

Verslagen 2025

Internationale congressen

Energie- en transportveiligheid



Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
088 274 74 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2026

Auteur(s)	A. Bruinstroop, T. Hessels, T. Payens, J. Reinders, N. Rosmuller, M. Spoelstra
Met medewerking van	D. Kuijer-Slobbe
Contactpersoon	N. Rosmuller
Datum	Februari 2026
Foto's	NIPV

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

Voorwoord

Vorige jaar deden we het, en ook nu weer: het delen van de kennis die we hebben opgedaan bij onze internationale kennisuitwisselingen op wetenschappelijke congressen. We presenteerden ons eigen werk en leren van anderen.

Vorig jaar gaf ik op dezelfde plek al aan dat internationaal congresbezoek op meerdere fronten bijdraagt aan de invulling van de taken van mijn lectoraat. Ten eerste presenteren we ons werk aan andere experts en krijgen hier reacties op. Ten tweede spreken we de collega-onderzoekers in binnen- en buitenland (netwerk) en weten we op deze wijze wat er bij hen speelt en wat de stand van zaken is op het gebied van veiligheidskennis omtrent transport en de energietransitie. En ten derde ontsluiten we zo kennis (van ons zelf, maar ook van anderen).

De kennis die we in 2025 hebben opgedaan op internationale congressen/kennisbijeenkomsten willen we met de voorliggende rapportage (gebundeld) ontsluiten. Hiermee geven we invulling aan de ontsluiting en verdere verspreiding van kennis, en ook niet onbelangrijk, leggen we verantwoording af over onze buitenlandse activiteiten.

Nils Rosmuller, lector Energie- en transportveiligheid bij het NIPV, februari 2026

Inhoud

1	Werkbezoek Technisch Instituut voor Brandbeveiliging	5
2	The Battery Safety Conference	12
3	Fire in Vehicles	16
4	International Symposium on tunnel safety and security	22
5	Loss Prevention	25
6	FABIG Technical Meeting	33
7	Verslag SFPE congress Lissabon	36

1 Werkbezoek Technisch Instituut voor Brandbeveiliging

Datum: 7-9 januari 2025

Locatie: Praag

Auteur: Arjan Bruinstroop (NIPV), Tom Hessels (NIPV) en Teun Payens (VRH)

Dag 1: Werkbezoek brandweer Praag

Deze eerste dag van dit werkbezoek ontvangt Ondřej Suchý, directeur van het 'Technical Institute of Fire Protection in Prague (TIFP)' ons. Het doel van het werkbezoek is met name gericht op het uitwisselen van kennis en informatie rond het optreden bij branden in elektrische voertuigen, specifiek het gebruik van uhd-systemen¹ bij ev-branden waarbij het accupakket betrokken is. Vandaag staat een bezoek aan brandweerkazerne Holešovice op het programma. Eén van de drukste kazernes met een gloednieuw gebouw. Deze kazerne was betrokken bij een interessant incident, een brand in een elektrisch voertuig in een ondergronds parkeergarage waar je enkel met de auto via een lift naar boven en beneden kan. EV Fire Safe heeft hier het volgende artikel over geschreven:

<https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-incident-management-case-study-from-prague>

Op de kazerne werden we ontvangen door generaal Ludek Prudil, de leidinggevende over alle kazernes in Praag. Hij gaf een presentatie over de organisatie van de brandweer, hoe opgetreden wordt bij branden in elektrische voertuigen en hoe tijdens het hierboven aangehaalde incident is opgetreden. Tot slot kregen we een rondleiding door de kazerne, inclusief een demo van het verplaatsen van voertuigen en de daarvoor in te zetten middelen. Een aantal dingen die met name opvielen:

- > In 2022 was Tsjechië voorzitter voor de EU. Daarbij werd met name met elektrische voertuigen gereden en zo ontstond de noodzaak om kennis, procedures en spullen te ontwikkelen voor repressie.
- > De brandweer in Tsjechië draagt verantwoordelijkheid voor zowel repressie als het bergen van voertuigen uit parkeergarages. Om deze reden beschikt de brandweer over allerlei materieel: grote en kleine bergingsvoertuigen om mee te kunnen slepen en 'skates/carts/dolly's' die onder elk wiel van een personenauto kunnen worden gezet waarna ook met de hand een voertuig kan worden verplaatst. In Nederland is de berger regulier verantwoordelijk voor de berging van voertuigen uit parkeergarages.
- > In Praag is een uhd-systeem veel meer onderdeel van de basisbepakking, het is de meest vertrouwde tool voor de brandweer als het gaat om het inbrengen van water in een accupakket.

¹ ultrahogedruk snij- en blussystemen

- > Bij de brand in de parkeergarage is een effectieve uhd-blussing uitgevoerd om het accupakket, dat in thermal runaway was, te blussen. Daarbij was dit incident bijzonder complex, zo paste de auto door de geplaatste 'skates/carts/dolly's' niet meer in lift omdat die te breed was. Veel andere operationele ervaringen met UHD-inzetten op accupakketten hebben ze bij de brandweer nog niet opgedaan.
- > Naast het bergen van voertuigen uit parkeergarages is de brandweer in Tsjechië ook verantwoordelijk voor de afvoer van verontreinigd bluswater. Wij zijn tevreden met de wijze waarop het in Nederland is geregeld.



Van links naar recht:
General Ludek Prudil, Teun Payens (VRH/brw NL), Tom Hessels (NIPV), Arjan Bruinstroop (NIPV), Ondrej Suchý (TIFP)



Foto boven:
bergingsvoertuig



Foto links:
'skate/cart/dolly'

Dag 2: Het Technisch Instituut voor Brandbeveiliging

Tijdens ons bezoek aan het Technisch Instituut voor Brandbeveiliging in Praag zijn verschillende onderwerpen behandeld, waaronder de samenwerking tussen nieuwe ontwikkelingen, onderzoek, en de inzet van brandweerpersoneel. De presentatie werd verzorgd door Ondrej Suchý, samen met Tom, Teun en Arjan. Zij maakten de koppeling tussen onderzoek, het werkveld van brandweer Nederland en het onderwijs.

