



Energiedamwand: stalen damwand als oneindige energiebron

Dat Nederland binnen een afzienbare tijd overstapt op duurzame energiebronnen voor onze gebouwde omgeving hoeft geen nadere toelichting. De ondergrond is daarvoor een veelvuldig toegepaste bron voor duurzame warmte door middel van open en gesloten WKO-bronnen. Funderingselementen in de ondergrond kunnen echter ook heel goed als energiebron functioneren, bijvoorbeeld door de activatie van funderingspalen, tunnels en diepwanden om thermische energie te onttrekken of op te slaan. Een recente proef en diverse projecten hebben aangetoond dat de Energiedamwand een haalbaar energieconcept is, dat gereed is om als duurzame warmtebron te worden geïmplementeerd.

Een stalen damwand kan uitstekend worden geactiveerd. Het wordt vaak gebruikt in kadeconstructies, dijken en beschoeiingen en heeft dan een directe verbinding met het oppervlaktewater voor warmte-uitwisseling. Deze zogenaamde Energiedamwand maakt daarmee gebruik van twee energiebronnen, namelijk bodemenergie en aquathermie.

In Nederland wordt aquathermie gezien als een van de belangrijke pijlers in de warmtetransitie. Uit onderzoek van het onderzoeksinstituut Deltares en CE Delft

volgt dat het toekomstig economisch winbare potentieel uit aquathermie geschat kan worden op circa 150 Petajoule wat overeenkomt met ruim 40 procent van de totale warmtevraag in de stedelijke omgeving. Ter illustratie: als het water dat door de Rijn Nederland binnenstroomt met 1 graad afgekoeld wordt door het onttrekken van de thermische energie, dan levert dit een vermogen op dat vergelijkbaar is met dat van tien kolencentrales. Kortom: er zit een enorme potentie in het winnen van thermische energie uit oppervlakte-



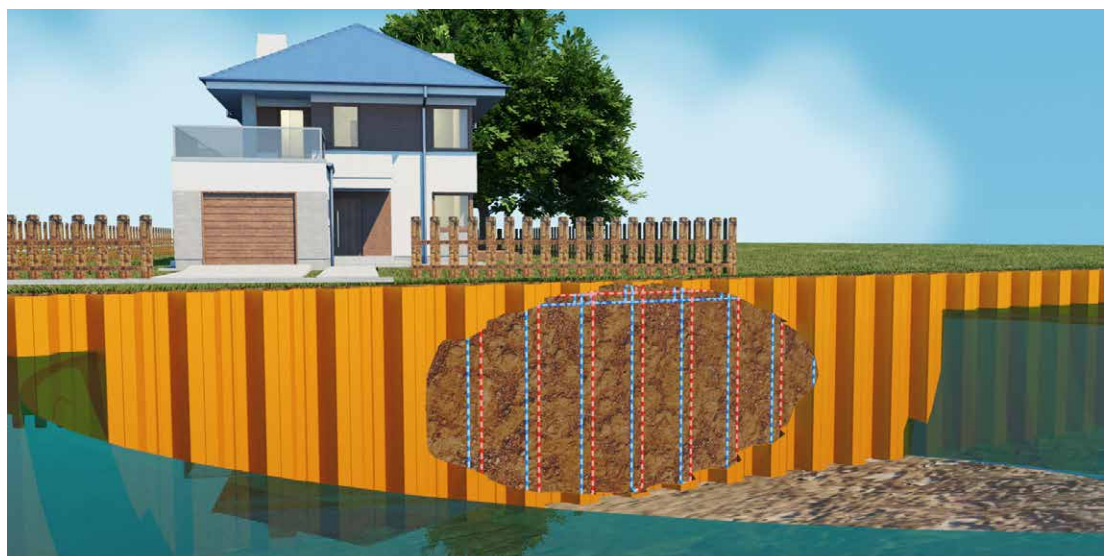
Figuur 1: Thermisch geactiveerde damwand (links) en een voorhangpaneel (rechts) dat bij bestaande damwand kan worden toegepast

water, terwijl deze bron tot op heden nog nauwelijks wordt toegepast. Met behulp van de Energiedamwand kan deze in ons land grootschalig aanwezige bron oneindig energie opleveren.

