

# Werkbezoek batterijveiligheid Verenigde Staten



Nederlands Instituut Publieke Veiligheid

Postbus 7010

6801 HA Arnhem

Kemperbergerweg 783, Arnhem

[www.nipv.nl](http://www.nipv.nl)

[info@nipv.nl](mailto:info@nipv.nl)

026 355 24 00

## Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2022

Auteur(s) N. Rosmuller, T. Hessels

Contactpersoon T. Hessels

Datum 22-06-2022

Foto's Tom Hessels, tenzij anders aangegeven

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

# Voorwoord

Een werkbezoek aan de Verenigde Staten, om meer precies te zijn Seattle in de staat Washington, is altijd iets speciaals. De aanleiding was in eerste instantie het congres over veiligheid en betrouwbaarheid van battery energy storage systems (BESS). In principe zou dat congres ook digitaal te volgen zijn geweest, en had ook onze eigen presentatie over een virtual training tool voor Energieopslagsystemen digitaal gepresenteerd kunnen worden. Maar fysieke aanwezigheid biedt soms veel meerwaarde, en dat was in dit geval zeker zo.

We konden onze virtual training tool daadwerkelijk ter plekke demonstreren, en het enthousiasme van de deelnemers direct te vernemen. Daarnaast bood onze aanwezigheid de mogelijkheid om de ontwikkelingen in Seattle en haar omgeving op het gebied van energieopslagsystemen te aanschouwen en te bespreken met de ontwikkelaars. Ten slotte leverde onze fysieke aanwezigheid ook verstevigde relaties op met contacten die we eerder enkel via de computer hadden, of überhaupt niet. En dat levert weer vereenvoudigde ontsluiting van kennis en data op, waar we in de toekomst ons voordeel mee kunnen doen.

De zes werkbezoeken in twee dagen en de twee congresdagen zelf waren derhalve goed bestede tijd. Dit alles was niet mogelijk geweest zonder onze 'gastheer' Matthew Paiss. Matthew, organisator van het congres en werkzaam bij Pacific North-West National Laboratories (PNNL) vroeg in het kader van ons bezoek om onze 'Christmas-list'. Oftewel: wie zouden wij willen spreken en waarover? Hij zette voor ons een prachtig programma in elkaar waarin onze wensen, en nog veel meer, aan bod zijn gekomen. Het verslag van dit werkbezoek en de opgedane kennis staan in het voorliggende document beschreven.

En tot slot was ook de tijd met Tom aangenaam en nuttig. We hadden wat meer mogelijkheden om met elkaar na te denken over veiligheidsvraagstukken, samenwerking binnen het lectoraat, het NIPV en met de veiligheidsregio's. Daarnaast was er natuurlijk ook het sociale aspect: ruim een week met elkaar op werkbezoek levert ook goede privégesprekken op en 'genietmomenten' van de omgeving.

Nils Rosmuller  
Lector Energie- en transportveiligheid

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>3</b>
<b>1 Arlington Microgrid en brandweer Seattle (dag 1)</b>	<b>5</b>
<b>2 Trainingscentrum en laboratoria PNNL (dag 2)</b>	<b>11</b>
<b>3 Congresdag 1: 'Safety' (dag 3)</b>	<b>14</b>
<b>4 Congresdag 2: 'Reliability' (dag 4)</b>	<b>19</b>
<b>5 Vragen en antwoorden Community of Practice Battery Packs</b>	<b>21</b>

# 1 Arlington Microgrid en brandweer Seattle (dag 1)

## Arlington Microgrid

Arlington microgrid is een groot project van 9 miljoen dollar van de regionale netbeheerder ten behoeve van de ontwikkeling van kennis op het gebied van microgrids. Microgrids zijn kleine elektriciteitsnetwerkjes, zowel particuliere als publieke (van de overheid), waarmee onafhankelijk van het landelijke elektriciteitsnet door de eigenaar kan worden voorzien in de eigen elektriciteitsbehoefte. Een dergelijk microgrid bestaat vaak uit zonnepanelen (enkele honderden) in combinatie met een Batterij Energie Opslag Systeem, in Amerika Battery Energy Storage System (BESS) genoemd. Het Arlington microgrid heeft een 2MW batterijsysteem. Op dit moment zijn de microgrids in de VS met name geplaatst bij datacenters, hulpdiensten en overheidsgebouwen. Men verwacht dat het aantal microgrids een grote vlucht gaat nemen, met name voor locaties als ziekenhuizen, brandweerkazernes, gemeentewerven, datacenters, overheidsgebouwen, et cetera. Hierdoor is de locatie rondom het microgrid onafhankelijk van het nationale stroomnet. Daarnaast werken microgrids als een noodstroomvoorziening in geval van aardbevingen of afsluitingen van het elektriciteitsnetwerk door bosbranden.

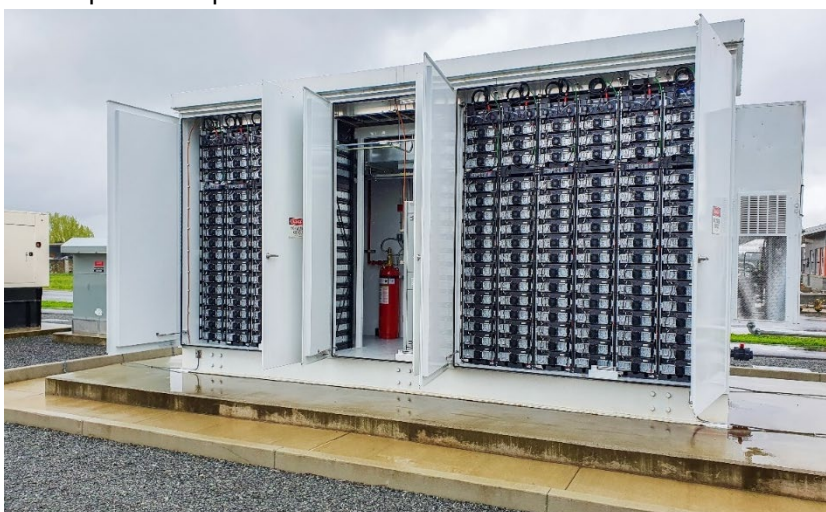


**Figuur 1.1** Impressie van het Arlington microgrid

Wij waren bij het Arlington Microgrid met deskundigen vanuit de elektriciteits- en utiliteitssector en de brandweer (van Seattle en San Diego). We hebben, onder andere in een groepsdiscussie, gesproken over de gevolgen voor veiligheid en incidentbeheersing. De belangrijkste zaken die hieruit naar voren zijn gekomen, staan hieronder opgesomd:

1. De ontwikkeling van een microgrid gaat gepaard met vallen en opstaan: het is een groot leerproces geweest voor de netbeheerder.
2. Kies partners waarmee je goed op kunt trekken en het fijn vindt om mee samen te werken, want, zoals gezegd, het is een traject van vallen en opstaan.

