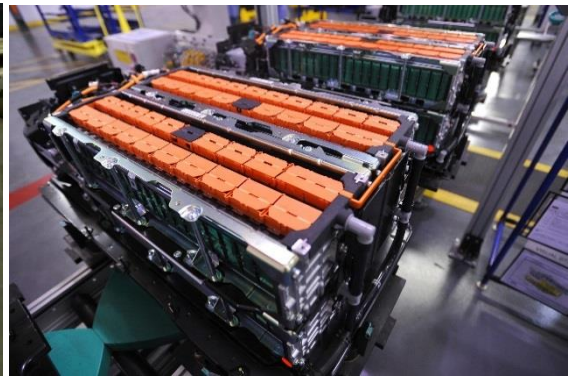


Infokaart (externe) veiligheid: Energie Opslag Systeem (EOS)

Algemene beschrijving

Een voorbeeld van een EOS is de buurtbatterij. Dit is een ruimte met daarin oplaadbare lithium-ion batterijen of accu's voor enkele tientallen tot circa honderd woonhuizen. Lithium-ion batterijen bestaan soms uit tweedehands, "second life", accupakketten uit personenauto's. Er zijn naast lithium-ion ook andere energieopslag technologieën in gebruik. Deze technologieën zijn opgenomen in de bijlage bij deze infokaart. Lithium-ion batterijen bestaan uit vaste stoffen (standaardformaat 18 x 650 mm) en accu's kunnen een vloeistof bevatten. Individuele cellen zijn vaak samengevoegd in een "pack" (zie afbeeldingen¹) van enkele honderden stuks. De grootte van een batterijhuis kan uiteenlopen van 3 bij 3 meter tot een zeecontainer met een lengte van meer dan 10 meter.



Voorbeeld van een 'batterypack'

Lithium-ion accu's gebruiken koolstof (en koperfolie) aan de (-) anode en een metaaloxide (typisch NiMnCoO_2) aan de (+) kathode. Als elektrolyt wordt hexafluorofosfaat (PF_6) toegepast, gemengd met ethylcarbonaat (vaste stof) of diethylcarbonaat (vloeistof). De separator is meestal een kunststof van 20-40 μm dik. Lithium reageert met water daarom wordt een niet-waterig elektrolyt gebruikt en is de verpakking van de accu hermetisch afgesloten. De individuele cellen produceren circa 3,7 Volt. De batterij heeft ingebouwde bescherming tegen overbelasting. Door een regelsysteem worden te diepe ontlading en overlading voorkomen. De accu's hebben een zeer hoge energiedichtheid; 150-220 Wh/kg. Een opslagcapaciteit van 100 tot 300 kWh is gebruikelijk samen met een (ont-)laadvermogen van 50 tot 400 kW.

Voorbeeld van meerdere 'batterypacks'

EOS-en kunnen dieselaggregaten vervangen op festivals en evenementen en worden gebruikt als brandstofsysteem voor e-schepen op de binnenvaart en in de toekomst ook de zeevaart. Daarnaast kunnen EOS-en voorkomen in combinatie met zonne- of windparken).

Er is geen omgevingsvergunning vereist voor een bouwwerk ten behoeve van een infrastructurele of openbare voorziening (nutsvoorziening), mits het niet hoger is dan 3 meter en het oppervlak niet groter is dan 15 m². Bij een grotere omvang is wel een omgevingsvergunning nodig.

¹ Bron: Gadgetreview.com

Kans van optreden

Lithium-ion batterijen hebben een faalkans van minder dan 1 op 1.000.000. Bij lithium-ion batterijen van een goede kwaliteit, waarbij de fabrikanten volgens de norm produceren, wordt een kleinere faalkans gegarandeerd: minder dan 1 op de 10.000.000. Industriële lithium-ion batterijen zijn robuuster ontworpen en hebben een nog kleinere faalkans.

Op basis van testen is gebleken dat EOS systemen op basis van ijzer-fosfaat (LFP) een lager brandrisico hebben dan EOS systemen op basis van cobalt-oxide (NMC).

Risico's en effecten²

Een geloofwaardig scenario is overbelasting door een fout in het regelsysteem of (lokale) kortsluiting door een fabricagefout. Als in een cel een temperatuur van 210°C bereikt wordt, kan een thermal runaway optreden. Daarbij kan een temperatuur van 500 °C bereikt worden, komen verbrandingsgassen vrij en vliegt de cel mogelijk in brand. De snelheid van de reactie maakt dat het lijkt op het vrijkomen van gas uit een drukcilinder. Door de hitteontwikkeling worden omliggende cellen betrokken bij het incident. De belangrijkste betrokken stof is de elektrolyt. Er ontstaan vooral koolstofdioxide (CO₂) en daarnaast de giftige stoffen zoals waterstoffluoride (HF) (vaak 20-200 mg/Wh) en fosforylfluoride (POF₃) (vaak 15-22 mg/Wh).

