

Auteur Ruben Pelzers MSc

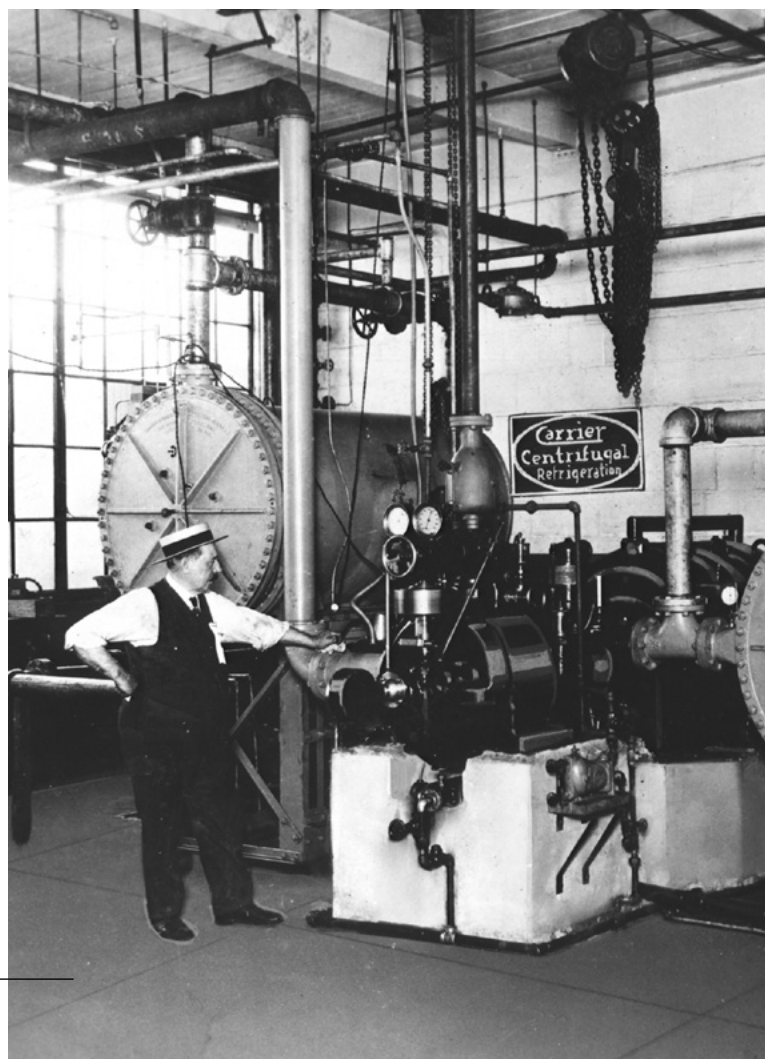
Opslag van thermische energie in gebouwen

De energietransitie stelt ons maatschappelijk voor de beantwoording van een complex vraagstuk. Door veel organisaties in het vakgebied wordt energieconservering als een deeloplossing gezien van de transitie (1). Maar ook buiten de installatiebranche wordt energieconservering benoemd als onderdeel van de transitie (2). Er zijn verschillende thermische opslagsystemen die ingezet kunnen worden om te energietransitie te versnellen. Echter is het aanbod en toepassingen beperkt. Niet iedereen is bekend met thermische opslag en de toepassingen ervan. Goede normen, richtlijnen en afspraken in de installatiemarkt kunnen helpen bij de ontwikkeling van betere thermische opslagsystemen in en rondom de gebouwde omgeving en kunnen hierdoor significant bijdragen aan de energietransitie. Waarom heeft niet elk gebouw een elektrische en thermische accu?