3. Bij BESS-incidenten hanteren de hulpdiensten bij voorkeur de tactiek 'venting for life'. Door goed te ventileren, worden onvoorziene explosies voorkomen. Van het gebruik van veel water zijn ze hier geen voorstander: de schade aan de elektra en milieu- en waterverontreiniging die hiervan het gevolg zijn, immers niet wenselijk. Ventileren om een explosief mengsel en daarmee deflagratie van de rookgassen te voorkomen is daarom het uitgangspunt.
4. Er zijn hier dan ook deuren op de BESS gemonteerd om te kunnen ventileren. Deze deuren worden aangestuurd middels het brandmeldsysteem, dat gebaseerd is op een combinatie van rook- en warmtedetectie. Als back-up kunnen deze deuren ook door de operator van het microgrid of door de brandweer op afstand automatisch geopend worden.
5. Microgrids vragen om goed relatiemanagement van de microgrid-operator (de bedrijfsdeskundige) met de brandweer: de operator kan aangeven wat de onderdelen zijn van het systeem en onderdelen uitschakelen, op basis waarvan de brandweer de inzet tactiek van bepalen. In New York is middels lokale wetgeving aan deze bedrijfsfunctionaris een bepaald kennis- en ervaringsniveau opgelegd.
6. Arlington microgrid is ontwikkeld in samenwerking met de lokale brandweer en verschillende onderzoekslabs. Incidentbestrijding was aanvankelijk geen onderdeel van het project, later echter in aanzienlijke mate.
7. Een 'uitbrandscenario' is in de VS nog wel 'acceptabel' in relatie tot de impact op de omgeving en daarmee een serieuze optie. Een dergelijk scenario is dat in het drukke Nederland echter lang niet altijd.
8. Over HF (waterstoffluoride) bij li-ion branden maakt men zich in de VS wel zorgen, maar de vraag is wel in hoeverre de hoeveelheid HF die daarbij vrijkomt erger is dan bijvoorbeeld een brandend bankstel of conventionele auto.
9. Elektrische voertuigen en branden: uitbranden geniet, net als bij de microgrids, ook hier de voorkeur in de VS. Blusactiviteiten zijn veelal gericht op voorkomen van schade aan het wegdek. In de VS kent men geen dompelcontainers zoals in Nederland.
10. Elektrische voertuigbranden in parkeergarages vormen ook hier een grote zorg, vanwege dezelfde redenen als in Nederland: moeilijke logistiek, lage ruimtes, lange aanvalswegen, et cetera.
11. In relatie tot batterijbranden heeft men in de VS grotere zorgen om 'micro electric vehicles': e-bikes, e-steps en e-scooters die in woningen worden opgeladen en waar amper zicht op is door de brandweer.



**Figuur 1.2** Impressie van het Arlington microgrid

## Seattle Fire Station 25 Energy Response Team

We hebben een oefening bijgewoond van het Seattle Fire Department Station 25 (energy recovery unit). De oefenlocatie bevond zich op het terrein van Seattle Electric Light (het energie bedrijf van Seattle). Deze oefening bestond uit het verstikken van een brand in een 'manhole'. Een dergelijk manhole is 2 meter diep, 3 meter lang en 1 meter breed. In deze manholes, die je overal in de stad aantreft, bevinden zich de transformatorstations en/of schakelkasten. In zo'n manhole werd een incident met een vlamboog geïmiteerd: een offensieve CO<sub>2</sub>-inzet (in 10 seconden met 70 % saturatieniveau) om brand in de ondergrondse ruimte te blussen, terwijl er een 25000 Volt vlamboog stond te knetteren. Het was met name een oefening om nieuw personeel bekend te maken met deze situatie en te laten zien dat elektriciteit in dit geval en bij deze inzetactiek amper gevaar voor de eigen veiligheid oplevert.



**Figuur 1.3 De 25kV-vlamboog**

De inzet bestaat eruit dat het deksel van het mangat wordt gehaald. Met een forse hoeveelheid CO<sub>2</sub>, afkomstig uit een speciaal hiervoor aangeschaft voertuig, wordt het mangat gevuld. Ondertussen wordt een deken over het mangat gelegd ter afdichting. Het moment dat er witte damp onder de deken vandaan komt, betekent dat het saturatieniveau bereikt is: de brand is dan verstikt ofwel geblust. Er wordt tijdens de inzet amper gesproken. Het betreft slechts twee bevelen: 'start CO<sub>2</sub>-instroom' en 'stop CO<sub>2</sub>-instroom'. Er wordt zo weinig gecommuniceerd, omdat veel lawaai met de inzet gepaard gaat.



**Figuur 1.4 Wegtrekken van het putdeksel (links) en benaderen van de put met een CO<sub>2</sub>-lans (rechts)**



**Figuur 1.5 Het brengen van CO2 in de put (links) en afdekken van de put met een deken (rechts)**

Deze tactiek in Seattle is redelijk uniek voor de VS; dit komt omdat in Seattle veel van deze mangaten aanwezig zijn, maar amper elders in de VS. Seattle Electric Light company heeft deze inzet met de brandweer ontwikkeld om de gevolgschade van dergelijke incidenten zoveel mogelijk te beperken. Seattle Electric Light heeft dan ook het specialistische materieel van de brandweer betaald, en stelt faciliteiten ter beschikking voor de oefening. Een bedrijfsbrandweer was voor de netbeheerder geen optie, vanwege de te kleine omvang van Seattle Electric Light. Daarnaast is voor deze tactiek gekozen, omdat het voor Seattle Electric Light in geval van calamiteiten niet mogelijk is de elektriciteit eenvoudig af te sluiten. Er is 'downtown' geen sprake van een eenvoudig netwerk, waarbij, indien men op één plek de stroom af sluit een deel van het achterliggende netwerk wordt uitgeschakeld. Het betreft dan de afschakeling van een heel fors deel van het 'network-grid.' Dit betekent dat de stroom vanaf meerdere kanten op het netwerk komt en afsluiten van slechts een deel van het netwerk een erg lastige operatie is. Hierom is het noodzakelijk om de brandbestrijding op een speciale manier aan te pakken: verstikken terwijl de spanning op het net blijft staan, en daarmee maatschappelijke vervolgschade zoveel mogelijk beperken.