Presentaties

In de presentatie werd het belang benadrukt van samenwerking tussen diverse regio's en de brandweeracademies. Ondrej Suchý gaf een overzicht van de organisatie, die onderverdeeld is in vier secties:

- Research and development
- Brandweer technische expertise, certificering en keuring
- Certificering van brandpreventiematerialen en -middelen
- Bedrijfsvoering en HRM

Het Instituut richt zich op verschillende aspecten van brandveiligheid, zoals certificering, onderzoek en ontwikkeling, testen en brandonderzoek. Met name ook op het gebied van

brandweermaterialen zoals voertuigen, schuim, slangen e.d. t.b.v. het operationele optreden van de lokale brandweerkorpsen in het land. Zonder een goedkeuring mag het wettelijk niet gebruikt worden in Tsjechië. Dit werd ondersteund door een lab dat ook commercieel wordt gebruikt voor het testen van brandbestrijdingsmaterialen, apparatuur en andere vraagstukken.



Het instituut voert testen uit voor diverse brandbestrijdingssystemen, zoals brandweervoertuigen, slangen, brandblussers en technische materialen. Het heeft daarnaast expertise in de technische aspecten van brandonderzoek en ondersteunt de politie bij de documentatie van brandincidenten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van geavanceerde systemen voor het vastleggen van sporen en oorzaken van brand. Dit is voornamelijk gericht op brandonderzoek.

Onderzoek en Innovatie

Het Technisch Instituut werkt nauw samen met universiteiten om modellen te ontwikkelen voor complexe brandonderzoeken, bijvoorbeeld Computational Fluid Dynamics (CFD)-modellen, die worden gebruikt voor het onderzoeken van branden in open ruimtes en/of gebieden. Een voorbeeld hiervan zijn bossen, wat veel meer variabelen met zich meebrengt dan branden in gesloten ruimtes.



Locatie waar fluorvrij schuim werd getest.

Er werd ook gesproken over de energietransitie en de nieuwe taak van de brandweer om te kunnen omgaan met de opkomst van elektrische voertuigen (EV's). Het Instituut heeft zich gepositioneerd als een belangrijke speler in het testen en ontwikkelen van veiligheidsmaatregelen rondom EV's, waaronder de risico's van batterijen bij branden.

Net als het NIPV plaatst het instituut resultaten van het onderzoek op zijn website. Opdrachten voor het uitvoeren van onderzoeken kunnen van diverse partijen komen, zoals politie, externen, maar voornamelijk vanuit de director Generaal, commandant van de brandweer.

Het implementeren van nieuwe kennis en procedures binnen brandweerorganisaties blijkt een complex proces, vooral in Nederland. In Tsjechië, waar de brandweer centraal georganiseerd is met één hoofddirectie, verloopt dit doorgaans eenvoudiger. Als deze centrale leiding betrokken is, kunnen nieuwe richtlijnen en kennis direct worden doorgevoerd. Nederland daarentegen kent 25 regio's, waardoor uniforme implementatie veel uitdagender is en vaak discussie vereist.

De situatie in Nederland wordt gekenmerkt door een cultuur waarin veel ruimte is voor debat en afstemming. Waar in Tsjechië één uniforme verzameling werkprocedures voor de gehele brandweer wordt gehanteerd, worden in Nederland aanbevelingen gedaan die vervolgens regionaal moeten worden geïmplementeerd. Hoewel er hulpmiddelen beschikbaar zijn, zoals handboeken en online procedures, vraagt het proces om bredere acceptatie en betrokkenheid van alle partijen. Er is daarnaast aandacht voor kortere en praktische procedures, die toegankelijk zijn voor alle medewerkers en als basis dienen voor verdere training.

Onderzoeksgedreven Aanpak

Onderzoeken en opdrachten komen in Tsjechië veelal voort uit directe vragen van de Director General en worden uitgevoerd op basis van behoeften vanuit het werkveld. Dit omvat onder andere:

- > Het analyseren van monsters in laboratoria, afkomstig van branden en incidenten.
- > Brandonderzoek gericht op oorzaken en gevolgen, met specifieke aandacht voor ventilatie en luchtstromen in bijvoorbeeld garages.
- > Branden in natuurgebieden en de unieke uitdagingen die deze met zich meebrengen.
- > Het gedrag van materialen bij kritieke situaties, zoals explosies.

Deze opdrachten vereisen vaak geavanceerde kennis en samenwerking met universiteiten. Vooral bij complexe structuren, zoals open natuurgebieden, is er behoefte aan multidisciplinaire expertise. Het modelleren van deze scenario's vraagt bijvoorbeeld ook om biologisch inzicht, vanwege de vele variabelen die aanwezig zijn in een natuurlijke omgeving.

Uitvoering

Met slechts dertig medewerkers in dienst is het voor het Tsjechische instituut onmogelijk om op alle gebieden expertise op het hoogste niveau te garanderen. Hierdoor is samenwerking met universiteiten en andere externe partijen essentieel om kennis op te halen en te benutten. Dit benadrukt het belang van een breed netwerk en kennisdeling binnen en buiten de organisatie.

Er werd veel aandacht besteed aan het omgaan met branden in elektrische voertuigen en de gevaren die verbonden zijn aan de batterijen. Men is bezig met het ontwikkelen van een document over de risico's van EV's. Het handboek begint met een gedetailleerde beschrijving van de bouw en werking van EV's. De volgende onderwerpen worden hierin behandeld:

- > Algemene beschrijving van batterijen: Een uitleg over de typen batterijen die worden gebruikt in elektrische voertuigen, hun chemische samenstelling en werking.
- > Beschrijving van de elektrische auto en specifieke onderdelen: Waar bevinden zich de cruciale componenten, zoals de batterijmodules en laadpoorten, en hoe zijn deze te identificeren tijdens incidenten?
- > Identificatie van EV's: Hoe herkent men een elektrisch voertuig en de batterijstatus tijdens een interventie? Dit omvat methoden om veilig te werken met de unieke kenmerken van EV's.
- > Brandbestrijding: Richtlijnen voor het omgaan met branden in EV's, inclusief speciale aandacht voor procedures die gericht zijn op het minimaliseren van risico's.
- > Manipulatie van het voertuig: Praktische handvatten om voertuigen veilig te verplaatsen of te stabiliseren na een ongeval.
- > Statistieken: Feiten en cijfers over incidenten met EV's, om de aard en frequentie van deze incidenten beter te begrijpen en te plaatsen in de context van traditionele voertuigen.

Beschrijving van Risico's

Elektrische voertuigen brengen specifieke risico's met zich mee, die in het handboek worden toegelicht:

- > Mechanische risico's: Schade aan de batterijmodules door een botsing of impact kan leiden tot gevaarlijke situaties, zoals lekkages of interne kortsluiting.
- > Kortsluiting: Interne of externe kortsluiting kan leiden tot oververhitting en brand.
- > Elektrocutie: Hoewel de kans op elektrocutie door een ongeval zeer klein is, worden richtlijnen gegeven om veilig te werken met hoogspanningssystemen.
- > Thermal runaway: Het fenomeen waarbij een batterij zichzelf oververhit en vlam vat. Dit wordt beschouwd als een van de grootste uitdagingen bij EV-brandbestrijding.