Een verandering van perspectief

De energietransitie betekent innoveren. In de vorige eeuw vonden er veel innovaties plaats. Rond 1901 bijvoorbeeld waren elektrische auto's erg populair in Amerika, en hadden diverse voordelen ten opzichte van auto's op stoom. Geëlektrificeerd rijden vond men ideaal voor de korte ritjes binnen de stad (3). Van alle innovaties uit de vorige eeuw, is actieve koeling een van de meest invloedvolle innovaties geweest. Al eerder in 1851 ontving John Gorrie zijn patent voor een van de eerste ijsmachines (4). Rond die tijd was de enigste commerciële exploitatie mogelijkheid, de productie van ijs (de airco bestond niet). In de zoektocht naar financiering, stuitte Gorrie op forse oppositie van ijsverladers. Hij werd in het bijzonder tegengewerkt door de ijsmonopolist

Frederic Tudoc. Men noemde hem de "Ice King". Uiteindelijk werd Gorrie bestempeld door de New York Daily Globe (krant) als een dwaas die dacht dat hij god kon spelen. De meeste mensen geloofde destijds niet dat het mogelijk was om ijs te produceren met een machine. Hierdoor kwam het dat zijn uitvinding nooit commercieel was ingezet (5). Toch wordt John Gorrie gezien als een van de eerste pioniers van de moderne airconditioning door de ASHREA (6). Een halve eeuw later bouwde Willis H. Carrier in de zomer van 1902 een van de eerste wetenschappelijk ontworpen airconditioning in een Amerikaanse drukkerij (13). De eerste airconditioningssystemen

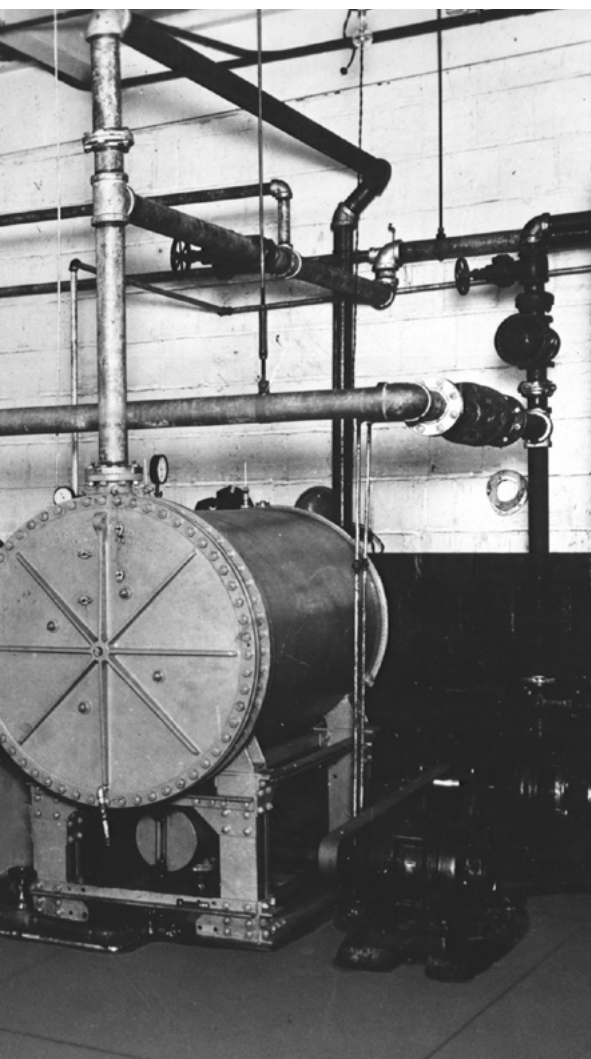


Afbeelding 1: In de 20e eeuw werden de eerste wetenschappelijke airconditioning systemen gebouwd. De eerste koelmachines waren in de 19e eeuw al in opkomst.

bevatte een koudemiddel met lage GWP waarden. Dit was het begin van de twintigste eeuw.

Opslag is essentieel voor de transitie

Ook in de 21^{ste} eeuw zal geïnnoveerd moeten worden. Veel organisaties zijn het er over eens dat energie opslag onderdeel is van de energietransitie (1;7). Thermische opslag kan een belangrijkere rol spelen in het energielandschap van de komende



jaren. In elk gebouw is eigenlijk al thermische energie aanwezig. De hoeveelheid bruikbare thermische energie kan namelijk worden benoemd de werkzame actieve thermische massa (8). Thermische energie kan niet alleen installatietechnisch, maar ook bouwkundig worden ingezet.

