

# Het energieopslaglabelprincipe

De Hanzehogeschool Groningen heeft in het kader van het Actieplan Duurzame Energievoorziening de belangrijkste eigenschappen van een select aantal opslagtechnologieën onderzocht. Door deze met elkaar te vergelijken kwam een classificatie tot stand, zodat de technische aspecten van opslagtechnologieën met elkaar vergeleken kunnen worden. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een labelprincipe. Het opslaglabelsysteem maakt het mogelijk de voor- en nadelen van verscheidene opslagtechnologieën (in de elektriciteit-, gas- en warmtesector) te interpreteren, gebaseerd op de gewenste toepassing.

F. Pierie<sup>a,b</sup>, C.E.J. van Someren<sup>a</sup>, M. van Noppen<sup>a</sup>

a. Hanze University of Applied Sciences – HanzeResearch – Energy;

b. University of Groningen - Centre for Energy and Environmental Sciences

*In opdracht van Netbeheer Nederland, Den Haag*

De Europese Unie heeft zich ten doel gesteld om de uitstoot van broeikasgassen in te perken. Dit heeft tot gevolg dat de duurzame energieproductie in de komende jaren zal toenemen en de productie van energie uit fossiele brandstoffen zal afnemen. Een groot gedeelte van deze duurzame energieproductie zal waarschijnlijk bestaan uit intermitterende energiebronnen als wind- en zonne-energie. Echter, binnen dit scenario bestaat een punt van zorg: de energie zal niet altijd geleverd kunnen worden wanneer daar vraag naar is. Dankzij opslagtechnologieën is het mogelijk om de overproductie van intermitterende bronnen op te slaan en ten tijde van geringe productie toch te voldoen aan de vraag naar energie. Om deze reden zou energieopslag dus een belangrijke rol kunnen spelen in het gedifferentieerde energieaanbod van de toekomst. Hiermee kunnen energieflexibiliteit en leveringszekerheid worden geboden. Maar welke opslagtechnologie is nu geschikt voor welke toepassing?

### ■ VERSCHILLEN

Het maken van onderscheid tussen deze verschillende technologieën heeft nog heel wat voeten in de aarde, gelet op de grote variatie van eigenschappen en toepassingen van de verschillende energieopslagtechnologieën (zie tabel 2). De onderzoeken waarin belangrijke eigenschappen van energieopslagtechnologieën uiteen worden gezet zijn legio. In sommige rapporten wordt dieper ingegaan op het belang van energieopslag voor specifieke toepassingen. Andere artikelen bieden een nauwgezette analyse van het huidige gebruik en het toekomstige potentieel van verschillende opslagtechnologieën, met name met betrekking tot duurzame energie-integratie. Het is van belang te letten op de specifieke punten waar de diverse technologieën van elkaar verschillen: een serie loodzuurbatterijen bijvoorbeeld kan tweeduizend keer meer energie opslaan dan een vliegtuig. Het is een enorme opgave om de resultaten op een lineaire schaal te vergelijken. Logaritmische

schalen kunnen het maken van numerieke vergelijkingen vereenvoudigen, maar ook gemakkelijk aanleiding geven tot misverstanden.

### ■ CLASSIFICATIE

Netbeheer Nederland, de nationale brancheorganisatie van alle energienetbeheerders, spant zich in voor de transitie naar een duurzame energievoorziening en gaat ervan uit dat energieopslag een belangrijke rol gaat spelen in de toekomst. Om de integratie van opslagtechnologieën in de energiemarkt te faciliteren, ontstaat de noodzaak voor een eenduidig overzicht van individuele opslagtechnologieën. Het is per situatie namelijk van essentieel belang om vast te stellen welke opslagtechnologie het meest geschikt is. Netbeheer Nederland heeft de Hanzehogeschool Groningen in het kader van het Actieplan Duurzame Energievoorziening benaderd om de belangrijkste eigenschappen van een select aantal opslagtechnologieën te onderzoeken, deze met elkaar te vergelijken en