Bestrijding van Branden

Het handboek biedt praktische adviezen voor het bestrijden van branden in elektrische voertuigen. Hierbij worden specifieke methoden en technologieën besproken:

- > Als EV staan aangesloten op een laadpaal
- > Als EV op de openbare weg staan
- > Als EV in een parkeergarage staan
- > Als EV of accu's op transport staan, of in een fabriek/vrachtwagen

Voor het bestrijden van een EV-brand op een openbare weg, is minimaal 12m³ water nodig en een dompel container. Is een batterij betrokken tijdens transport, zoals in een vrachtwagen o.i.d., dan is er meer water nodig, rond 20m³, en ook meer mensen.

Belangrijk aandachtspunt bij het bestrijden van een EV-brand is verontreiniging van het bluswater, materialen en ook brandweerkleding. Afhankelijk van de state of charge kan dit leiden tot een pH van 12.

Een Tesla-studie liet het volgende zien:

- > Op 1 miljard km met EV zijn er 5 branden
- > Op 1 miljard km met verbrandingsmotoren zijn er 55 branden

Identificatie van een EV is een belangrijk onderdeel, zowel bij brandbestrijding als bij technische hulpverlening (THV). Hier hebben Nederland en Tsjechië dezelfde procedure, alleen is een EV in Tsjechië herkenbaar via een kentekenplaat waar de letters 'EL' op staan.

Het gebruik van de emergency plug is ook een onderdeel van de inzetprocedure voor EV. We hebben gesproken over het deactiveren van de EV, en nut en noodzaak van het aanzetten van het gevaarlicht. Als het gevaarlicht uit gaat, weet je zeker dat het voertuig stroomloos

is. Het onbedoeld in beweging komen van het voertuig is ook daar een groot risico voor hulpverleners en omstanders.

Op het gebied van THV ziet men nauwelijks grote risico's. Het gevaar voor elektrocutie is zeer klein, eigenlijk verwaarloosbaar. Belangrijk is om met THV-gereedschap de EV-accupakketten niet te beschadigen, dan kan er gevaar zijn op een thermal runaway. Ook bij DEKRA crashtesten van > 80 km/h was er ondanks een verwrongen kooiconstructie en batterij geen brand uit gebroken.

Het gebruik van een warmtebeeldcamera (WBC) tijdens een THV is noodzakelijk. Als gevolg van een zware aanrijding kan het batterijpakket beschadigd zijn, een kritische temperatuur van > 80 graden leidt tot een thermal runaway. Dit is voor hen ook al een indicator voor de inzet van de cobra. Het gebruik van de WBC kan voordelen hebben, maar het beeld is dat als gevolg van isolatie van de auto, met name de bodem en de gebruikte materialen een temperatuurverhoging naar 80 graden nauwelijks waarneembaar is. Belangrijk is dan om signalen zoals geurwaarneming, rook, geluid e.d. als mogelijke triggers voor een thermal runaway te zien. Voor Nederland is dit nog wel een aandachtsgebied om beter te borgen in procedures en trainingen.

Wetenschappelijk onderzoek toont aan dat de kans op elektrocutie door een ongeval vrijwel uitgesloten is, wat geruststelling biedt aan hulpverleners. Het Instituut heeft een systeem ontwikkeld voor het ontladen van EV-batterijen, wat zich momenteel in de patentfase bevindt. Deze technologie vermindert de kans op explosies en stelt de brandweer in staat om veiliger in te grijpen.

Dag 3: Werkbezoek Skoda auto's

De derde dag van onze reis in Tsjechië stond in het teken van een werkbezoek aan de fabriek van Skoda auto's, specifiek de bedrijfsbrandweer. Hier werden wij ontvangen door Zbyšek Orzech, hoofd van de bedrijfsbrandweer. Hij gaf ons een presentatie over Skoda auto's in het algemeen en vervolgens over de inzetprocedure van de bedrijfsbrandweer in relatie tot de thermal runaway in het batterijpakket.

Skoda heeft diverse brandtesten uitgevoerd met volledig elektrische voertuigen en met losse batterijpakketten. De heer Orzech liet hiervan diverse beelden zien. De brandweer hanteert bij een brand een twee fasen-aanpak, vergelijkbaar met ons uhd-brandproef onderzoek:

- > De eerste fase is een knock down van de voertuigbrand: dit kost ze ongeveer een minuut.
- > De tweede fase is inzet van een UHD-blussysteem, de Coldcut Cobra in hun geval: dit kost ze circa tien minuten.

Ze geven aan dat geluid, rook en geur de beste indicatoren zijn van een thermal runaway. De warmtebeeldcamera geeft ook een indicatie, maar daar moet minder waarde aan worden gehecht dan de andere drie indicatoren. Dit omdat de WBC de nodige beperkingen kent.

In de testen die Skoda heeft uitgevoerd hebben ze, na inzet van de Coldcut Cobra, in geen enkel geval herontsteking van het batterijpakket gezien. Daarnaast geven ze aan dat in hun ervaring het UHD-blussysteem met een debiet van 60 L/min effectiever is dan 30 L/min. Ook vertellen zij dat een inzet vanaf de zijkant van de batterij met het UHD-blussysteem minder

handig is. Hier is de beplating van de batterij dikker en daardoor moeilijker te penetreren. Daarnaast is de ervaring dat water, schuim of CAFS² allemaal een vergelijkbaar effect hebben wanneer je dit in het accupakket weet in te brengen. Een klein detail: de bedrijfsbrandweer van Skoda beschikt over meer dan 10 Coldcut Cobra's. Bij de testen met losse batterijen is er ook met verschillende State of Charges (SoC) getest: 30% en 60%. Bij 30% SoC waren er aanzienlijk minder effecten waarneembaar. Ook de temperatuur van de batterij was daarbij van belang: een opgewarmde batterij, bijvoorbeeld omdat deze door een brand in zijn geheel is aangestraald, geeft een heftigere reactie dan een 'koude' batterij. Ook heeft de bedrijfsbrandweer de sprinkler getest in relatie tot een batterijbrand: de sprinkler is daarbij in staat uitbreiding te voorkomen, maar niet in staat de brand te doven.