Grootschalige energieopslag kan zorgen voor energiebesparing en peak-shaving of peak-shifting op het elektriciteitsnet. Kleinschaligere energieopslagtoepassingen kunnen een bijdrage leveren aan energiebesparing, buffering en -conservering op lokaal niveau. Door actieve toepassing van thermische massa in een gebouw kan het energieverbruik van het gebouw worden vermindert (8).

Met de toenemende inzet van duurzame energie in Nederland en de verduurzamingsnoodzaak wordt de behoefte voor deze toepassingen groter (9; 10). Het toenemende aanbod van decentraal opgewekte energie zorgt voor een minder goede afstemming met de vraag op lokaal niveau en lijdt tot een weersafhankelijk aanbod (wind, zon, e.d.). Door de inzet en simulering van duurzame energie, ook op lokaal niveau, is er behoefte aan energiebuffering en ontlasting van het elektriciteitsnet (9; 10). De opslag van deze lokaal gegenereerde elektrische energie kan het vraag en aanbod beter doen afstemmen. Het huidige percentage hernieuwbare energie van Nederland was in 2016 nog maar 5,9% (11): een ruwe 125 PJ volgens het CBS (12). In 2017 was dit 6,6% (13). Gezien de doelstellingen van het Klimaatakkoord zullen deze percentages nog flink moeten stijgen (49% CO2 reductie in 2030 tov. 1990) (14). Hierdoor zal het aanbod aan decentraal opgewerkte duurzame elektrische energie toenemen.

Daarnaast zal de elektrificatie van ons transport en onze gebouwen bijdragen aan de noodzaak om meer elektriciteit beschikbaar te hebben. Zo is het gebruik van warmtepompen tussen 2011 en 2015 toegenomen met 87% (15). Elektrische accu-systemen kunnen ingezet worden om de stijging van het incidentele aanbod van duurzame stroom op het net tegemoet te komen. Toch blijven accu's duur. Gelukkig biedt de gebouwde omgeving mogelijkheid om andere energieopslagsystemen, zoals thermische opslag, te huisvesten. Helaas blijkt uit de cijfers dat meer dan 95% van alle toegepaste warmtepompen zijn uitgevoerd met buitenlucht-warmte. Waar in tegen de overige 5% zijn warmtepompen met bodemwarmte (15). RVO.nl geeft aan dat elektriciteit als bron in de gebouwde omgeving flink is toegenomen, al sinds de jaren 90 (15).

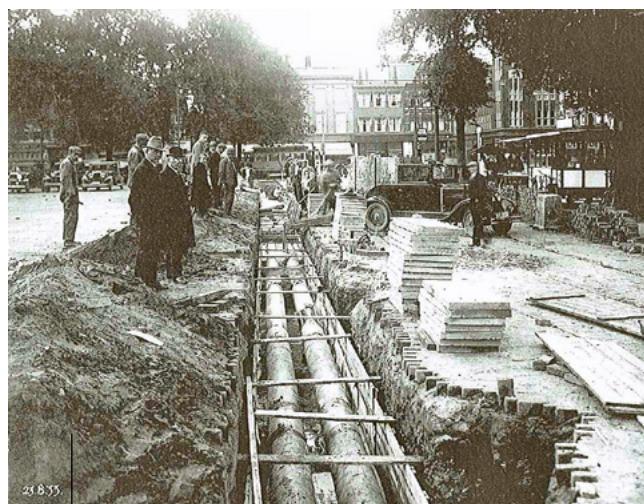
Door de toename van duurzame energie op de (elektrische) energiemarkt wordt het aanbod sterk variabel. De opslag van energie kan de energieprijzen drukken en stabiliseren. Op het gebouw niveau kan dit door het verbruik en gebruik van energiebuffers af te

stemmen op de energieprijzen of door de lokaal opgewerkte energie direct te gebruiken of op te slaan. Deze zogenaamde zelf-consumptie is het directe gebruik van lokaal opgewerkte energie zonder terug levering aan het net (16). Bijkomende effecten van de inzet van zelf-consumptie is energiebesparing doordat een installatiesysteem meer vollast uren kan draaien. Op grotere schaal is het delen van energie opslag (bijvoorbeeld op wijk niveau) een optie om gezamenlijk gebruik te maken van energieopslag voorzieningen.