's Middags is een bezoek gebracht aan een microgrid bij een gemeenschapsgebouw in het centrum van Seattle. Dit systeem bestond uit zonnepanelen op het dak van het gemeenschapsgebouw, in combinatie met twee batterijopslagsystemen van elk 500kW. Deze twee batterijen stonden bijna tegen elkaar aan geplaatst. In dit geval was in de BESS geen ventilatie aangebracht, maar wel een actief blusgassysteem dat in werking treedt op basis van rookdetectie én hitte. Het brandweerpaneel zit wel op een lastig te bereiken plek voor de brandweer: achter een gesloten hek dat door de bedrijfsdeskundige van de BESS moet worden geopend en voorbij de BESS zelf. Daarnaast zijn de alarmeringsflitslampen op de BESS vanuit de openbare ruimte (de straat en parkeerplekken ervoor) amper zichtbaar. Tevens zijn de communicatie en opvolging met de bedrijfsdeskundige nog niet georganiseerd. Ook hier zijn dus nog verbeteringen in het ontwerp mogelijk.



We hebben gepraat met de brandweer en de BESS-operator over evacueren bij een incident; het blijkt dat 'uitbrandscenario' wel makkelijk gezegd is, maar dat het niet eenvoudig is om te gaan met alle personen aanwezig in de directe omgeving. De evacuatie van een groot aantal aanwezigen binnen een straal van 100m (het uitgangspunt voor eerste evacuatie) gedurende een langere periode veroorzaakt toch een behoorlijke maatschappelijke impact. Voor dat argument bleken de Amerikanen toch ook wel gevoelig te zijn, net als voor de visie dat zomaar uitlaten branden waarschijnlijk geen aannemelijke optie is.



**Figuur 1.6 Microgrid in Seattle**

Verder hebben we met de aanwezigen veel gesproken over 'second life batterijen' (bijvoorbeeld de batterijen die afkomstig zijn uit de King County-bussen (een busvervoeronderneming in Seattle die circa 1600 elektrische en hybride bussen heeft). Het is cruciaal voor de veiligheid om de 'state of health' (SoH) van dergelijke batterijen te kennen, maar de grote vraag is: hoe bepaal je die? De aanwezigen uitten hun zorgen voor de toekomst van second life batterijen in relatie tot de veiligheid, met name bij toepassingen in woningen.



**Figuur 1.7** Locatie van het microgrid in Seattle



**Figuur 1.8** Microgrid in Seattle met deuren open; rechts onze gastheer Matthew Paiss

## 2 Trainingscentrum en laboratoria PNNL (dag 2)

### HAMMER Federal Training Center

In de ochtend hebben wij een bezoek gebracht aan het HAMMER Federal Training Center in Richland. Richland ligt circa 350 kilometer van Seattle en was tevens de locatie van het congres (en PNNL). Het trainingscentrum biedt diverse trainingsmogelijkheden voor brandweer, politie, ambulance en defensie. Voor de brandweer zijn er verschillende oefenobjecten, waarvan het merendeel te maken heeft met gevaarlijke stoffen, zoals een heftruck en lekkende vaten. Daar kan de brandweer gasgestookt oefenen op brandbestrijdingstechnieken. Ook is het mogelijk hoogterreddingstechnieken te oefenen en met woningbrandbestrijding.



**Figuur 2.1 Oefening met helikopter**

Ook is het opleidingscentrum de opleidingslocatie voor werknemers van de nucleaire faciliteiten in de omgeving van Richland, de [Hanford Site](#). Op het trainingscentrum is het, als een van de weinige plekken in de VS, mogelijk met radioactief materiaal te oefenen. In deze omgeving heeft de ontwikkeling van het 'Manhattan-project' (atoombom) plaatsgevonden (in de jaren 40 van de vorige eeuw); ze gaat dan ook gebukt onder een grote hoeveelheid radioactief afval. Jaarlijks wordt 3 miljard dollar besteed om deze problematiek het hoofd te bieden en het radioactieve afval op te ruimen.

Gelijktijdig met de rondleiding vonden op een naastgelegen faciliteit een training plaats van netbeheerders en een hoogteredding. In de training zat onderhoudspersoneel van hoogspanningsleidingen vast in een hoogwerker, waarvan zij middels een kabel hangende onder de helikopter gered moesten worden. Deze oefening herhaalde zich gedurende de dag enkele tientallen keren (zie ook figuur 2.1 op de vorige pagina).



**Figuur 2.2 Brandobject bij trainingscentrum**

## Bezoek Pacific North-West National Laboratory (PNNL)

PNNL (4500 medewerkers) is een van de vijf door het Ministerie van Energie gesubsidieerde onderzoekslaboratoria. PNNL doet (wetenschappelijk) onderzoek naar diverse facetten gerelateerd aan energie, waaronder nieuwe batterijtechnologieën voor energieopslag. Op dit moment wordt een nieuw testlab voor batterijen gebouwd.

In de middag hebben wij een bezoek gebracht aan het huidige laboratorium voor batterijen. Daarbij kregen wij de diverse (betrouwbaarheids)testen te zien die worden uitgevoerd met verschillende types batterijen: loodzuur, lithium-ion en flow-batterijen. Daarbij werd ons uitgelegd wat de testen inhielden en hoe ze worden uitgevoerd.

Ook heeft PNNL een testlocatie aangelegd om te kijken naar de betrouwbaarheid van second life batterijen. Op deze externe testlocatie, op enige afstand van bebouwing, worden batterijen afkomstig uit de hybride bussen van de Seattle-busvervoeronderneming verder getest. Daarbij worden diverse laadcycli doorlopen om te kijken naar de capaciteitsontwikkeling in de tijd en veiligheidsaspecten van deze batterijen.

Het tweede deel van de rondleiding was bij het Virtual Reality laboratorium van PNNL. Daar werd gedemonstreerd welke tools PNNL heeft ontwikkeld op het gebied van virtueel trainen, zoals het opzetten van een controle voor radioactieve bronnen en het opruimen van nucleair afval in de ondergrondse opslaglocaties bij de Hanford-site. Hierbij hebben we gesproken over de mogelijkheden en toepassingen van virtueel oefenen, bijvoorbeeld met VR-brillen. Als laatste kregen wij een demonstratie van de mogelijkheden van Augmented Reality middels de Microsoft HoloLens.