Ook is het Nederlandse onderzoek besproken. Bij Skoda waren ze onder de indruk over hoe wij omgaan met het explosierisico. Daarnaast waren ze erg geïnteresseerd in de wijze waarop wij de thermal runaway hebben ontstoken. Achteraf hoorden we dat Skoda een groot aantal internationale bezoekers ontvangt, maar wij de eerste groep waren van wie ook zij iets hebben kunnen leren.

Skoda beschikt daarnaast over een brandonderzoeksteam. Zij kunnen na een brand ter plaatse gaan en onderzoek doen. Ook kunnen zij de batterij waar nodig onder het voertuig vandaan halen. Dit doen zij in ongeveer een minuut.

Naast de testen op het gebied van de inzet van een uhd-team bij een batterijbrand, heeft men ook veel ervaringen in het uitvoeren van bevrijdingstechnieken op nieuwe automodellen. Ook hier is men van mening dat THV bij een EV niet veel anders is dan een reguliere THV inzet. Het beschadigen van de batterij is als gevolg van een bevrijdingstechniek inderdaad een risico en moet worden voorkomen. De kans dat een batterij als gevolg van de aanrijding in een thermal runaway komt is aanwezig, continue visuele monitoring met ondersteuning van een WBC is noodzakelijk.

Na afloop van de presentatie en de discussie is er nog een rondleiding geweest door de batterijfabriek en de productielijn van de Skoda Octavia en de Skoda Enyaq.



² CAFS = Compressed Air Foam System

2 The Battery Safety Conference

Datum: 18-19 maart 2025

Locatie: Gotenburg Zweden

Auteur: Tom Hessels

Dag 1: bezoek batterijtestlaboratorium RI.SE

Op 18 maart hebben we met de sprekers van het congres en enkele andere genodigden een bezoek gebracht aan het testlaboratorium voor batterijen van RI.SE, gelegen in Borås. In het testlab kunnen meerdere batterijcellen en -pakketten op meerdere aspecten worden getest:

- > Over- en ontladen
- > Vibraties en schokken
- > Klimatologische omstandigheden

Daarnaast beschikt het lab over meerdere zogenaamde *abuse chambers*, waarin het brandgedrag van batterijen kan worden getest. De grootste abuse chamber, de *abuse hall*, is geschikt voor branden tot ongeveer 10MW. Hiervoor zijn er een rookgasafvoer en rookgaswasinstallatie aanwezig met een debiet van 150.000m³ per uur. Alle ruimtes beschikken over explosieluiken voor het geval er iets misgaat.

Voor elke test wordt er een risk assessment uitgevoerd. Op basis daarvan wordt bepaald hoe en of een test wordt uitgevoerd.



Figuur 1 De genodigden in de grote abuse hall

Dag 2: congresdag

Welcome!

Door: Dina Dedic, Paul Halle Zahl Pedersen & Franz Evegren, RISE

Openingswoord van verschillende leidinggevenden bij RISE. RISE bestaat 10 jaar en er werken 3400 mensen. Doel van het congres is het aan elkaar koppelen van de diverse stakeholders. Alleen door dat te doen kan de batterijveiligheid worden vergroot. Daarbij is veiligheid noodzakelijk in alle aspecten van de *value chain*.

Keynote presentation 1: Enhancing battery safety: society, safety and standards – Insights from research and practice

Door: Victoria Lutz, Fire Protection Research Foundation, NFPA

Victoria benadrukt het belang van de energietransitie: we moeten van fossiele brandstoffen af. Dit betekent naast een transitie van energie ook een transitie van risico's. Dat vraagt om ook die risico's op een andere manier benaderen. Daarbij geeft zij enkele voorbeelden van grote incidenten die hebben geleid tot een verandering van beleid, zoals de explosie van een EOS in Arizona. Om aan die transitie te werken werkt de NFPA met het [Fire & Life Safety ecosystem](#). Alle radars hierin moeten samenwerken om het risico op grote incidenten te verminderen.

Vervolgens staat Victoria stil bij diverse projecten en onderzoeken die de Fire Protection Research Foundation uitvoert rondom de gehele levenscyclus van een batterij. Zo is er onderzoek gedaan naar de effectiviteit van sprinklers bij branden in opslaglocaties van lithium-ion batterijen. Ook gaan zij onderzoek doen naar de brandverspreiding in parkeergarages, waarbij zij gaan kijken of er verschil zit tussen conventioneel en elektrisch aangedreven voertuigen.

Updates from EV safety regulations and ISO 6469-1

Door: Annika Ahlberg Tidblad, Volvo Cars

Annika geeft een update over een van de normen rondom de veiligheid van elektrische voertuigen, en wel de ISO 6469-1 over de tractiebatterijen. Deze norm hanteert de volgende serie van gebeurtenissen in geval van een fout, waarbij in elke gebeurtenis kan worden ingegrepen:

Defect → storing → uitbreidende storing → gevaar → schade

Een nieuwe versie van deze ISO-norm zal ook ingaan op propagatie van de thermal runaway. Deze zal ook proberen een meer uniforme manier van testen te beschrijven. Omdat het doel van voertuigregelgeving is om inzittenden te beschermen, zoals dat zij 5 minuten beschermd moeten zijn voor een brand in de batterij, is brandpropagatie an sich daarin nog niet uitgebreid meegenomen.

System-Level perspective on lithium-ion battery hazards

Door: Judy Jeevarajan, UL Research Institutes

Judy vertelt dat er inmiddels een goed beeld is van de elektrische en thermische veiligheid van batterijen. De mechanische veiligheid van batterijen is echter een probleem doordat er maar een beperkt beeld is hoe met de batterij wordt omgegaan tijdens vervoer en gebruik.

Judy doet daarnaast de oproep voldoende veiligheidsmarge in te bouwen bij het ontwerp van batterijen.

Leading sustainable transformation: challenges in the electrification of commercial vehicles

Door: Frederic Schuh, Daimler Truck AG

Frederic schetst de verwachting dat het totaal aantal vrachtwagens op de weg in Europa in 2030 ten opzichte van nu met 10% is toegenomen. Daarbij moet een flink deel van het wagenpark worden geëlektrificeerd. Drie factoren die daarbij van invloed zijn op de snelle uitrol van duurzaam vrachtvervoer zijn: productaanbod x (maal) *cost partity* x laadinfrastructuur = uitrolsnelheid. Grootste bottleneck volgens Frederic is de beschikbaarheid van voldoende geschikte laadinfrastructuur voor trucks. Nu zijn er nog maar 600 laders met een vermogen groter dan 400 kW, in 2030 zijn er daarvan 35.000 nodig.