Het merendeel is thermisch

Nederland verbruikte in 2013 ongeveer 2800 PJ¹ aan energie (17), hiervan was ongeveer 516 PJ (2015) gebouw gebonden energie (15). Echter is het finale energieverbruik in de gebouwde omgeving ligt hoger, dat was becijfert op 680 PJ in 2015 (15), dus ongeveer 1/4. Dit zijn grote hoeveelheden energie en het merendeel van deze energie wordt verbruikt in de vorm van thermische energie (15). Ruimte verwarming of koeling en warm tapwater zijn hiervan voorbeelden. Het grootste gedeelte van het energieverbruik in de gebouwde omgeving is dus thermisch. Zo blijkt dat 68% van het energieverbruik (2015) in huishoudens ruimteverwarming is, 14% is warmtapwater. Overigens is het aandeel ruimte verwarming wel dalende. Bij utilitaire gebouwen, zoals kantoren, liggen deze verhoudingen anders en komt ook een significante vraag aan koude bij.

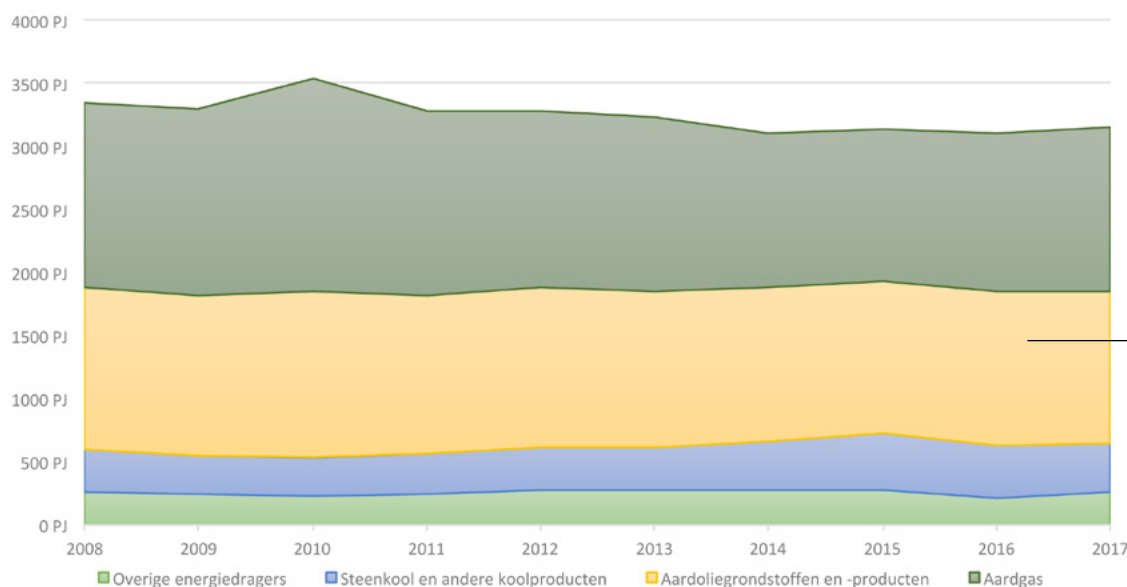
RVO.nl geeft geen getallen over elektrische opslagsystemen in gebouwde omgeving (15). Er zijn wel cijfers bekend over thermische opslag systemen, bodemenergie. In totaal gereerde de bodemsystemen 4017 TJ warme en 1793 TJ koude