**Figuur 2.3** In gesprek in het VR lab (Foto: PNNL)



**Figuur 2.4** Demonstraties in het VR lab

# 3 Congresdag 1: 'Safety' (dag 3)

## Vooraf

De presentaties zoals die gegeven zijn op het congres zijn, indien beschikbaar gesteld door de inleiders, online te raadplegen via de [website van het congres](#).

## Opening

De directeur van PNNL, **Jud Virden**, opent het congres en vertelt over hetgeen PNNL zoal doet aan onderzoek. PNNL is een overheidslab dat wordt betaald door het ministerie van Energie, maar kan daarnaast ook door andere organisaties gevraagd worden om onderzoekswerk uit te voeren. PNNL moet naast vaste inkomsten een deel van zijn inkomsten verkrijgen via 'grants' (budgetten waarvoor onderzoeksvoorstellen moeten worden ingediend en waarover geconcentreerd moet worden voor verstrekking).

Zoals hiervoor vermeld, heeft PNNL een batterij-testcentrum waarin allerlei batterijvarianten worden getest: van diverse chemische samenstelling, diverse elektrolytsoorten, en diverse vormen (cilinder, pouch, prisma). PNNL streeft hierbij naar verbetering van de efficiency, levensduur, en kostenverlaging. Daarnaast heeft PNNL een reken- en simulatiecentrum waarmee grid-betrouwbaarheid bepaald kan worden. Ook kunnen hier trainingen uitgevoerd worden met medewerkers van netbeheerders om op de beste manier te leren omgaan met 'black outs'. Deelnemers nemen hun eigen grid mee; dit wordt ingeladen in de simulatie-omgeving, en dan wordt het scenario van de black out op het zelf meegenomen grid geoefend. Ook heeft PNNL een simulatiegroep die onder meer ook virtual reality en augmented reality tools maakt.

Daarna gaat het congres verder met een aantal inhoudelijke key notes. **Imre Gyuk** (directeur van het US Department of Energy (DoE), onderdeel van Energy Storage Systems) geeft de grote ontwikkelingen in de VS weer met betrekking tot BESS. 95 % van de oplaadbare batterijen is li-ion. Binnen dit programma van de DoE staat veiligheid hoog op de agenda. Deze hoge prioriteit is mede 'incident-driven': in 2012 is er een brand geweest bij een BESS op Hawaii. Dit heeft ervoor gezorgd dat veiligheid prioriteit heeft gekregen. Ondertussen dient zich een trend aan die, afhankelijk van de energiebehoefte en periode van levering, tot verschillen in de gekozen batterij-opslag-technologie zal leiden. Dit vanwege het aantal laadcycli, de kosten, opslagcapaciteit, efficiency, et cetera, en daarmee dus de geschiktheid van de batterij voor verschillende toepassingen. De verwachting is dat afhankelijk van de periode van levering van energie de batterijsamenstellingen worden gebruikt die staan weergegeven op de volgende pagina.

Periode van energie levering	Batterijsamenstelling
15 min-4 uur	li-ion
4uur-12uur	Flow batterij
12u-72uur	Thermisch, zwaartekracht

Een belangrijke voorwaarde voor DoE is dat ‘science based safety evaluation techniques’ worden ontwikkeld.

**Terry Boston** gaat in op tal van ontwikkelingen waarbij BESS belangrijk zijn geweest. Denk daarbij aan ruimtevaart (international space station, satellieten). Ook beschrijft hij bij welke toepassing BESS in de toekomst een grote vlucht zal nemen: het in balans houden van het net. Tijdens piekmomenten – de ochtend en het begin van de avond (California duck curve<sup>1</sup>) – kunnen energiecentrales niet snel genoeg bijspringen om aan de grote energievraag te voldoen. Tevens verwacht hij een extra piek rond 11 uur 's avonds: als mensen hun elektrische voertuig weer aankoppelen aan het net om geladen te worden. Dan is directe zonne-energie veelal niet beschikbaar. Energieopslag is daarom een goede en noodzakelijke toepassing om het net te stabiliseren. Terry presenteert daarna de bekende faalmechanismen van li-ion batterijen. Daarnaast blijken deze batterijen ook gevoelig te zijn voor zonestormen en de daarmee gepaard gaande veranderende magneetvelden.

**Michail Pesin** (vice director grid research DoE) gaat in op het belang van verbetering van de betrouwbaarheid van BESS. Microgrids zullen steeds frequenter aanwezig zijn in de VS. De reden daarvoor is dat organisaties en individuen ‘onafhankelijk’ willen zijn van (verstoringen van) het nationale grid, het is goed voor het milieu, goed voor peakshifting en ook vanuit een economisch perspectief. Instanties als de brandweer, politie, ziekenhuizen en datacenters investeren in microgrids. De overheid investeert veel in het ontwikkelen van kennis van microgrids.

### Paneldiscussie

In het panel zitten:

- > Paul Hayes (CEO American Fire Technologies)
- > Louti Florence (principle engineer, UL)
- > Jason Brobuk (director codes bij Solaredge)
- > Lauren Khair (directeur business transformation Electric Cooperation)
- > Bob Davidson (founder Davidson).

Het gaat in deze paneldiscussie over ‘codes’ omtrent de ontwikkeling van BESS. In de VS is veel op het gebied van (brand)veiligheid ‘voorgeschreven’ door middel van ‘performance-based codes’. Gemeentes kunnen deze landelijke codes in hun lokale wetgeving opnemen, maar kunnen er ook van afwijken. Eenieder kan aan deze codes meewerken, of verzoeken tot verandering ervan inbrengen. Deze worden besproken in het code-comité. Uiteindelijk wordt er gestemd over de vaststelling van de code.