Frederic geeft daarnaast aan dat het voorkomen van thermische propagatie tussen cellen lastiger wordt, doordat elektrische trucks grotere batterijcellen hebben.

Battery safety in the Netherlands: challenges to make a safe transition

Door: Tom Hessels, Netherlands Institute for Public Safety, NIPV

Presentatie over batterijveiligheid in Nederland. Nederland is een drukbevolkt land en vraagt daarom soms om een andere aanpak op het gebied van risicobeheersing, omgevingsveiligheid en incidentbestrijding dan andere landen. Onderzoek is nodig om te zorgen dat de uitrol van batterijen veilig verloopt.

Keynote presentation 2 cell-level analysis of fire risks in lithium-ion batteries

Door: Roberto Pacios, CIC energiGUNE and BEPA Safety of Batteries

Roberto vertelt dat lithium-ion batterijen inherent veilig zijn. Wel zijn er verschillende oorzaken die ertoe kunnen leiden dat er toch iets misgaat met de batterij. Op dit moment wordt er ook veel onderzoek gedaan naar verandering van het materiaal van het elektrolyt, de kathode of anode om ontleding van het materiaal te veranderen.

Roberto geeft aan dat als je een batterij monitort, de temperatuur als meetwaarde vaak pas een indicatie geeft als het te laat is. Ook vertelt Roberto dat er brandvertragers worden ontwikkeld, die vrijkomen als de batterij warmte genereert en daarbij reageren met het elektrolyt. Het risico bij veroudering van batterijen zit volgens hem vooral bij het met grote vermogens op- en ontladen van de batterij.

Understanding thermal runaway and its consequences

Door: Elna Heimdal Nilsson, Lund University

Elna heeft onderzoek gedaan naar de gassen die vrijkomen bij een thermal runaway. Ze omschrijft de beschikbare literatuur als "een chaos". Er is veel anekdotisch onderzoek: het bestuderen van de gassen bij een enkele cel, en deze resultaten vervolgens extrapoleren.

Ook noemt Elna het belang van onderscheid tussen de ontledingsgassen van thermal runaway (*venting gasses*) en de gassen van verbrandingsproducten (*combustion gasses*). [Bekijk ook het volledige onderzoek.](#)

Een nieuwe theorie waar Elna mee bezig is dat vlambogen binnen batterijen ook kunnen leiden tot ontsteking van de *venting gasses*.

Battery safety in a mining context

Door: Martin Svensson, Epiroc Electrification Solutions

Martin presenteert over elektrificatie in mijnen. Daar biedt de elektrificatie veel voordelen. Er is namelijk geen CO₂ uitstoot meer, waardoor er minder behoefte is aan ventilatie. Wel moet men er beducht op zijn dat machines niet stilvallen op zogeheten *ramps*: dat is vaak de enige vluchtweg voor personeel. Op dit moment worden in mijnen verwisselbare batterijpakketten gebruikt die extra zijn verstevigd tegen vallende objecten, zoals stenen.

Battery testing & research for a safe transition

Door: Ingvar Karlson, Maria Quant & Ola Willstrand, RISE

De sprekers gaan eerst in op het groot aantal normen die van toepassing zijn op BESS³ systemen. Dit om deze te laten voldoen aan EU-regelgeving. RI.SE kan daar op diverse manieren in ondersteunen.

Ook geven zij aan dat batterijen niet uit zichzelf veilig zijn: we hebben ze met zijn allen veilig gemaakt. Vervolgens wordt in de presentatie ingegaan op enkele projecten van RI.SE.

Safe and sustainable recycling of end-of-life batteries

Door: Kenneth Ekman, Fortum Battery Recycling

Kenneth geeft aan dat het recyclen van batterijen een must is voor een duurzame toekomst. Daarbij geldt dat recycling een lage *carbon footprint* moet hebben. Er zijn drie stappen in het recyclen van batterijen: ontmantelen, ontladen en shredderen. Het is nu nog veel handmatig werk, in de toekomst wil men dit verder automatiseren.

Na het proces van de shredder ontstaat er wat men noemt een *black mass*. Dit moet nog verder worden verwerkt om het te kunnen hergebruiken. Er is training nodig om hier veilig mee om te kunnen gaan.

³ BESS = Battery Energy Storage System

3 Fire in Vehicles

Datum: 7-8 april 2025

Locatie: Reykjavik, IJsland

Auteur: Tom Hessels en Nils Rosmuller

Dag 1

Opening Ceremony

Berghora Thorkelsdottir (Director general), Icelandic Road and Coastal Administration

Berthora opent het congres. Zij vindt het mooi dat zowel ISTSS als FIVE in dezelfde week plaatsvinden, vanwege de overlap tussen beide onderwerpen. Zeker wanneer er brand is in een elektrisch voertuig (EV) in een tunnel vraagt dit om aandacht van verschillende expertises. Het is daarom goed om kennis uit te wisselen.

In IJsland zijn pas na 1900 de eerste wegen aangelegd buiten de stad, waarbij in 1974 de ringweg is voltooid. Daarom is men pas net bezig met wegen in IJsland, maar men is er toch behoorlijk druk mee. Op dit moment is IJsland bezig veel wegen van 2- naar 4-baans te maken om de verkeersveiligheid te vergroten. Een groeiend land betekent namelijk groeiend verkeer. IJsland kent daarbij ruim 1200 bruggen en inmiddels ook enkele tunnels. De overheid investeert op dit moment in een groot programma om files te verminderen, het openbaar vervoer uit te breiden en uitstoot te verminderen. Daarvoor worden ook tunnels gebouwd.

IJsland wil het wagenpark op het eiland verduurzamen. Die ambitie past goed bij het eiland, want alle energie is al 100% duurzaam opgewekt. Uitdaging daarbij is wel de laadinfra. Er heerst angst bij inwoners om zonder stroom te komen te staan hoog in de bergen.

Risk Management and batteries - a look at the ecosystem (keynote presentatie)

Christina F. Francis, Tesla, Inc.

Christina gaat in op meerdere perspectieven rondom brandveiligheid van EV's. Zij hanteert daarbij een vijftal perspectieven: protection engineering, preventions programs, qualified personnel, emergency response en inspection, testing and maintenance (ITM). Ze benoemt het belang van onderzoek om al deze vijf aspecten van kennis te voorzien.