Een beginnende brand van één of enkele cellen is beheersbaar. Het incident kan zich in enkele minuten uitbreiden. Een volledig ontwikkelde brand in een buurtbatterij is niet of nauwelijks te bestrijden en leidt tot uitbranden van het gehele compartiment. Daarbij moet rekening worden gehouden met een brandduur van een tiental uren met benedenwinds een groot effectgebied vanwege de giftige stoffen die vrijkomen. Daarnaast kunnen zich bij een brand kleine explosies voordoen met rondvliegende delen tot vijftien meter.

Waterstoffluoride is een kleurloos, giftig en bijtend gas. De damp is zwaarder dan lucht en vormt met damp uit de buitenlucht bijtende nevels die zich over de grond verspreiden. Inademing van waterstoffluoride kan leiden tot beschadiging van de luchtwegen en longen. Waterstoffluoride dringt door de huid heen en richt in het weefsel schade aan die pas na enige tijd pijn met zich mee brengt. Daarnaast reageert het met calcium in het lichaam.

In onderstaande tabellen en grafieken zijn de effecten van de giftige wolk weergegeven. Afhankelijk van de afstand tot het ongeval en de omstandigheden zullen mensen overlijden (+) of raken gewond. Van zeer zwaargewond (T1) tot lichtgewond (T3). Voor de weertypen D5 is het slachtofferbeeld bepaald voor personen die zich buiten bevinden. Dit is uitgewerkt voor drie ringen. In de eerste ring overlijdt meer dan 95 % van de aanwezigen, in de tweede tussen de 95 en 50 % en in de derde tussen de 50 en 5 %. De effectafstanden van de giftige wolk voor deze ringen staan in de tabel. Aanvullend wordt in een tabel de afstand tot de interventiewaarden die de hulpverleningsdiensten gebruiken weergegeven.

² Bron: batteryuniversity.com

D5	Stedelijk gebied	Verstedelijk gebied	Landelijk gebied	Slachtoffers buiten (%)			
	Lengte (meter)	Lengte (meter)	Lengte (meter)	†	T1	T2	T3
1e ring	95% letaliteit wordt bij dit incident niet bereikt						
Grens 1e ring: 95% letaal							
2e ring	0 - 2	0 - 5	0 - 10	50 - 95	0 - 50	0 - 50	0 - 50
Grens 2e ring: 50% letaal	2	5	10	50	0 - 50	0 - 50	0 - 50
3e ring	2 - 10	5 - 15	10 - 20	5 - 50	niet bepaald		
Grens 3e ring: 5% letaal	10	15	20	5			

D5	Stedelijk gebied	Verstedelijk gebied	Landelijk gebied
	Lengte (meter)	Lengte (meter)	Lengte (meter)
Levensbedreigende waarde (LBW) 10 minuten Concentratie 150 mg/m ³	15	20	25
Levensbedreigende waarde (LBW) 1 uur Concentratie 36 mg/m ³	40	60	70
Alarmeringsgrenswaarde (AGW) 10 minuten Concentratie 79 mg/m ³	20	30	40
Alarmeringsgrenswaarde (AGW) 1 uur Concentratie 20 mg/m ³	60	80	110
Voorlichtingsrichtwaarde (VRW) 10 minuten Concentratie 0.83 mg/m ³	500	600	720
Voorlichtingsrichtwaarde (VRW) 1 uur Concentratie 0.83 mg/m ³	500	600	720

Bestrijdbaarheid (optreden brandweer)

Er wordt opgetreden vanuit bovenwinds gebied met bluskleiding en ademlucht. Het benedenwinds effectgebied kan door het vrijkomen van giftige dampen alleen betreden worden door de brandweer in beschermende kleding. Het gebruikte bluswater kan verzuurd zijn en daardoor het riool, oppervlaktewater, waterwegen of de watervoorziening verontreinigen.

De brandweerprocessen en taken zijn primair gericht op: (1) redden, (2) voorkomen van overslag en (3) het beperken van effecten door het neerslaan van giftige gassen is beperkt mogelijk.