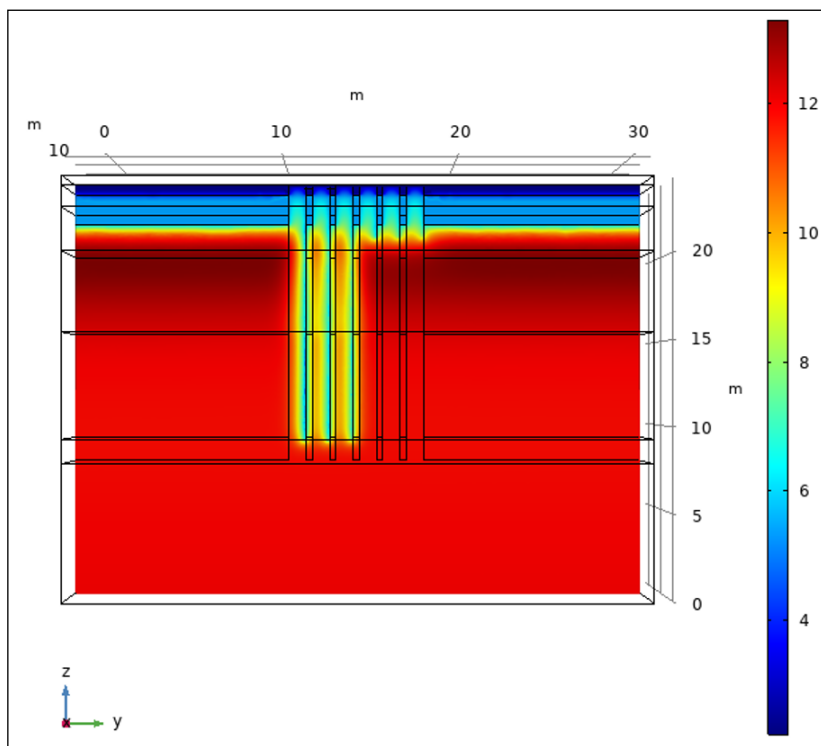
Werking Energiedamwand

De Energiedamwand is een nieuw gepatenteerd systeem waarbij de stalen damwandconstructie naast grond- en waterkering een extra functie krijgt, namelijk die van warmtewisselaar voor het onttrekken van thermische energie aan het oppervlaktewater (aquathermie) en de ondiepe ondergrond. Het systeem bestaat uit activatielussen die voor

installatie aan de grondzijde van de stalen damwand worden bevestigd (Figuur 1). De damwandplank kan over elke gewenste hoogte thermisch geactiveerd worden. Ook een bestaande damwand kan worden geactiveerd door het aanbrengen van een voorhangpaneel (beschermde activatielussen) in de kas aan de waterzijde van de damwand. Er wordt een vloeistof (koudemiddel, glycol) door deze activatielussen gepompt, die de damwand tot warmtewisselaar maakt. De vloeistof in deze activatielussen onttrekt daarbij warmte aan zowel het oppervlaktewater als de bodem (Figuur 2). Dit betreft een geheel gesloten systeem; er wordt geen water aan het kanaal onttrokken, maar



Figuur 2: Impressie van een Energiedamwand in een kadeconstructie die fungeert als warmtebron voor de nabijgelegen woning (Gooimeer 2021)



Figuur 3: Effect op de bodemtemperatuur na het onttrekken van energie over de gehele hoogte van de damwand berekend met een 3D COMSOL-model

alleen de thermische energie die zich rond de damwand bevindt. Omdat het water in waterwegen altijd licht in beweging is, wordt een zeer efficiënte warmteoverdracht bereikt. De warmtebron wordt als het ware continu ververst. Door deze stroming is de thermische gradiënt met de warmtewisselaar relatief hoog, wat leidt tot een zeer hoge warmteoverdracht tussen het water en de activatielus. Recente laboratoriumstudies (Ziegler et al, 2019) komen daarbij tot rendementen van 200 - 400 W per meter geactiveerde damwand. Ter vergelijking: dit is vijf tot tien keer hoger dan wordt bereikt met andere thermisch geactiveerde geotechnische systemen, die alleen uitgaan van warmte-onttrekking aan de ondiepe ondergrond.