Zij beschrijft twee manieren van veiligheid vergroten: proactief en reactief. Proactief betekent diverse testen uitvoeren om zo te leren over wat mis gaat en zo de voertuigveiligheid te verbeteren. Reactief vergroten is het leren van dingen die in de praktijk misgaan en zo de veiligheid van voertuigen te vergroten.

Tesla heeft ook testen uitgevoerd met opgeslagen voertuigbatterijen. Zij zegt dat het brandvermogen niet groter is dan de pallet waar het op staat. Voor een veilige opslag kijkt Tesla bijvoorbeeld naar hoe zaken kunnen beschadigen en op welke wijze dat voorkomen kan worden. Ook schrijft ze procedures hoe op te treden bij beschadigde batterijen.

Daarnaast laat Christina zien dat zij voor alle producten emergency response guides hebben. Daarbij hebben zij de kennis uit engineering omgezet naar input voor deze emergency response guides.

In de vragenronde vraagt een spreker hoe Tesla aankijkt tegen het onderdompelen van voertuigen. Christina geeft antwoord dat zij absoluut geen fan is van het onderdompelen van voertuigen of het *piercen* van het batterijpakket.

Operational guide for Rescue operation involving lithium-ion batteries

Per-Ola Malmquist, Marcus Vilhelmsson, The Swedish Civil Contingencies Agency (MSB)
Waar de vorige spreker vertelde dat er absoluut geen water in de batterij moet, geeft Per-Ola aan te gaan vertellen dat water in de batterijen brengen effectief is. Per-Ola vertelt dat je de cel in thermal runaway niet blust, wel de nabijgelegen cellen koelt en zo propagatie stopt. Per-Ola laat zien welke onderzoeken daaraan hebben bijgedragen, inclusief NIPV-onderzoek. Ook laat hij het explosierisico zien, en dat dat zeker niet altijd hetzelfde is. Elke brand kent zijn eigen verloop. Daarom zijn nuances in de aanpak erg belangrijk. Hij doet daarom de suggestie om te proberen aan te sluiten bij bestaande tactieken, bijvoorbeeld aansluiten bij het handelingsperspectief van een gaslek als er sprake is van een batterij in thermal runaway. Vervolgens gaat hij de verschillende risico's langs die met piercing van batterijen te maken hebben en welke afwegingen met een inzet gepaard gaan.

Safety guidelines for battery swap station

Nils Rosmuller, Ben Riemersma and Tom Hessels, Netherlands Institute for Public Safety, The Netherlands

Nils gaat in op ons onderzoek naar [batterijwisselstations](#).

Can we use global data to identify and pre-empt electric vehicle battery fires caused by manufacturing faults?

Emma Sutcliffe, Daniel Fish, EV FireSafe, Australia

Emma laat zien welk werk EV Firesafe doet. Ze toont een groot aantal statistieken.

Niet meegeschreven

Experimental investigation of fires with multiple electric vehicle (BEV) batteries in the storage situation

Justus Frenz en Jochen Zehfuß (TU Braunschweig – iBMB, Germany), Björn Maiworm en Kristina Steinbauer (Landeshauptstadt München - Branddirektion, Germany), Christian Knaust (Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM), Germany)

De onderzoekers hebben diverse testen gedaan met opgeslagen batterijen. De branden zijn gestart door penetratie en gasbrander. Penetratie had onvoldoende effect, daarom is gekozen voor aanzetten van de brander. De brand kende een lange aanloop, vervolgens een korte, intense brandfase, daarna langzaam afkoelen van de brandende massa. Daarbij gold ook dat hoe meer de batterij was 'voorverwarmd' door de brander, hoe heftiger de brand was.

Vervolgens is er een tweede serie testen gedaan met acht voertuigbatterijen. Bij de eerste poging was er geen sprake van branduitbreiding. Bij de tweede poging was er wel verticale branduitbreiding, maar geen horizontale. Bij de derde poging is er zowel verticale als horizontale branduitbreiding geweest.

De geteste batterijen hadden een NMC-batterijchemie en een State of Charge van 60%. De onderzoekers concluderen dat branduitbreiding vrijwel altijd verticaal zal zijn. Ook moet er bij opslag van autobatterijen rekening worden gehouden met de ventilatieopeningen in het pakket, omdat daar in eerste instantie de meeste vlammen uit zullen komen. Daarnaast zien de onderzoekers dat autobatterijen behoorlijk resistent zijn voor brandoverslag.

Conclusie: branduitbreiding bijna altijd verticaal,

Bij opslag batterijen rekening houden met venting-openingen van batterijen.

The effect of different trigger methods on the thermal runaway propagation in large-format lithium-ion battery modules

Christoph Meraner, RISE Fire Research, Norway

Christoph heeft diverse methodes onderzocht die gebruikt zijn in batterijonderzoeken om de batterij in thermal runaway te krijgen. Hij vertelt dat het bij batterijonderzoek de voorkeur heeft de batterij niet te beschadigen, maar dat dit niet altijd mogelijk is. Beschadiging van de batterij creëert een nieuwe locatie waar een batterijcel zijn druk kwijt kan, waardoor je ander brandgedrag krijgt. Daarnaast ziet hij dat ook verwarmen en overladen allebei een ander brandgedrag geven.

Solid State Batteries: are current safety-related regulations adapted?

Arnaud Bordes, Amandine Lecocq, Caroline Gaya, Jérôme Lesage, Clément Rabette, Thierry Delbaere and Guy Marlair, The French National Institute for Industrial Environment and Risks (Ineris), France

De onderzoeker gaat als eerste in op de risico's van de verschillende solid state-batterijen. Aanleiding van het onderzoek was daarbij de brand in elektrische bussen in Parijs. Ineris heeft ook onderzoek gedaan naar grote brand in een opslagfaciliteit voor batterijen.

Voor deze onderzoeken zijn er diverse testen gedaan. De onderzoekers zien dat ook bij solid state batterijen gevaarlijke gassen worden geproduceerd bij verhitting van de batterij, zeker in geval van brand. De R100 bevat nieuwe testen voor thermische propagatie. Deze is alleen nog niet toe te passen voor solid state-batterijen. De onderzoekers concluderen dat er nog steeds veiligheidsuitdagingen zullen zijn bij solid state-batterijen.

Electric shock from a burning or crashed vehicle - a comprehensive risk assessment

Vesa Linja-aho, Independent Electrical Safety Professional, Finland

De spreker gaat in op de kans op elektrocutie bij brand of ongevallen met elektrische voertuigen. De slotsom is dat het nagenoeg onmogelijk is om geëlectrocuteerd te worden. Dit is in lijn met het Nederlandse uitgangspunt. Uitzondering hiertoe is blussen met zeewater, dat geleid een stuk meer door aanwezigheid van het zout, maar dan beschermen je persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) je naar verwachting nog genoeg.