Binnen de paneldiscussie wordt ook de zorg over thuisbatterijen uitgesproken en de risico's die hiermee gepaard gaan. Ook wordt gesproken over het ‘gat’ tussen codes, gericht op het

<sup>1</sup> Zie: [https://en.wikipedia.org/wiki/Duck\\_curve](https://en.wikipedia.org/wiki/Duck_curve).

klein houden van incidenten, en de worst case scenario's waar de brandweer soms mee geconfronteerd wordt. Tussen de maatregelen in de codes en dit soort grote scenario's zit soms nog veel ruimte. Codes worden vaak onvoldoende goed gelezen, en derhalve niet goed geïnterpreteerd. Hierdoor bestaat er onduidelijkheid over de vraag in welke situatie maatregelen moeten worden toegepast en waar die op ingrijpen. Tevens maakt men zich behoorlijk zorgen over het gebrek aan voldoende opgeleide mensen om ontwerp- en installatiewerk uit te voeren. Tot slot zijn er forse zorgen over de 'supply chain', namelijk dat benodigde goede materialen niet of niet tijdig beschikbaar zijn voor de ontwikkelprojecten.

Vervolgd wordt met lezingen:

**Adam Jivelekas** (PNNL) presenteert de gedachtes achter de PNNL Gridstorage Launchpad: het nieuwe testlab van PNNL waar batterijen tot 100kW kunnen worden getest. Daarbij gaat hij ook in op het mechanisme van de thermal runaway: chemisch energie in de batterij wordt omgezet in thermische energie.

**Andrzej Skoskiewicz** (Enervenue) gaat in op een specifieke samenstelling van een oplaadbare batterij, te weten de NiH<sub>2</sub> (nikkel waterstof)-batterij. Deze chemische samenstelling is uiterst betrouwbaar gebleken, omdat thermal runaway ermee kan worden voorkomen. Ook de veiligheid rondom waterstof is voldoende geborgd in dit systeem.

**Jacob Mueller** (Sandia) gaat in op een manier om de thermal runaway te beperken. Door de energie in de nabijgelegen cellen van een in thermal runaway geraakte cel weg te geleiden door een snelle ontlading, neemt de kans op propagatie naar en de intensiteit van de thermal runaway in deze 'leeggetrokken' cellen af. Een indicator voor het wegvoeren van die energie is temperatuurverhoging in een module; nog niet duidelijk is waar die energie blijft en hoe dit dan weer de stabiliteit van andere batterijcellen beïnvloedt.

**William Walker** (Kulr) gaat net als de vorige spreker in op 'propagation prevention', met andere woorden: hoe een thermal runaway kan worden beperkt. Hij presenteert een verpakking ('opvouwbare doos') waar je batterijen in op kunt opslaan. Gaan de batterijcellen in thermal runaway, dan zal een vloeistof in de doos vrijkomen die vervolgens de thermal runaway stopt.

**Scott Gibson** (Snohomisch County Public Utility District) presenteert het Arlington microgrid project. Zie hiervoor het verslag van de eerste dag in Seattle in hoofdstuk 1.

**Ofodike Ezekoye** (universiteit van Texas) gaat in op de grote variëteit aan brandontwikkelingen bij li-ion batterijbranden (en de daarbij behorende deflagratie) en de mate waarin de codes hier rekening mee houden. De ene keer is een code conservatief in de aannames voor brandontwikkeling, de andere keer progressief. Dit maakt dat het toepassen van de codes lastig is, en niet zonder meer leidt tot brandveilige ontwerpen.

**Jens Conzen** gaat in op brandpreventiesystemen voor li-ion BESS. Ook hier speelt het voorkomen van de deflagratie een grote rol. Derhalve is ventileren geboden.

**Brian Engle** (Amphenol) bespreekt de diverse mogelijkheden van gasdetectie in BESS. Hij behandelt daarbij onder meer op welke wijze vrijkomende gassen kunnen worden gemeten.

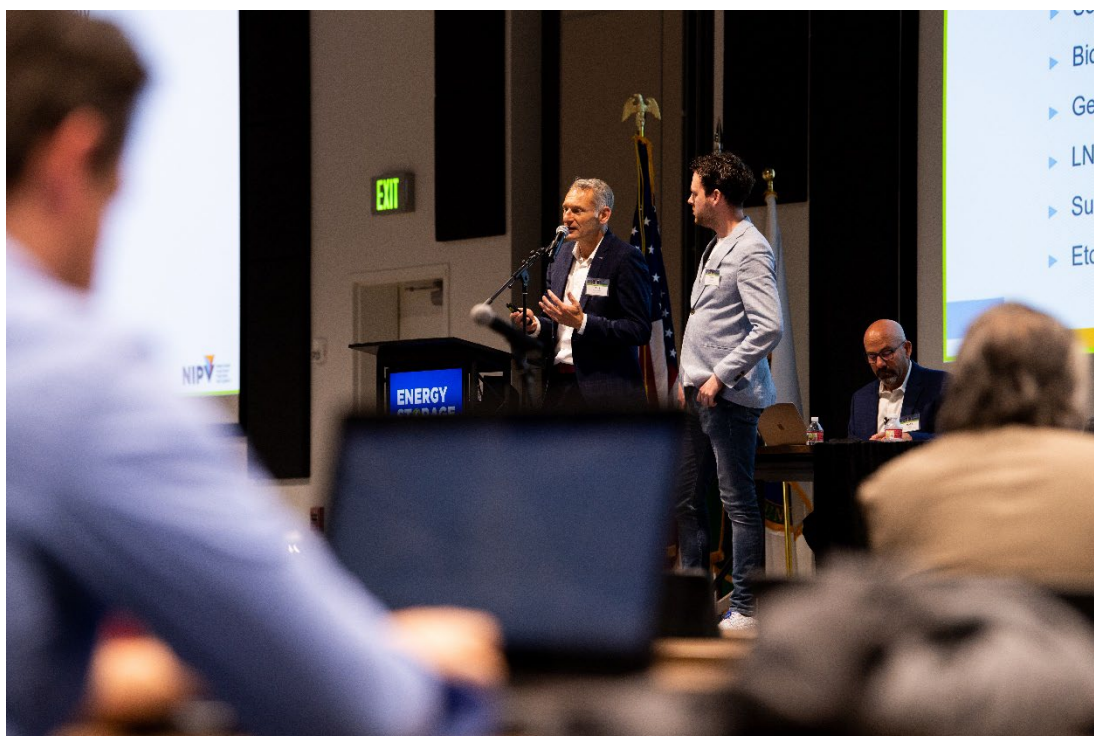


**Victoria Hutchinson** (Fire Protection Research Foundation) gaat in op het consortium dat onderzoek verricht naar de brandveiligheid van energy storage systems.