Afbeelding 2: In Utrecht werd in 1933 het eerste warmtenet aangelegd.

in 2016 (12). Een snelle rekensom geeft aan dat dit 0,2% van het totale energieverbruik van Nederland was. De branche organisatie BodemenergieNL richt zich op de standaardisatie van bodemenergiesystemen en ondergrondse energieopslag (18). Bodemenergie is trouwens niet hetzelfde als aardwarmte. Het CBS geeft aan dat in 2016 er nog maar 4065 installaties met warmtepomp actief waren. Een kleine hoeveelheid van de systemen werken zonder warmtepomp. De organisatie legt zich toe op het bouwen van 20.000 systemen in 2020.

Er zijn ook andere grootschalige vormen van thermische energie met PCMs (Phase Changing Materials). Deze thermische opslagsystemen bij kunnen dragen aan peak-shaving of peak-shifting op het elektriciteitsnet (19).



Figuur 1: In deze grafiek van het CBS is te zien dat het energieverbruik van fossiele energiedragers amper is veranderd.

Gasloos gaan

Er wordt in Nederland momenteel beleid uitgevoerd om nieuwbouw wijken gasloos te maken (20). Er is nog weinig ervaring met het gasloos maken van nieuwbouwwijken in Nederland. Ook het gasloos maken van bestaande gebouwen vormt een grote uitdaging. Als alternatief op het gas voor de gebouwde omgeving zijn er alternatieven te bedenken als energiedrager voor warmte (koude), bijvoorbeeld waterstof, water (stoom) of elektriciteit. Hoewel waterstof erg veel potentie heeft (21) en elektriciteit al veelvuldig wordt gebruikt voor andere doeleinde zijn warmte (en koude) netten al op grote schaal toegepast in Nederland voor de levering van thermische energie (22).

een hogere retour temperatuur uit een warmtenet, aan de generatiekant een lager rendement worden gehaald, omdat er in deellast wordt gedraaid.

Tijdens zeer koude dagen kan warmtevraag op een warmtenet momentaan erg hoog zijn vanwege de grote behoefte aan CV en warmtapwater. Door de relatief lage transportsnelheden (looptijd) in een warmtenet, kan deze vraag niet altijd worden gedekt door een zelf.

Door een vorm van thermische opslag toe te passen kan een gedeelte van de genoemde technische uitdagingen oplossen door de vraag en het aanbod van warmte op het warmtenet te balanceren. De opslag afhankelijk van de aansluiting kan binnen, buiten of rondom een gebouw worden geplaatst.

Er wordt ook nagedacht over het toepassen van slimme systemen waardoor lokale warmtenetten gebruikt kunnen worden om meer-



Afbeelding 3: Warmtenetten kunnen een gasloos alternatief bieden voor de gebouwde omgeving.

Warmtenetten kunnen een gasloos alternatief bieden voor de gebouwde omgeving, en kunnen diverse bronnen (elektriciteitscentrales, geothermie, e.d.) gebruiken om warmte te transporteren naar de afnemers. Echter hebben warmtenetten te maken met technische uitdagingen. Veel warmtenetten hebben bij weinig afname (vraag) te maken met hoge stilstand en transportverliezen. Hierdoor gaat er energie verloren in het net. Verder kan door

dere afnemers terug te kunnen laten leveren (23). Dit worden ook wel 4^{de} generatie warmte netten genoemd of adaptieve warmtenetten. Bij dit soort slimme systemen is thermische opslag essentieel.

Elektrische vs thermisch opslag

De vorderingen in de ontwikkeling van elektrische opslag vorderen snel. Hierdoor wordt de inzet van energieopslag als deeloplossing voor de energietransitie langzaam een realiteit. Toch blijven opslag-

vormen zoals Li ion accu's erg duur. Elektrische opslag in Li-ion is wel flink verbeterd in de afgelopen jaren. Toch zijn thermische opslag vormen vele malen goedkoper dan elektrische opslag. Over het algemeen heeft thermische opslag wel een lagere gravimetrische energie dichtheid dan elektrische opslag.

den.