## WOORDENLIJST

Intermitterende energiebronnen	Duurzame energiebronnen die niet constant beschikbaar zijn vanwege veranderlijke weersomstandigheden (windenergie, zonne-energie)
Gedifferentieerd energieaanbod	Het verspreide aanbod van energie uit meerdere bronnen (windenergie, zonne-energie, energie uit fossiele brandstoffen, et cetera)
Energie-integratie	De integratie van nieuwe (duurzame) productietechnologieën in het huidige energiesysteem
Fundamentele eigenschappen	Fysische eigenschappen die met getallen en eenheden aantoonbaar en meetbaar zijn
Frequentiecontrole	Het actief afstemmen van vraag en aanbod op het elektriciteitsnet
WKK – Warmtekrachtkoppeling	Productieproces waarbij zowel de elektriciteit als de restwarmte bij het opwekken van elektriciteit wordt benut
CAES	Gecomprimeerde Lucht Energy Opslag (Compressed Air Energy Storage)
SMES	Supergeleidende Magnetische Energy Opslag (Super conducting Magnetic) Energy Storage
UTS	Ondergrondse Thermische Opslag (Underground Thermal Storage)
DFG	Lege Gas en olievelden (Depleted Gas and oil Field)
LNG	Vloeibaar Aardgas (Liquid Natural Gas)

Pompcentrale				
<b>1) Belangrijkste kenmerken</b>	Onderlimiet	Eenheid	Bovenlimiet	Eenheid
Ontlaadvermogen	5,00	MW	5,00	GW
Laadvermogen	5,00	MW	5,00	GW
Energieopslagcapaciteit	1,200.00	MWh	120.00	GWh
Energiedichtheid	0,50	kWh/m <sup>3</sup>	1,50	kWh/m <sup>3</sup>
Ontlaadresponsijd	10,00	s	15,00	min
Laadresponsijd	1,00	min	15,00	min
Kosten per vermogenseenheid	500,00	€/kW	3,600,00	€/kW
Kosten per eenheid energieopslagcapaciteit	40,00	€/kWh	680,00	€/kWh
<b>2) Type energiedrager</b>	Electriciteit	Gas	Warmte	Vloeistof
<b>3) Geschikte Toepassingen</b>	Frequentiecontrole	Uurlijks reguleren	Dagelijks reguleren	Per seizoen reguleren
Ontlasten van het transmissie	Black start-capaciteit	Off-grid / Micro grid	Benutten van restwarmte	Reguleren piekmomenten
Uitstellen en verplaatsen van vraag naar energie	Prijsgestuurd reguleren	Reactief vermogen	UPS	Transport
<b>4) Sector voor gebruik</b>	Levering van energie	Transmissie en distributie	Consument / Vraag	Integratie energie
<b>5) Professionele eigenschappen</b>	Onderlimiet	Eenheid	Bovenlimiet	Eenheid
Bedrijfstijd	1,00	uur	100,00	uur
Opregelsnelheid	10,00	MW/min	60,00	MW/min
Afregelsnelheid	10,00	MW/min	60,00	MW/min
Kostenraming (2020)		€/Wh		€/kWh
Kostenraming (2020)		€/Wh		€/kWh
Zelfontlaadsnelheid	0,00	%		
Cyclusefficiëntie	85,00	%	85,00	%
Levensduur			50,00	jaren
Opslagtijd	Oogenblikkelijk (seconden)	Snel (Minuten)	Gemiddeld (Dagen)	Langtermeijn (maanden)
<b>6) Technologische volwassenheid</b>	Onderzoek	Demonstratie	Positionering	Commercieel
<b>7) Betrouwbaarheid</b>	Onderlimiet	Eenheid	Bovenlimiet	Eenheid
Buitenbedrijfstijd		dagen/jaar		dagen/jaar
Betrouwbaarheid		%		%
<b>8) Systeemveiligheid</b>				
<b>9) Duurzaamheid</b>				
Recycleerbaarheid				
Impact op het milieu	Enorme impact op het milieu			
Voorraauditputting				
<b>10) Slotopmerkingen</b>	Unieke opslagtechnologie dankzij lage kosten, lange levensduur, uiterst efficiënt en nauwelijks cyclusdegradatie. Sterk afhankelijk van beperkt geschikte bouwterreinen. Afhankelijk van een behoorlijke waterbron.			