Een warmtepomp brengt de onttrokken energie op een hogere gebruikstemperatuur (doorgaans circa 35 - 40°C) om bijvoorbeeld gebouwen te verwarmen. Een andere mogelijkheid is om de gewonnen thermische energie op te slaan in een WKO-installatie voor gebruik in de winterperiode (langetermijn-seizoensopslag), of met behulp van Phase Change Materials in een warmtebatterij voor gebruik bij piekbelastingen op korte termijn.

Proef De Zweth - Delftse Schie

Van najaar 2020 tot voorjaar 2022 is in het buurtschap De Zweth een proef in de Delftse Schie uitgevoerd om de karakteristieken van de energiedamwand nader te onderzoeken. Deze proef is deels financieel mogelijk gemaakt door een subsidie van het SBIR-project van

de Provincie Zuid-Holland om de CO₂-uitstoot van de waterwegen te reduceren. In de proef zijn verschillende configuraties getest, activatielussen over de gehele hoogte van de damwand (15 m); activatielussen tot de waterdiepte; voorhangpanelen en activatie van de enkele of dubbele planken. In de eerste winterperiode zijn de verschillende configuraties maximaal getest om de prestaties in extreme situaties te beproeven. In het tweede stookseizoen is een scenario opgelegd dat overeenkomt met het verbruiksprofiel van een gemiddelde woning.

De verzamelde resultaten tonen aan dat het systeem functioneert conform de theoretische verwachting. De resultaten van de ondiepe activatie laten duidelijk zien dat het aquathermische deel een aanzienlijke component is van het totale thermisch vermogen. Om het systeem qua effectiviteit goed te kunnen beoordelen is het ook van belang te weten wat het vermogen is bij lagere temperaturen in de winter, zoals dit het geval was tijdens de extreem koude periode in februari 2021. Toen daalde de luchttemperatuur tot -10 °C en de watertemperatuur tot circa +1 °C.

In deze koude periode werd toevallig de configuratie met de voorhangpanelen getest, waardoor het aandeel uit het water eenduidig was vast te stellen. Het bronvermogen vanuit enkel het water was in die week nog altijd 0,4 kW per paneel. In de weken na de koude periode herstelde de watertemperatuur zich relatief snel en ook het bronvermogen steeg weer fors. Als er ook warmte onttrokken wordt aan de ondergrond middels de diepe lussen zal dit effect minder sterk optreden, omdat de relatief hogere temperatuur in de ondergrond het onttrokken vermogen dan stabiliseert. De proef laat ook duidelijk de energie-opslagcapaciteit van de damwand zien. In de zomermaanden van 2021 is uit het relatief warme water (circa 20°C) energie gewonnen en in de bodem gebracht, door het gesloten circuit te activeren zonder gebruik te maken van de warmtepomp. Vervolgens blijkt dat deze warmtebel tot ver in de winter van 2021/2022 benut kan worden als extra warmte.