Zo is Triple aqua bijvoorbeeld een uitgebreid warmtepompsysteem dat door een driepijpsysteem laag temperatuur verwarming en hoog temperatuur koeling kan leveren in een gebouw. Het systeem maakt gebruik van twee integrale thermische opslagtanks waarin thermische energie met behulp van PCM kan worden opgeslagen.

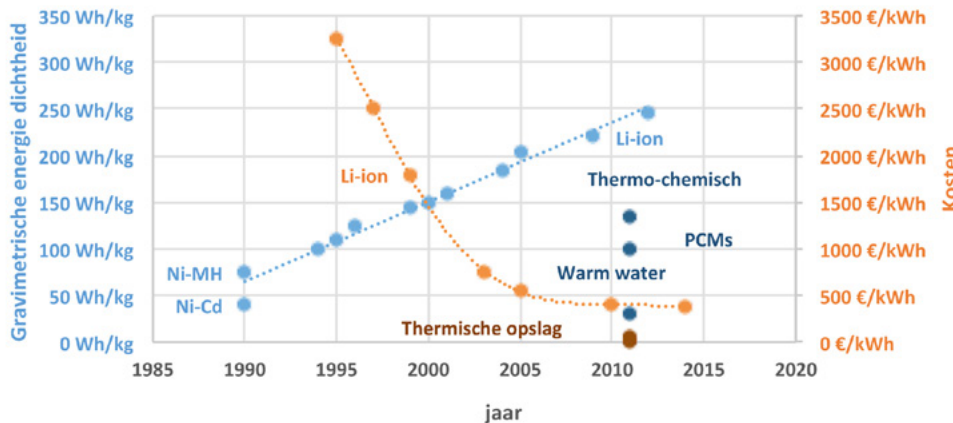
Een van de grote voordelen van de opslag mogelijkheid in de buitenunit is dat er in het met name in het tussenseizoen thermische energie kan worden bespaard en zal in de toekomst groter moeten worden. Het systeem worden toegepast op gebouwniveau en is te schakelen of te combineren met andere klimaatsystemen rondom het gebouw.

Het kan anders. Autarkis is een technische dienstverlener en leverancier van klimatiserings-con-

cepten en -installaties waarmee ze thermische opslag centraal stelt in gebouwen en dit als uitgangspunt gebruikt om thermische energie mee te besparen. In een recent artikel geeft de organisatie aan dat door het toepassen van PCMs, ze het misschien mogelijk is om een datacenters volledig op vrije koeling te laten draaien. Hiermee zou de PUE (power usage effectiveness) van een data center dichter bij de 1 komen te liggen. De PCMs worden meestal verwerkt in de bouwkundige elementen van een gebouw, waardoor het systeem voor de gebruiker niet zichtbaar is.

Voor de opslag op wijkniveau (een of meer gebouwen) biedt Ecovat, als thermisch opslagsysteem dat gebruikt maakt van voelbare warmteopslag, een oplossing. Meerdere gebouwen kunnen door deze thermische buffer voorzien worden van thermische energie. Tegelijkertijd is het systeem in staat om restwarmte uit deze gebouwen te ontvangen voor opslagdoeleinde. Hiervoor is afstemming nodig met vraag- en aanbod profielen van de aangesloten gebouwen.

Tot slot worden er bij TNO thermische batterijen voor woningen ontwikkeld voor lange termijnopslag van thermische energie.. Deze batterijen hebben een hoge energie dichtheid en kunnen de thermische energie over de periode van een seizoen kan worden opgeslagen en gebruikt door de woning (26). Door de toepassing van dit soort systemen in woningen, wordt er energie bespaard en geconserveerd. Er zitten verschillen tussen de benoemde systemen dit biedt ontwerpers in een project uitdagingen voor goede inpassing van deze oplossingen in het gebouw. Het ontwerpproces wordt hierdoor complexer.