- 1) Belangrijkste eigenschappen: hierin worden de minimale en maximale waarden van de eigenschappen in de belangrijkste gebieden weergegeven die de geschiktheid van een technologie voor bepaalde toepassingen afbakenen
- 2) Type energiedrager: de energiedrager die wordt opgeslagen door en vrijgelaten uit het opslagsysteem
- 3) Geschikte toepassingen: geschiktheid van de technologie voor gangbare energieopslagtoepassingen
- 4) Sector voor gebruik: de gebruikelijke sector van het energienetwerk waarin deze technologie wordt toegepast, vaak in relatie tot vermogen
- 5) Gedetailleerde eigenschappen: meer gedetailleerde technologische kenmerken die weliswaar belangrijk zijn, maar van minder doorslaggevend belang dan de belangrijkste kenmerken
- 6) Technologische volwassenheid: een classificatie van hoe ver een technologie is ontwikkeld
- 7) Betrouwbaarheid: een classificatie van de jaarlijkse buitenbedrijfstijd en de betrouwbaarheid van de technologie die beschouwd kan worden als een graadmeter voor de leveringsgarantie
- 8) Systeemveiligheid: een beschrijving van opvallende risico's tijdens bedrijfsvoering die aan deze technologie kleven
- 9) Duurzaamheid: de milieuvriendelijkheid van deze technologie in termen van recycleerbaarheid, impact op het milieu en voorraauditputting
- 10) Slotopmerkingen: aanvullende opmerkingen, zoals belangrijke voordelen en beperkingen van deze technologie

-Tabel 1- Voorbeeld van het energie-opslaglabel voor een pompcentrale

tot een classificatie te komen, zodat de technische aspecten van opslagtechnologieën met elkaar vergeleken kunnen worden. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van het labelprincipe. Om zover te komen was het zaak eerst

de belangrijkste eigenschappen van energieopslagtechnologieën te bepalen, omdat die nauw verbonden zijn met de energiediensten (toepassingen) die geleverd kunnen worden. Tijdens dit onderzoek is het volledige scala aan

eigenschappen van verschillende energieopslagtechnologieën gespecificeerd. Aan de hand van deze informatie is een energieopslaglabel ontwikkeld waarin de fundamentele eigenschappen van opslagsystemen van energie-

opslagtechnologieën staan beschreven. Door opslagtechnologieën terug te brengen tot hun fundamentele eigenschappen, moet het label transparante en duidelijke indicatoren bieden bij het bepalen van de technologische geschiktheid voor een bepaalde toepassing. Het energieopslaglabelprincipe (zie tabel 1) leent zich voor het maken van vergelijkingen tussen verscheidene opslagtechnologieën en biedt een methode voor het rangschikken van de geschiktheid van opslagtechnologieën afgestemd op de gewenste toepassingen. Dankzij de indeling van de energieopslaglabels is het mogelijk een begrijpelijke en vergelijkende analyse te maken van de verschillende opslagtechnologieën. Het opslaglabelstelsel maakt het interpreteren van de voor- en nadelen van verscheidene opslagtechnologieën (in de elektriciteit-, gas- en warmtesector) mogelijk, gebaseerd op de gewenste toepassing (zie tabel 1).

### TOEPASSING

Uit het onderzoek kwam duidelijk naar voren dat de toepassing van doorslaggevend belang is voor het bepalen van de meest geschikte technologie voor een bepaalde situatie. Met de toepassing waar een bepaalde opslagtechnologie al dan niet het meest geschikt voor is, wordt bijvoorbeeld frequentiecontrole of uurlijks reguleren van elektrische energievoorziening bedoeld (zie tabel 1). Vervolgens is de manier waarop we deze technologie willen inzetten en op welke schaalgrootte, bepalend voor de vereiste eigenschappen van het opslagsysteem. In het ene geval gaat de aandacht uit naar de energieopslagcapaciteit, in het andere geval gaat de aandacht uit naar het vermogen van het systeem (zie tabel 2). Wanneer op voorhand dergelijke criteria worden vastgesteld, kan met behulp van het energieopslaglabel een voorselectie worden gemaakt van geschikte opslagtechnologieën. De inzichten verzameld in de energielabels kunnen een selectie van opslagsystemen bieden die voor deze toepassing verder onderzocht moeten worden. Opslagtechnologieën hebben een groot aantal eigenschappen waarmee deze voor uiteenlopende toepassingen ingezet kunnen worden. Tabel 2 geeft een overzicht van de mogelijke toepassingen van een select aantal opslagtechnologieën. De informatie in tabel 2 is van belang voor het bepalen van de geschiktheid van een energietechnologie voor een bepaalde toepassing. De technologische geschiktheidstabel geeft duidelijk het onderscheid weer tussen de vereisten en capaciteiten van een selectie van thermische en elektrische energieopslagtechnologieën. De opslag van vloeibare brandstof en gas wordt afzonder-