**Nick Petrakis** (NYFD, energy safety response group) presenteert de specifieke eisen die de staat New York heeft ontwikkeld om de veiligheid van een BESS te 'garanderen'. Zo dient een gecertificeerd technisch bedrijfsdeskundige 24/7 beschikbaar en binnen twee uur ter plaatse te zijn. De FDNY (brandweer) heeft drie codes opgesteld waar BESS-projecten aan moeten voldoen. Op de vraag of een BESS laten branden (in plaats van blussen) voor hem een optie is, luidt het antwoord dat de keuze voor blussen versus laten branden locatieafhankelijk is (waar, hoeveel en wat voor mensen zijn in de buurt van de band?), en ook de gemeten toxische waarden door de 'hazmat teams' een rol spelen.

**Kim Thai** (fire and rescue New South Wales, Australië) presenteert het onderzoeksprogramma dat is ontwikkeld en dat start vanaf juni 2022. Als NIPV hebben we in 2021 ideeën en kennisvragen aangedragen, en staan we reeds in contact met Kim Thai. We financieren niet.

**Tom Hessels en Nils Rosmuller** (NIPV) presenteren de virtual reality training tool voor manschappen voor BESS-incidenten. De tool is een extra wijze om de 'standard operating procedures' (SOP) goede in de hoofden van de manschappen te krijgen. Dat is nodig, omdat BESS steeds meer in de samenleving komen, er weinig oefenobjecten zijn en evenmin mogelijkheden om ze in de koude fase te verkennen en op deze wijze laagdrempelig ervaring op te doen, zonder zelf gevaar te lopen. Eerst krijgen de manschappen een theoretische op de oefenavond over de BESS-incidentbestrijdingsprocedures. Na dit theoretische deel gaan ze, onder begeleiding van een trainer, de virtual training doen. Er zitten vijf BESS-scenario's in de training. De trainer kan zes manschappen tegelijkertijd trainen.



**Afbeelding 3.1 Presentatie van Nils en Tom op het congres (Foto: PNNL)**



Afbeelding 3.2 Presentatie van Nils en Tom op het congres (Foto: PNNL)

# 4 Congresdag 2: 'Reliability' (dag 4)

**Yen Yeh** (Volta Foundation) houdt een 'hoog over' verhaal over nut en noodzaak van een batterijdatabase. Deze batterijdatabase zou inzicht moeten geven in het 'leven' van de batterij (een soort paspoort). Die behoefte is groot en moet geagendeerd blijven worden.

## **Sessie over nieuwe standaarden**

In de sessie zitten:

- > Dr. David Rosewater, Sandia National Laboratories
- > Dr. David Schoenwald, Sandia National Laboratories
- > Dr. Michael Ropp, Sandia National Laboratories and Pacific Northwest National Laboratory.

Deze hele sessie gaat over de ontwikkeling van codes voor het ontwerpen van goed werkende batterymanagementsystemen. In de VS is de code-ontwikkeling een belangrijk proces waar eenieder aan kan en mag deelnemen. Voorstellen kunnen worden ingediend, en daarover wordt door de deelnemers gestemd; een soort democratische manier van code-ontwikkeling dus. Tegelijkertijd gaan hier ook de rafelrandjes van de democratie mee gepaard: als je veel mensen voor of tegen een voorstel mobiliseert, kan je zorgen dat jouw voorstel het 'haalt', of een ander het juist niet haalt.

## **Paneldiscussie over Power Electronics**

In het panel zitten:

- > Dr. Blake Lundstrom, Enphase Energy
- > Dr. Stan Atcitty, Sandia National Laboratories
- > Dr. Michael Starke, Oak Ridge National Laboratory.

Deze hele sessie gaat over de ontwikkeling van codes en producten voor het ontwikkelen van goed werkende power control systemen (PCS). In feite zijn het met name bedrijfspresentaties over producten die een bijdrage kunnen leveren aan BESS-veiligheid door middel van PCS. De presentatie van Starke geeft ook een verdeling in procenten van de van faaloorzaken van BESS.

**Dr. Alyssa McQuilling** (Southern Research) vertelt over het NICE Demonstration Project. Hierin zijn second life Nissan Leaf batterijen gebruikt om degradatiegedrag in beeld te brengen. Gedurende een studieperiode van 3,5 jaar werd een capaciteitsafname waargenomen van ca 1 à 2 % per jaar.

**Danny Ilioiu**, (King County) en **Ed Thomsen** (PNNL) vertellen over hun project rondom het hergebruik van busbatterijen. King County (KC) is de busonderneming voor het ov-busvervoer in Seattle. KC heeft ca 1600 elektrische en hybride bussen in de vloot, die werken met pantograafladen. Daarnaast heeft de onderneming ook trolleybussen. KC heeft een eigen testomgeving voor het veilig laden. De batterijen die voor de bussen niet goed genoeg meer zijn, worden hergebruikt, bijvoorbeeld in microgrid pilotprojecten zoals dat van

de Community Hall (gemeenschapshuis), dat we bezocht hebben op de eerste dag van het werkbezoek.

**Steve Pullins** (AlphaStruxure) komt in zijn presentatie met twee voorbeelden van BESS-microgrids: de busremise Brookville en terminal 1 van JFK-airport New York. De betrouwbaarheid ervan wordt uitgezet tegen de kosten, hetgeen een gunstige business case laat zien.

**Dave Mauer** (TWAICE) houdt hoofdzakelijk een productpresentatie van TWAICE waarmee een simulatiemodel de realiteit modelleert en visualiseert van een 'battery energy storage life cycle'.

**Yun Xue** (ReJoule, Inc.) houdt een interessante presentatie over gebruikte batterijen en hoe we hiermee om kunnen gaan. Daarvoor moet dan wel eerst de 'state of health' (SoH) goed in beeld worden gebracht. Belangrijk mechanisme bij de SoH is de zogenaamde 'knee' (knie): het exponentieel negatieve afbuigpunt waar de capaciteit van de batterij sterk afneemt. De vraag is hoe dat punt betrouwbaar te voorspellen, en hoe dat moment uit te stellen. Yun tracht dit met rekenmodellen en algoritmes in beeld te brengen. Dat is sneller en goedkoper dan allerlei volledige laadcycli doorlopen en te meten. Ze heeft gesimuleerd voor LFP-batterijen met cilindrische, pouch- en prismatische cellen. De simulaties gaan 50 tot 100 keer sneller dan fysieke testen, en gaan gepaard met een (geringe) foutmarge van 2 à 3 %.