Standardizing worldwide uniform information for first and second responders

Kurt Vollmacher, Energy Safety, Belgium, and Judy Jeevarajan, Electrochemical Safety Research Institute (ESRI), UL Research Institutes, USA

Kurt introduceert de risico's van moderne voertuigen. Uitdaging is hulpverleners te informeren over de nieuwe risico's van voertuigen. Het eenduidig uitdragen van de informatie helpt daarbij. Daarom heeft Kurt een project opgezet wat hieraan bijdraagt. De volgorde van de rescuesheet sluit volgens Kurt aan bij de denkwijze van brandweerpersoneel.

Analysis of EV firefighting tactics and the impacts on stranded energy: full-scale test results

Victoria Hutchison Lutz, Fire Protection Research Foundation, USA

Victoria presenteert het recente werk van de Fire Protection Research Foundation. Recentelijk zijn een groot aantal testen uitgevoerd rondom elektrische voertuigen. Eerst zijn er losse batterijen getest, in enkele weken gaat men testen op volledige voertuigen. Er zijn eerst 0-metingen uitgevoerd op de losse batterijen. Vervolgens zijn er diverse blusmethodes getest. Victoria laat diverse beelden zien van de uitgevoerde testen. De analyse moet grotendeels nog plaatsvinden.

Performance evaluation of fire suppression method for electric vehicles through full-scale fire experiments

Jongjin Jeong, Kyewon Park, Yichul Shin en Sungho Hong (Fire Insurers Laboratories of Korea, Republic of Korea), Jaeman Park (Ankug Engineering, Republic of Korea)

Er is sprake van een toename van het aantal elektrische voertuigen in Korea. Daarop is wetgeving aangenomen om elektrische voertuigen veilig uit te rollen. De spreker laat

statistieken zien van branden in Korea. Het aantal branden valt in hun optiek mee, maar er zijn wel veel slachtoffers bij deze branden. Ook is er een onderzoek gestart naar brandbestrijdingsmethodes bij branden in elektrische voertuigen. Bij testen is F500 gebruikt om branden te blussen. In 2 van de 3 experimenten was er geen sprake van een thermal runaway. De onderzoekers zeggen dat F500 aanzienlijk sneller werkt om de brand te blussen. Vanuit de zaal is er veel kritiek op de onderzoeksopzet.

Safety evaluation of extinguishing water after a lithium battery fire in terms of ecotoxicity and physicochemical parameters

Lucie Pokorná-Krayzelova, Hana Kujalová, Jan Bindzar, Lucia Tajnaiová, Klára Anna Mocová, Jana Kafroňová, Radek Vurm, Jakub Pilař, Marek Martinec en Kryštof Řehák (University of Chemistry and Technology in Prague, Czech Republic), Barbora Štěpánová en Petra Najmanová (Dekonta a.s., Czech Republic), Jan Karl, Romana Friedrichová en Milan Růžička (Ministry of the Interior - General Directorate of the Fire and Rescue Service of the Czech Republic)

De presentatie gaat over een uitgevoerd onderzoek naar de vervuiling van bluswater bij batterijbranden. Daarbij is gekeken naar de toxiciteit. Hiervoor hebben ze een thermal runaway gecreëerd in twee batterijen. Beide batterijen (6,68 kWh) zijn in 230 liter drums gedaan. Vervolgens zijn er diverse watermetingen gedaan - wekelijks - gedurende een langere tijd. Daarbij zien de onderzoekers dat meer schade aan de batterij leidt tot meer vervuiling. De pH-waarde was erg basisch en rond de 11.2. De lithium-waarde in het water naar 1.54 gram per liter, fluorides naar 277 mg/l. Deze waardes liepen gedurende de tijd op. De onderzoekster benoemt dat het een lastige balans is: veiligheidsrisico versus toxiciteit: hoe langer je hem in het water laat zitten, hoe kostbaarder het wordt.

Dag 2

Electric vehicle fire safety and the impact on parking regulations (keynote)

Carlo Mol, VITO/EnergyVille

Carlo blikt terug op eerste dag: er was een goede discussie over het wel of niet doorboren van de batterij. Hij vindt het goed dat dit debat gevoerd wordt. Carlo is voorzitter van een van de werkpakketten van de International Energy Agency. Zijn werkpakket heeft grote focus op de brandveiligheid van elektrische voertuigen, maar ook de rest van de voertuigen mag niet vergeten worden: maritiem, vrachtwagens, bussen, fietsen, etc. Hij benoemt dat lichte elektrische voertuigen (LEV's) op dit moment het grootste brandrisico veroorzaken, bijvoorbeeld door een goedkoop batterij management systeem (BMS) en goedkope cellen. Vervolgens presenteert hij het werk van de werkgroep. Hij gaat in op enkele hoogtepunten van de workshop over brandstatistieken. Hij benoemt het belang van data, maar ook de complexiteit om deze data te verzamelen.

Carlo vertelt dat er veel projecten tegelijkertijd lopen. Vanuit Europa zijn er op dit moment richtlijnen over brandveiligheid van elektrische voertuigen in parkeergarages, het is aan de landen om dat wel / niet over te nemen.

Carlo sluit af met de oproep dat kennis delen een must is. Hij zegt dat we niet bezorgd moeten zijn om elektrische voertuigen, maar wel de kennis moeten delen om hier goed mee om te gaan.

Analysis in relation to English and French regulations of London Luton Airport's Terminal 2 parking lot fire on Tuesday October 10, 2023

Jérémy GIRARD, Olivier LECOQ-JAMMES, Pascal VAN HULLE, Xavier DUPONCHEL, Daniel JOYEUX, Virginie DREAN, Efectis France

De onderzoekers hebben de brand in de parkeergarage op Luton Airport onderzocht om te kijken of de Engelse en Franse bouwregelgeving moet worden doorontwikkeld om brandveiligheid van parkeergarages te vergroten. Zij zien daarbij dat een parkeergarage een belangrijke *asset* is voor het vliegveld. Zij hebben de brand bestudeerd aan de hand van mediaberichten en publiek beschikbare informatie.

