worden. Hierdoor wordt,

gedurende het laad- en ontladproces, de natuurlijke stratificatie niet verstoord en blijft tot 40% meer energiekwaliteit behouden. De efficiëntie van de buffer wordt geoptimaliseerd door het sturen op een zo scherp mogelijke 'Thermocline'. De energie die dan in het vat zit heeft de hoogste energiekwaliteit. Hierdoor is het mogelijk energie met de juiste energiekwaliteit te bewaren van de zomer naar de winter. Het vat is volledig ondergronds gesitueerd, waarbij de bovenkant van het vat ongeveer gelijk is met het niveau van het grondwater, bijvoorbeeld 3 meter ondergronds. Het is een cilindrische tank met een constructieve buitenwand, met daarin een isolatielaag en daarin een muur van betonnen warmtewisselaars (zie figuur 3). Om te voorkomen dat de thermische stratificatie van het water zich vermengt, doordat de warmte via de betonnen wand naar beneden wordt geleid, zijn de betonnen wanddelen in horizontale lagen om de 3 meter thermisch gescheiden en heeft iedere 3 meter zijn eigen af- en aanvoer van de warmte. De totale hoogte van het vat is 16 meter, dus in de hoogte is het vat verdeeld in 5 levels die allemaal onafhankelijk van elkaar en op ver-



-Figuur 3- Doorsnede van het vat

schillende temperaturen geladen en ontladen kunnen worden.

LADEN

Gedurende het jaar kan het vat meerdere keren geladen en ontladen worden, hoe meer laadcycli hoe beter de business case wordt. Afhankelijk van de laadstrategie, van de bronnen die beschikbaar zijn en afhankelijk van de warmtevraag van de klant worden de bronnen bepaald waarmee het vat geladen kan worden. Denk hierbij aan PVT-panelen, restwarmte, power-to-heat, etc.

VERGELIJKING MET ALTERNATIEVE SYSTEMEN

In vergelijking met huidige alternatieve oplossingen heeft dit opslagsysteem zowel toepassings- als economische voordelen. De belangrijkste voordelen zijn dat het systeem:

- in een grotere omvang kan worden gerealiseerd dan bestaande vergelijkbare tankopslagsystemen;
- aanmerkelijk goedkoper is dan vergelijkbare tankopslagsystemen;
- geheel ondergronds is gesitueerd, en derhalve geen duur ruimtebeslag en visuele impact op de omgeving heeft;
- geen grondwater verpompt en geen gebruik maakt van de warmtecapaciteit van de bodem;
- geen gevaar oplevert voor milieuschade;
- trillingvrij in de ondergrond kan worden aangebracht en daardoor in de gebouwde omgeving kan worden gerealiseerd zonder gevaar voor omliggende bebouwing.

VERVOLGONDERZOEK

In Uden wordt het eerste vat aangelegd nabij het energieneutrale kantoor waarin Ecovat zich gevestigd heeft. Hier zullen ook de eerste tests uitgevoerd worden om te bekijken of de resultaten overeenkomen met de vooraf gemaakte berekeningen.