Figuur 2: Een vergelijking tussen elektrische opslag (24) en thermische opslag (25). Links in het blauw staat de gravimetrische energie dichtheid en rechts in het oranje de kosten per kWh energie opslag.

Op plekken waar ruimte minder relevant is, kan thermische opslag in potentie een veel betere optie zijn dan elektrische opslag. Grootchalige opslag van energie is hierdoor aantrekkelijker.

Een aantal marktvoorbeelden

Op de Nederlandse markt zijn er diverse productvoorbeelden te vinden van verschillende thermische opslag methodieken voor gebouwen. Elk product is uniek, wordt op andere manieren toegepast en kan energie besparen of biedt extra comfort. Hieronder staan een aantal voorbeel-

Betere afspraken en standaardisatie

De energietransitie vraagt marktorganisaties en markt-vraag in de installatiebranche te doen veranderen. De maatschappelijke behoefte aan thermische energie opslagsystemen is er en maar naar de toekomst zal groter moeten worden. Waar enerzijds de marktwerking en de overheden middels subsidies de installatiemarkt in de goede richting proberen te trekken, zijn er anderzijds meerdere manieren om de markt te sturen. Het is van belang dat deze middelen zekerheid bieden voor alle marktparticipanten.

De ontwikkeling van standaard classificatie methoden maken het gemakkelijk om de prestatie-eisen van de beschikbare (thermische) opslag producten op de markt te definiëren. Hierdoor kunnen producten onderling beter worden vergeleken, kwaliteit worden geborgd en de ontwikkeling van nieuwe producten worden simuleert.

De NEN heeft bijvoorbeeld dit jaar de NEN-EN-IEC 62933-2-1 gepubliceerd (27). Deze richtlijn richt zich op het definiëren van unitparameters en testmethoden van elektrische energieopslagsystemen (EES). Ook de branche organisatie BodemenergieNL richt zich op de standaardisatie van bodemenergiesystemen en ondergrondse energieopslag (18). Vanuit dit platform vinden er diverse activiteiten plaats waaronder de ontwikkeling van richtlijnen voor bodem energie. Recent is er ook een publicatie gepresenteerd vanuit de ISSO waarin wordt ingegaan over het ontwerpen met PCMs.

De beschikbaarheid van goede praktijkrichtlijnen vergemakkelijkt de communicatie tussen projectdeelnemers, waardoor er bijvoorbeeld specifiek gevraagd kan worden naar thermische opslag systemen voor een project. Op

basis van prestatie eisen kan een thermische opslag product worden voorgeschreven.

Conclusie

De noodzakelijke inpassing van energiesopslag systemen in de gebouwde omgeving wordt erkend. Het huidige energietrends laten de relevantie zien van thermische opslag systemen voor de installatiebranche voor de toekomst.

Op dit moment zijn meer normen, voorschriften en praktijkrichtlijnen nodig in de installatiebranche waarmee ontwerpvragestukken, producten en systeemafstemming van thermische opslagsystemen toegepast kunnen worden in de gebouwde omgeving. Door het gebrek aan deze middelen zullen de thermische-energieopslag toepassingen in de gebouwde omgeving beperkt blijven terwijl er een maatschappelijke vraag is. De aanwezigheid van deze middelen zouden installatiebedrijven in staat stellen om meer energieopslagsystemen in de gebouwde omgeving te implementeren. Door samen te werken, standaardisatie en afspraken te maken met elkaar over energieopslag in gebouwen kunnen marktpartijen zich beter voorbereiden kunnen marktpartijen zich beter voorbereiden op de maatschappelijke veranderingen die de energietransitie van de installatiesector vraagt.

Dankwoord

De auteur wil Koos Agtereeck bedanken voor zijn steun en hulp.