**Kai-Philipp Kairies** (ACCURE) houdt een presentatie die eveneens inzicht geeft in de state of health (SoH). Hoe kan worden aangetoond dat een batterijpakket of -module veilig is en wat zijn veiligheidstoestand is, is een van de meest belangrijke vraagstukken in de batterijtechnologie. Ook Kairies tracht met behulp van modellen en algoritmes snel en betrouwbaar inzicht te verkrijgen in de state of health van second life batterijen.

**Dirk Long** (Electric Power Research Institute, EPRI) is de ontwikkelaar en beheerder van de BESS-incident-database. EPRI houdt deze database bij en wil met behulp ervan patronen herkennen en leren van BESS-incidenten. De database is te vinden op: [https://storagewiki.epri.com/index.php/BESS\\_Failure\\_Event\\_Database](https://storagewiki.epri.com/index.php/BESS_Failure_Event_Database).

**Dr. Imre Gyuk** (DoE) houdt de 'closing statement' van de conferentie. Zijn kernboodschap is, dat we nu wel focussen op li-ion batterijen en veiligheid, maar dat de batterijtechnologie zich razendsnel ontwikkelt: er zijn en komen andere typen batterijen en batterijen met een andere chemische samenstelling waar we meer op moeten focussen dan enkel de li-ion batterij. Dr. Gyuk ziet het gebruik van lithium-ion door schaarste met name terugkomen in de automotive sector. Voor grootschalige energieopslag ziet hij de meeste potentie in flow batterijen.

# 5 Vragen en antwoorden

## Community of Practice

### Battery Packs

Voorafgaand aan ons werkbezoek hebben we de leden van onze community of practice battery packs gevraagd welke vragen zij beantwoord wilden hebben door middel van ons werkbezoek. Per categorie vragen hebben we zoveel mogelijk per individuele vraag antwoord gegeven.

#### Algemeen

##### Vraagsteller:

In hoeverre kan/wordt er druk op de (Aziatische) fabrikanten uitgeoefend om de productie van accupacks (die voor thermal-runaway-reacties gevoelig zijn) in te dammen en op veiliger alternatieven over te gaan?

*Antwoord: Er vinden wereldwijd diverse ontwikkelingen plaats, zoals op het gebied van flow-batterije, onder meer vanwege de beperkte hoeveelheid beschikbare grondstoffen voor lithium-batterijen. Het veiliger maken van lithium-ion is bijna niet mogelijk. Er wordt bij PNNL van uitgegaan dat dit bijna een onoverkomelijk risico is.*

##### Vraagsteller:

Kennen zij ook elektrische scheepvaart? Hoe gaan ze daarmee om?

*Antwoord: Er worden ferries ontwikkeld die elektrisch varen, vergelijkbaar met die in Noorwegen. Er is nog niet bekend wat de veiligheidsmaatregelen zijn waarmee deze worden uitgerust.*

##### Vraagsteller:

Hoe zijn in de VS de ontwikkelingen met betrekking tot EOS'en in de scheepvaart en op bouwplaatsen?

*Antwoord: Er worden ferries ontwikkeld die elektrisch varen, vergelijkbaar met die in Noorwegen. Er is nog niet bekend wat de veiligheidsmaatregelen zijn waarmee deze worden uitgerust. Bouwplaatsen zijn niet ter sprake gekomen.*

##### Vraagsteller:

Wisselen de substantie van de vrijkomende gassen bij brand afhankelijk van de SoC?

*Antwoord: Deze wisselen:*

*Nevertheless, the main components of the gases produced by the batteries including CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> were almost unchanged. Furthermore, CO<sub>2</sub> and CO account for a large portion at any state of charge (SOC), and as the SOC increased, the CO<sub>2</sub> concentration decreased, the CO and CH<sub>4</sub> concentration increased, and total hydrocarbons varied between 20 and 30%.*

Bron: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.0c03713>.

## Risico's en omgeving

### Vraagsteller:

Ik zou wel benieuwd zijn of en in welke mate overheden daar risico's met betrekking tot EOS'en in beeld hebben.

*Antwoord: Wat wij hebben gemerkt is dat regionale nutsbedrijven en brandweerkorpsen de risico's relatief goed in beeld hebben. Lokale overheden kunnen daarbij leunen op NFPA- en UL-codes om de batterijsystemen veilig op te leveren. Dit zijn echter geen verplichtingen.*

## Blussysteem

### Vraagsteller:

Waar ik erg benieuwd naar ben, is welke type blussysteem zij hanteren.

- > Is het sprinkler? Zo ja op basis van welke norm?
- > Wordt het een schuiminstallatie? Welk type schuim wordt dan toegepast en zijn daar testen van?
- > Aerosol? Ik ben überhaupt benieuwd of ze dit kennen en wat zij ervan vinden.

### Vraagsteller:

Hebben zij ervaringen met verschillende soorten blusmiddelen / blussystemen? Novec1230, CO2 et cetera. Adviseren zij ook storzkoppelingen?

*Antwoord op beide bovenstaande vragen:*

*Nagenoeg alle systemen zijn hier bekend. Wat men hier adviseert is een combinatie van systemen:*

- > *Snelle detectie in combinatie met aerosol (Novec1230 of FM200) en ventilatie uitgeschakeld. Dit om vlammen neer te slaan van bijvoorbeeld een brand in elektrische bekabeling.*
- > *Vervolgens venting for life: maximaal ventileren om explosies te voorkomen en gecontroleerd uit laten branden. Bij voorkeur met een systeem waarmee deuren automatisch openen. Dit geeft ook zicht op het incident.*
- > *Indien nodig, na geopende deuren, met straal van buitenaf spuiten om naburige modules te koelen.*
- > *Waar nodig gebruikmaken van sprinkler, bij voorkeur op moduleniveau. De sprinkler kan droog zijn uitgevoerd. Dit ziet men vaak alleen als er niet maximaal geventileerd kan worden middels deuren openen.*

*Water wordt gezien als een middel met voor- en nadelen. Voordelen: veel koelend vermogen en het voorkomt uitbreiding naar andere modules / cellen mits goed opgebracht. Nadelen: milieuschade door vervuild bluswater, er is veel water nodig vanwege de geringe koefficiëntie, en het water is zeer beperkt effectief als het de module en cel niet bereikt. Ook neemt water het explosierisico niet weg.*

## Incidentbestrijding

### Vraagsteller:

Ik ben wel benieuwd hoe zij omgaan met de netbeheerder(s) mogelijk uitschakelen / veiligstellen van de netaansluiting van de EOS.