Benodigdheden effectbestrijding:

- [Gebied] en [buurtbatterij] tweezijdig toegankelijk vanuit tegengestelde windrichtingen;
- Effectieve (grootschalige) bluswatervoorziening;
- Passende (grootschalige) slagkracht brandweer (denk bijvoorbeeld aan de inzet van waterkanonnen)

Zelfredzaamheid

Het gevaar kan door de aanwezigen in het benedenwindse effectgebied opgemerkt worden door de herkenbare (dikke en grijze) rookwolken van de brand. De giftige effecten zijn (deels) niet direct zichtbaar. Aanwezigen moeten daarom op de juiste manier gewaarschuwd worden om binnen te schuilen, ramen en deuren te sluiten en ventilatie uit te doen.

- Voor personen buiten is het handelingsperspectief vluchten.
- Indien vluchten niet mogelijk is, is een schuilplaats binnen gaan een goed handelingsperspectief.
- Voor personen binnen is het handelingsperspectief binnen blijven, ramen en deuren sluiten en ventilatie uitzetten.

Maatregelen [per aanvraag beoordelen]

Bronmaatregelen om de kans te beperken:

- Verwijderen van de risicobron;
- Onderzoeken van een alternatieve locatie voor de buurtbatterij;
- Voorkomen van aanstraling van buitenaf (buitenbrand);
- Opnemen van voorschriften in de vergunning om de veiligheid te vergroten (denk bijvoorbeeld aan voorschriften op het gebied van compartimentering, beheer, inspectie, onderhoud, klimaatbeheersing, aanrijdbeveiliging, automatisch uitschakelen van de installatie bij kortsluiting, vroege branddetectie, automatische blusinstallatie, koelingsmogelijkheden, etc.);
- Maak gebruik van de Handreiking Elektriciteit Opslag Systemen en de Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers.

Maatregelen om de effecten te beperken:

- Gebouwen in het effectgebied (laten) voorzien van afsluitbare mechanische ventilatie;
- Voldoende bluswateropvang om vervuiling van het milieu te voorkomen.

Planologische mogelijkheden:

- Opstellen QRA;
- Alternatieve locatie [object] onderzoeken;
- Rekening houden met aanwezigheid kwetsbare gebouwen en de heersende windrichting;
- Vergroten afstand [buurtbatterij] en [object];
- Kwetsbare functies in het effectgebied beperken;
- Personendichtheden verminderen.

Randvoorwaarden voor de hulpverlening:

- Bereikbaarheid [buurtbatterij] borgen;
- Bereikbaarheid [object] borgen;
- Bluswatervoorzieningen voor en opstelplaats(en) bij [object/buurtbatterij] borgen;
- Noodschakelaar aan de buitenzijde van de container om deze uit te schakelen;
- Aanbrengen van storz-koppeling, met overloopvoorziening, om water in de container te kunnen pompen.

Randvoorwaarden voor zelfredzaamheid:

- Risicocommunicatie om risicobewustzijn te vergroten;
- Mogelijkheden om snel en juist te waarschuwen bij het vrijkomen van giftige dampen in het benedenwinds gebied;
- Voldoende mogelijkheden om snel te schuilen door het uitschakelen van de ventilatie in objecten in het benedenwinds gebied;
- Bedrijfsnoodplan en BHV van [object] inrichten en oefenen met scenario giftige dampen.

Maatregelen bij festivals en evenementen:

- Rekening houden met de overheersende windrichting;
- Ingebouwde/automatische bewaking en beveiliging van het systeem. Dus batterij-management-systemen die ingrijpen als stromen te groot worden of als te hoge temperaturen worden bereikt. Daarnaast kan toezicht (op afstand) helpen om bij te sturen als problemen worden geconstateerd;
- Voorbereiding op een incident. Waarbij in ieder geval de snelle evacuatie van het benedenwinds gebied van belang is (tot zo'n 500 meter). Plus bovenwindse toegankelijkheid en bluswater voor de hulpdiensten (1.500 tot 3.000 liter per minuut);
 - Een slimme locatiekeuze is van belang, om onoplosbare dilemma's te voorkomen. Zorg voor voldoende vrije ruimte rondom de batterij;
 - Als er sprake is van meerdere batterij-systemen, zorg dan voor enige afstand tussen de systemen, zodat een incident niet direct escaleert.

Restrisico

De maatregelen zijn gericht op het voorkomen en/of beheersen van een incident met gevaarlijke stoffen. Na uitvoering van de geadviseerde maatregelen blijft een restrisico over.

Incidenten

- Brand in zeecontainer met Lithium-ion batterijen in Drogenbos, België (juli 2018);
- Honderden mensen geëvacueerd na grote brand bij Stella in Nunspeet (11 juli 2018).