R. (Ruben) Pelzers MSc

Verwijzingen

- Uneto-Vni, OTIB, TVVL, ISSO, KIEN, PIT en KvIN. Connect 2025. 2018. pp. 12,40.
- ECN, WUR. De energietransitie: een nieuwe dimensie in ons landschap. sl : Positioning paper, 2015.
- Department of Energy, USA. The History of the Electric Car. [Online] 2014. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>.
- Google. [Online] <https://www.google.com/patents/US8080> .
- CIBSE Heritage Group. John Gorrie and his ice machine. [Online] http://www.hevac-heritage.org/built_environment/pioneers_revisited/gorrie.pdf.
- ASHREA. Ashrae Pioneers of Industry. ASHREA. [Online] <https://www.ashrae.org/membership--conferences/honors--awards/ashrae-pioneers-of-industry>.
- ENSOC. <https://www.ensoc.nl/files/fme-visiedocument-energieopslag-2017.pdf>. [Online]
- The potential of lightweight low-energy houses with hybrid adaptable thermal storage: comparing the performance of promising concepts. . Hoes, P. en Hensen, J.L.M. Eindhoven : sn.
- Netbeheer Nederland. Nieuwe kabinet neemt energietransitie serieus. [Online] 2017. <https://www.netbeheer Nederland.nl/nieuws/nieuwe-kabinet-neemt-energieovergang-serieus-1197>.
- Rijksoverheid. Rijksoverheid stimuleert duurzame energie. [Online] <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.
- CBS. Hernieuwbare energie in Nederland. 2016.
- . Aandeel hernieuwbare energie naar 6,6 procent. [Online] 2018. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/22/aandeel-hernieuwbare-energie-naar-6-6-procent>.
- Rijksoverheid. Kabinet geeft startschot voor klimaatsakkoord. [Online] 2018. <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2018/02/23/kabinet-geeft-startschot-voor-klimaatsakkoord>.
- RVO. Monitoring Energiebesparing Gebouwde Omgeving. [Online] 2015. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/11/Monitor%20energiebesparing%20gebouwde%20omgeving%202015.pdf>.
- ROLAND BERGER GMBH. Business models in energy storage. Parijs : ROLAND BERGER GMBH, 2017. <http://statline.cbs.nl/>. Statline. [Online] 2013.
- <https://bodemenergie.nl/>. BodemenergieNL. [Online] <https://bodemenergie.nl/>.
- Peak load shifting with energy storage and price-based control system. Reza, Barzin, et al. 3, sl : Elsevier, Energy, Vol. 92, pp. 505-514.
- RVO. Green Deal Aardgasvrije wijken. [Online] 2018. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/aardgasvrij/green-deal-aardgasvrije-wijken/green-deal-aardgasvrije-wijken>.
- Wijk, A. ; Hellinga, C. Waterstof de sleutel voor de energietransitie. sl : TVVL, 2018.
- de Jong, K. Duurzame warmte en koude. sl : Toetssteen, 2016.
- Renewable heating strategies and their consequences for storage and grid infrastructures comparing a smart grid tot a smart energy system approach. Lund, Henrik. Denmark : Elsevier, 2018, Energy.
- Greg Satell / JCESR. Why Energy Storage May Be The Most Important Technology In The World Right Now. Fobes. [Online] <https://www.forbes.com/sites/gregsatell/2016/04/01/why-energy-storage-may-be-the-most-important-technology-in-the-world-right-now/#15df7ec44e10>.
- Storage Technology Issues and Opportunities, Committee on Energy Research. Hauer, A. (International Energy Agency). Parijs : sn, 2011. International Low-Carbon Strategic and Cross-Cutting Workshop "Energy Storage.
- TNO. Warmtebatterij doorbraak opslag duurzame energie. [Online] <https://www.tno.nl/nl/aan-dachtsgebieden/bouw-infra-maritiem/roadmaps/buildings-infrastructuur/energiepositieve-gebouwde-omgeving/warmtebatterij-doorbraak-opslag-duurzame-energie/>.
- NEN. NEN. [Online] 2013. <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Elektrotechniek-Nieuws/Nieuwe-internationale-normcommissie-Electrical-energy-storage-EES-systems-ook-voor-Nederland-interestant.htm>.