*Antwoord: Afschakelen in transformatorhuis of de schakelkast van de buurtbatterij (hier in de VS veelal buiten de ESS geplaatst).*

### Vraagsteller:

Welke inzetmogelijkheden heeft de brandweer en hoe doen ze dat?

### Vraagsteller:

Ook ben ik wel benieuwd naar de geijkte incidentbestrijdingstactieken en strategieën.

*Antwoord op beide vragen:*

*De preferentie inzettactiek is venting for life: maximaal ventileren om explosies te voorkomen en gecontroleerd uit laten branden, en daarbij de impact op de omgeving te beperken. Als dat betekent: actief bestrijden voor het beperken van de impact op de omgeving is dat een mogelijkheid.*

### Vraagsteller:

In de handleiding voor veilig optreden nabij elektriciteit gaan we uit van het volgende.

1. Een EOS wordt door de brandweer niet betreden (of gesloopt), tenzij onder toezicht van een deskundige.
2. Gebruik van een sproeistraal in de directe nabijheid van een EOS is toegestaan (uit het oogpunt van elektrocutie – even los van risico's van rook en steekvlam).

Zou jij eens willen toetsen of men daar in de USA ook zo over denkt. Zo niet – waarom?

Het liefst kom ik zelf in contact met de deskundige of de mensen die er anders over denken.

*1: Naar binnen gaan wordt vanwege risico op explosie ten strengste afgeraden.*

*2: Ze geven aan dat het volgens UL-FSRI research mogelijk is een sproeistraal te gebruiken.*

### Vraagsteller:

Ik denk dat het stukje over binnentreding belangrijk genoeg is om nog wat verder uit te lopen. Uitgangspunt in Nederland is niet naar binnen, maar het wordt enigszins grijs gebied als het een omvormerbrand is. Of als de opslag zich onder een ziekenhuis bevindt.

*Antwoord: Naar binnen gaan zien zij bij een batterijbrand niet als een mogelijkheid vanwege het explosierisico. Omvormerbrand lijkt hier in de VS geen goed uitgewerkt scenario te zijn: ze zeggen dat het blusgas deze branden dooft, maar geven aan dat er voor binnentreden in die situaties sprake is van een grijs gebied. Zij worstelen ook met deze vraag.*

### Vraagsteller:

PNNL, EOS en Brandweer:

Ik zou willen vragen of we een inkijk mogen hebben in hun risicoafweging (RI&E) en welke beschermende maatregelen zij (PPE and tactical) treffen. Dergelijke zaken zijn voornamelijk uitgeschreven en ben daar benieuwd naar.

*Antwoord: Bij brandbestrijding: regulier ademlucht.*

*Bij werken aan batterijen in testlab: veiligheidsbril en waar nodig handschoenen.*

**Vraagsteller:**

Ik ben wel benieuwd of daar een gestandaardiseerde incidentbestrijdingsaanpak is van EOS-branden. In Haaglanden wil men het BAS-team laten uitrukken en is men nu aan het kijken met cobracutters et cetera. Ik heb het idee dat je juist niet die ruimtes in moet gaan en straks met een goede PGS 37-1 zou dat ook niet nodig moeten zijn. Afijn nog wat mitsen en maren. Hoe doen ze dat in Amerika?

*Antwoord: Venting for life: maximaal ventileren om explosie te voorkomen en gecontroleerd uit laten branden. Daarbij de impact naar de omgeving beperken. Als dat betekent: actief bestrijden van de brand in de ESS om daarmee de impact op de omgeving te beperken is dat een mogelijkheid.*

## Thuisaccu's

**Vraagsteller:**

Zou je kunnen informeren hoe zij omgaan met de plaatsing van de thuisbatterijen, en specifiek wat de voorschriften zeggen?

*Antwoord: Regelgeving is lokaal maatwerk, maar men kan gebruikmaken van de UL9540 als eis voor de batterijen.*

**Vraagsteller:**

Ik ben vooral benieuwd hoe ze daar aankijken tegen second-life-gebruik van EV-batterijen in woningen.

*Antwoord: Er zijn zorgen over de State of Health (SoH) van second life batterijen in thuis-opslag of überhaupt in opslag. Er worden nu testen en onderzoek gedaan om te kijken hoe deze SoH bepaald kan worden.*

**Vraagsteller:**

Ik ben benieuwd of zij inzicht hebben in branden in thuisbatterijen (vooral in bos(brand)gebieden geliefd) en de ervaringen met de aanpak ervan. Worden de merken ervan geregistreerd? En de brandoorzaken?

*Antwoord: Ze zien de branden gebeuren, maar er is geen database en registratie van. Ook is hun incidentbestrijdingsaanpak onbekend.*

## Overig

**Vraagsteller:**

Ik ben erg benieuwd hoe brandweer in de USA elektrische voertuigen (EV) met een instabiel batterijpakket benadert en of het nablussen of terugkoelen wordt overdragen aan een berger. Is deze procedure gelijk aan die in Nederland? Worden aanvullende eisen gesteld aan bergers?

*Er is in de VS nog geen geschikte procedure voor de afhandeling van EV. Er zijn meerdere branden bij bergingsbedrijven in de VS geweest. Op dit moment is het uitgangspunt in de VS om de EV uit te laten branden. Reden om te blussen zou zijn de schade aan het wegdek te beperken. Ze werken niet met 'dompelcontainers'.*



**Vraagsteller:**

In het Rotterdamse zijn we (ook) al een poosje bezig met zonnepanelen op loodsen met gevaarlijke stoffen. Onlangs zijn, bij wijze van pilot, 2 vergunningen verleend voor panelen op PGS15-loodsen. Uiteraard zijn hier de nodige voorschriften aan verbonden, maar de kans bestaat dat er alsnog een brand uitbreekt met alle gevolgen van dien.

Uitschakelen op paneel-niveau is praktisch niet mogelijk en een uitbrandscenario bij een loods met gevaarlijke stoffen is vaak geen optie, omdat dit een extra dimensie heeft ten opzichte van overige loodsen. Als allerlaatste redmiddel wordt dan de brandweer gealarmeerd en staan we er met de wetenschap dat we zeer terughoudend moeten optreden bij zonnepanelen op daken in verband met gevaar voor onder andere elektrocutie. Hoe gaat men hier in het buitenland mee om?

*Antwoord: Dit is niet ter sprake gekomen.*