Technologienaam	Frequentiecontrole	Uurlijks reguleren	Dagelijks reguleren	Reguleren per seizoen	Ontlasten transmissie	Black Start	Off-grid / Micro grid	Restwarmtegebruik	Vraagregulering energie	vraag-schommeling piek-momenten	Prijsgestuurd reguleren vraag / aanbod	Reactief vermogen	Ononderbroken stroomtoevoer	Transport
<b>Electrische energie</b>														
Vliegwiel	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Pompcentrale	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CAES	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Loodzuurbatterij	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Lithium-Batterij	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Vd Redox	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Supercondensatoren	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SMES	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<b>Thermische energie</b>														
Warm water	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LTS	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Gesmolten zouten	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Latente warmte	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<b>Thermische energie</b>														
Waterstofgas	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Mathanisering	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Zoutcavernes	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Aquifers & DGF	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LNG	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

-Tabel 2- De technologische geschiktheidstabel

lijk behandeld, omdat hiermee gemakkelijk thermische energie, elektrische energie of een combinatie van beide kan worden geleverd. De mate van geschiktheid voor een bepaalde technologie voor een bepaald doeleinde wordt aangegeven met een gekleurde stip:

- een groene stip geeft aan dat een technologie uiterst geschikt is;
- een half gekleurde, gele stip geeft aan dat een technologie redelijk geschikt is of meer onderzoek op dit gebied noodzakelijk is;
- een rode cirkel geeft aan dat de technologie niet geschikt is.

### LEIDRAAD

Het labelsysteem dient als een leidraad bij het uitzetten van de juiste koers en kan duidelijkheid bieden bij het beantwoorden van de vraag voor welke doelen opslag wel of niet geschikt is. Het systeem kan behulpzaam zijn bij het geven van uitsluitel over welke opslagtechnologieën voor verdere overweging in aanmerking komen. In dit labelsysteem is geen rekening gehouden met geografische beperkingen of sociale impact. Zo lijkt een pompcentrale bijvoorbeeld op het eerste gezicht een waardevolle opslagtechnologie. Toch is de functionaliteit van een pompcentrale dermate afhankelijk van geschikte geografische omstandigheden dat het in veel landen bij voorbaat geen haalbare kaart is. Verder is er van vele opslagtechnologieën niet eenduidig bekend wat de impact is op het milieu. Er is wel onderzoek naar gedaan, maar de resultaten zijn sterk afhankelijk van de manier waarop een technologie is ingezet.

### NASLAGWERK

Het labelprincipe en de energieopslaglabels kunnen niet alleen dienst doen als handvatten om te bepalen welke technologieën het meest geschikt zijn voor een bepaalde toepassing, maar ook als eenvoudig naslagwerk voor het vergelijken van verschillende opslagtechnologieën. Daarnaast kunnen technologielaabels bestudeerd worden voor een meer gedetail-

leerd beeld van de eigenschappen van opslagtechnologieën afzonderlijk. Verder stelt het labelprincipe de gebruiker in staat om labels aan te vullen met nieuwe opslagtechnologieën of nieuwe kennis. Opslagtechnologieën zullen een belangrijke rol gaan spelen in toekomstige energiestenari'o's, met name in termen van de integratie van duurzame energie en de toenemende wederzijdse afhankelijkheid van thermisch en elektrisch energiegebruik dankzij de opkomst van nieuwe technologieën (bijvoorbeeld WKK's en elektrische warmtepompen). De opslagtechnologieën van vandaag de dag bieden een ruim aanbod aan eigenschappen van opslagsystemen en potentiële toepassingen. Door de thermische en elektrische energiesystemen en de energietransportsystemen met elkaar te verbinden, kan de energiesector veelzijdiger en veerkrachtiger worden. Energieopslag kan een belangrijke bijdrage leveren aan het bereiken van dit doel door thermische energie in te zetten om de vraag naar elektrische energie of energietransport aan te vullen en omgekeerd.

### CONCLUSIE

De conclusie is dat energieopslag een zeer goede bijdrage kan leveren om de energieproductie en vraag naar energie beter op elkaar af te stemmen bij een verscheidenheid aan vormen van energie-eindgebruik (bijvoorbeeld elektriciteit, gas of warmte). Met het energieopslaglabelprincipe wordt het belang van het kiezen van de juiste technologie voor de juiste toepassing benadrukt en is geprobeerd duidelijke richtlijnen te formuleren voor dit besluitvormingsproces. Deze informatie kan uiterst waardevol zijn voor de evaluatie van toekomstige energiestenari'o's en het bepalen van de potentie van energieopslag in het waarborgen van energievoorziening. Het energielabelsysteem kan een belangrijke rol spelen in de duurzame energietransitie die in Nederland plaatsvindt dankzij de uitvoerige informatie (zowel algemeen als technisch) die wordt geboden op het gebied van energieopslag.