Controle van de geotechnische functie

Naast het onderzoek naar de hoeveelheid energie die met behulp van de Energiedamwand aan het water en ondergrond onttrokken kan worden, is tevens de invloed op de primaire functie van de stalen damwand als grond- en waterkering onderzocht. De bij De Zweth verzamelde monitoringsgegevens over het verplaatsingsgedrag van de damwand zijn de basis geweest voor een afstudeeronderzoek (De Vries, 2021 TU Delft) van Jorrit de Vries. In dit onderzoek is de thermische werking van het systeem gemodelleerd met behulp van COMSOL, de daaruit volgende geotechnische invloed (uitzetting grond en staal) is vervolgens rekenkundig gekwantificeerd met behulp van PLAXIS 2D. De belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is dat de daadwerkelijke thermische invloed op de beweging

van de damwand en ondergrond beperkter is dan op basis van de theoretische modellen wordt verwacht. Dat de daadwerkelijke thermische invloed op de damwandconstructie kleiner is dan de al beperkte theoretische invloed betekent dat de activatie geen negatieve invloed heeft op de civieltechnische functie van de stalen damwand. Op basis van de analyse is daarbij gebleken dat de verplaatsing onder invloed van de activatie ruim onder invloed van natuurlijke temperatuurschommelingen door bijvoorbeeld zoninval blijft.

Projecten

Naast de praktijkproef in De Zweth zijn in Nederland en Duitsland ook al enkele projecten gerealiseerd. Een eerste praktische toepassing is in de jachthaven van Enkhuizen waar de Energiedamwand wordt gebruikt voor de verwarming van het jachthavengebouw. Daarnaast is recent de Energiedamwand geplaatst bij het Swettehûs in Leeuwarden; een volledig circulair bedieningsgebouw van de provincie Fryslân. In Duitsland zijn op een tweetal locaties Energiedamwanden actief en is recentelijk in Potsdam voor een nieuwbouwlocatie meer dan 100 m kade van een Energiedamwand voorzien. Op het moment van schrijven lopen verschillende haalbaarheids- en ontwerpprojecten om de Energiedamwand toe te passen en heeft het systeem al meerdere prijzen gewonnen, waaronder de NENnovation award 2020 en de Waterinnovatieprijs 2021. De proefresultaten en de technische analyse van het systeem zijn overtuigend genoeg om te concluderen dat de Energiedamwand een haalbaar energieconcept is dat gereed is om als duurzame warmtebron te worden geïmplementeerd. Zeker in situaties waar de damwand in direct contact staat met water, is het vermogen dusdanig hoog dat dit een zeer reële optie is in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. De toepassing van de energiedamwand levert een

significante reductie in CO₂-uitstoot op. Haalbaarheidsstudies geven aan dat dit 1,25 ton CO₂ per meter damwand, per jaar kan zijn. Daarmee kan een kadeconstructie, door middel van de energiedamwand een CO₂-reductie opleveren die gedurende de levensduur van de kade op blijft lopen. De CO₂ die wordt uitgestoten bij de productie van de damwand en het realiseren van de kade kan op deze wijze binnen enkele jaren teniet worden gedaan, zodat de kadeconstructie vervolgens zelfs netto CO₂ positief wordt. De Energiedamwand is als duurzame bron ook financieel erg aantrekkelijk omdat de installatiekosten en leverantie van de stalen damwand veelal in het project van de kade gecalculeerd zijn. Een TCO (Total Cost of Ownership) vergelijking van de energiedamwanden met andere duurzame bronnen laat zien dat de combinatie van aantrekkelijk geprijsde installatiekosten en de kosten tijdens het gebruik, tot een competitief duurzaam energiesysteem leidt. Kortom, de energiedamwand is een financieel aantrekkelijke, oneindige energiebron die bijdraagt aan de reductie van CO₂-uitstoot in de energievoorziening.

Patrick Stoelhorst, Richard Janssen, Korneel de Jong, Jacco Haasnoot, Energiedamwand Nederland BV.

Literatuur

- 1) Ziegler, M., Koppmann, D., Pechnig, R. & Knapp, D. (2020), Energy sheet pile walls – Experimental and numerical investigation of innovative energy geostructures, Proceedings of the XVII ECSMGE-2019 Geotechnical Engineering foundation of the future, Reykjavik, 2019
- 2) De Vries, J. P. (2021, mei). Quays Rather Than Boilers. Extracting Energy From Water and Soil Through Energy Sheet Piles. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2da05b2a-db22-4cfb-9a3d-fd8f33c5dcca?collection=edu>