Referenties

1. Battery University (www.batteryuniversity.com)
2. DNV-GL, Safety, operation and performance of grid-connected energy storage systems, 2015
3. FM Global, Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion Based Energy Storage Systems, juni 2019
4. <https://www.ifv.nl/kennisplein/Paginas/Themapagina-elektrificatie.aspx>
5. Instituut Fysieke Veiligheid, Infoblad Energietransitie ten bate van veiligheidsregio's, 23 juli 2019
6. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers, 1 juli 2020
7. Netwerk externe veiligheid (www.relevant.nl)
8. NFPA, Sprinkler Protection Guidance for Lithium-Ion Based Energy Storage Systems, juni 2019
9. RIVM, Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie, 2009
10. Scenarioboek externe veiligheid (<https://www.scenarioboek.nl/>), 27 augustus 2019
11. VRR, Handreiking Elektriciteit Opslag Systemen (EOS > 25 kWh Li-ION), januari 2019

Bijlage: Energie Opslag Technologieën³

<i>Technologie</i>	<i>Korte omschrijving</i>	<i>Mogelijke risico's</i>
Broom-Waterstof (flow batterij)	Middellange tot lange energieopslag	Giftig broom Explosief waterstof
Compressed Air Energy Storage	Kortstondige energie impulsen (pieken)	Gevaren door temperatuur tot 177 graden en hoge druk tot 70 bar
Lithium batterijen - Li-ion LIB	De bekendste Li-ion chemie samenstellingen zijn: lithium cobalt oxide (LiCoO ₂) en lithium ion manganese oxide battery (LiMn ₂ O ₄ , Li ₂ MnO ₃ , of LiMnO)	Brandgevaar Fluorwaterstof en zoutzuur gassen Moeilijk blusbaar
Overige typen:		
- Lithium titanaat of LTO	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	Relatief kleine risico's (stabiel)
- Lithium luchtbatterij	Lithium-luchtbatterij	Oxidatie van lithium, niet stabiel
- NCA	LiNiCoAlO ₂	Kans op thermal runaway
- LFP of LiFe(PO ₄)	LiFePO ₄	Relatief kleine risico's (stabiel)
- LCO of ICR	LiCoO ₂	Kans op thermal runaway
- BM-LMP	Lithium metaal polymeer	
Lood batterijen	Ook bekend als SLA en VRLA.	Ontwikkeling waterstofgas (H ₂) bij oplagen Corrosief bij lekkage (H ₂ SO ₄) Electrolyt is niet brandbaar

³ Deze tabel is niet bedoeld als een uitputtend overzicht van alle soorten technologieën en risico's

Natrium-zwavel	Op basis van vloeibaar natrium en zwavel en een vast elektrolyt van aluminium- en natrium-oxide	Brandgevaar (accu is 300 – 350 °C) Corrosieve natriumpolysulfides
Nickel-metaal hydride (NiMH accu)	Oplaadbare batterij van nikkel en een metaalhydride, die lijkt op de nikkel-waterstof-accu.	NiMH accu's gebruiken vaak kaliumhydroxide als elektrolyt
Supercondensatoren	Opslaan elektriciteit in grote elektrostatische velden tussen 2 geleidende platen. Supercondensatoren kunnen elektriciteit snel opslaan en vrijlaten.	Giftige gassen (o.a. fluorwaterstof) bij brand Zeer hoge energiedichtheid en kans op explosies
Vanadium-Pentoxide (flow batterij)	Langdurige opslag, noodstroom	Electrolyt is niet brandbaar Logistieke issues verwisselen V ₂ O ₅ elektrolyt Vanadium is toxisch, kans vrijkomen is klein
Vliegwielen	Een vliegwiel is een roterende massa die met het elektriciteitsnet is verbonden via een motor/generator.	Veel kinetische energie door vliegwielwerking Uitbreken vliegwiel bij mechanische issues
Warmte opslag hoge temperatuur	Verwarming, e-opwekking met turbines	Lekken in warmtewisselaars (legionella) Verbrandingsgevaar Explosiegevaar
Warmte opslag lage temperatuur	Verwarming	Lekken in warmtewisselaars (legionella) Verbrandingsgevaar
Zoutwater batterij	Reservoir gevuld met zoet- en een ander met zout water. Tijdens het opladen stroom nodig om zout	Corrosief zout bij lekken van de batterijen



water te splitsen in zoet en zout water. Bij ontlading meng je zoet en zout water.

Algemeen:

De polymeerbehuizing van alle soorten batterijen zijn brandbaar en dragen bij aan brand als bron van toxische verbrandingsproducten.

Referenties

1. Advanced Technologie for Energy & Power Solutions (ATEPS), Energieopslag Technologieën, 2019
2. WindStock , Eindrapport Topsector Energie , 10 augustus 2017
3. NV-GL, Considerations for ESS Fire Safety, 18 januari 2017