Het betrof een natuurlijk geventileerde parkeergarage, 83% van de gevel was open. De parkeergarage was niet uitgevoerd met een sprinklerinstallatie. De auto waarin de brand begon stond in het gangpad. Vanaf daar is de brand uitgebreid naar andere delen van de parkeergarage. In eerste instantie is er sprake geweest van horizontale branduitbreiding, later ook van verticale. Na 40 minuten waren er de eerste meldingen van instorting. De instorting was een zogeheten progressieve instorting: een parkeerlaag stortte in en daardoor uiteindelijk de rest.

De regenbuizen droegen bij aan de branduitbreiding: deze branden weg en brandende benzine/diesel kon hierdoor naar beneden lopen en daar voertuigen in brand steken.

De conclusie is dat Franse regelgeving voldoende is om een dergelijke brand te voorkomen: deze hoeft niet aangepast te worden.

Risk mitigation toolbox for fire safety of modern car parks

Sigurjon Ingolfsson, (Arup, Denmark), Peter Dingemans, Nigel Williams, Tom Vandeweghe en Tom Antonissen (European Parking Association (EPA), Belgium)

Statistieken laten zien dat een brand in een parkeergarage leidt tot veel schade, maar niet direct tot verlies van leven (*loss of life*). De onderzoekers hebben diverse documenten bestudeerd. Op basis daarvan is een toolbox met maatregelen opgesteld. Welke maatregelen te treffen is afhankelijk van het reeds bestaande niveau van brandveiligheid van de parkeergarage.

Modern Car Parks - Alternative approaches for economic structural fire safety design

Graham Couchman en Yigit Ozcelik (SCI, UK), Shami Smith-Sandhu en Craig English (Semper, UK)

Parkeergarages zijn volgens de spreker gebouwen met een laag risico als het gaat om het risico op doden (*risk of life*). Wel zien de onderzoekers een verandering van materialen, brandstoffen en omvang van voertuigen die bijdragen aan het verhogen van het brandrisico. Daarbij hebben enkele branden met grote schade flinke media-aandacht gehad.

Initiële regelgeving in Engeland voor goed geventileerde parkeergarages betrof een brandwerendheid van 15 minuten, inmiddels is er wel een *push* naar een grotere brandwerendheid, naar 30 tot 60 minuten.

De spreker benoemt dat brandwerendheid vergroten niet per se zaligmakend is: bij een grote brand stort het pand alsnog in, alleen op een later moment. Hij geeft aan dat de keuze van maatregelen afhankelijk is van het doel wat je hiermee nastreeft. Is je doel dat de parkeergarage niet instort, dan moet het pand gesprinklerd worden.

Vehicle Fires in a WUI-Type Scenario

Giovanni Di Cristina, Matthew Bundy en Anthony Hamins (National Institute of Standards and Technology, USA)

Er is onderzoek gedaan naar voertuigbranden in gebieden waar natuur en bebouwd gebied samenkomen: de wildland urban interface (WUI). Daarbij waren er zorgen om de brandbestrijding bij elektrische voertuigen in de WUI. Om die reden zijn er eerst testen gedaan met conventioneel aangedreven voertuigen.

Hierop zijn er testen gedaan door een conventioneel aangedreven voertuigen op grasland te plaatsen en het gras vervolgens in brand te steken. De brand is gestart in een bak met kerosine om zo een brand in een nabijgelegen voertuig of gebouw na te bootsen. De spreker laat diverse resultaten zien. De testresultaten kunnen worden gebruikt in design fire berekeningen

Het gehele onderzoek is te vinden op: <https://www.nist.gov/el/fcd/design-fires-vehicles-pine-straw-bed>

Flammability Test Procedure Development for Motor Vehicle Interior Materials

Jason Huczek en Marc Janssens (Southwest Research Institute (SwRI), USA)

Presentatie over de ontwikkelingen rondom de testprocedure voor materialen die gebruikt mogen worden in het interieur van voertuigen. De spreker gaat daarbij in op de pass/fail-waarden van diverse materialen.

Fire in electrical scooters - The power of lithium batteries

Bjarni Ingimarsson (Greater Reykjavik Fire and Rescue Service, Iceland)

De spreker werkt bij de brandweer in Reykjavik. Hij laat enkele voorbeelden zien van batterij elektrisch aangedreven branden waarbij de brandweer van Reykjavik is ingezet. Bjarni laat als eerste een voorbeeld zien van een brand met een elektrische scooter in een appartementencomplex. Al snel bleek dat er sprake was van explosie en uitslaande brand. De kracht van explosie zorgde ervoor dat 50 tot 75kg veiligheidsglas tot 10 meter is weggeblazen. Ook laat hij nog twee voorbeelden zien, waarbij de branden eveneens een heftig brandverloop kenden. Bij deze drie branden bleek steeds een gestolen e-step betrokken te zijn, die met een verkeerde lader was opgeladen.

Documented vehicle fires in marine vehicle carriers from 2013 to 2023

Magnus Arvidson, Anna Karlsson (RISE Research Institutes of Sweden, Sweden)

RI.SE heeft onderzoek gedaan naar de inzet van CO₂-blussystemen bij branden in RoRo schepen. Deze schepen zijn het beste te vergelijken met hele grote parkeergarages. De brandbestrijdingssystemen in deze schepen zijn veelal CO₂-blusgas of high expansion foam-systeem. Deze systemen vereisen veelal handmatige activatie.

Het voordeel van een CO₂-blussysteem is dat het geen elektriciteit nodig heeft om te werken. Het gas is daarbij gekoeld (vloeibaar) opgeslagen. Nadeel van inzet van dit systeem is dat het schip luchtdicht moet zijn. Ook kan herontsteking plaatsvinden zodra zuurstof intreding doet. Daarnaast is het alleen toepasbaar op vrachtschepen, niet op schepen met een dubbele functie (zoals ferry's).

De onderzoekers hebben gekeken hoeveel branden met RoRo schepen er zijn geweest. In de periode van 2013-2023 zijn er 22 branden waargenomen. In 10 daarvan is het CO₂-systeem geactiveerd. Gemiddeld komt het blussysteem na ongeveer 30 minuten in actie. Er vindt veelal als eerste detectie plaats, dan nog een manuele bluspoging en vervolgens gaat men pas CO₂ trekken.

Regelgeving zegt dat je één shot moet kunnen doen van CO₂ in het grootste brandcompartiment. De meeste nieuwe schepen kunnen twee shots geven. Bij vijf van de tien cases waar CO₂ is ingezet, was deze inzet niet succesvol. Vier van deze vijf cases vonden plaats tijdens het laden wanneer de deuren open waren.

Fire safety in the car recycling chain

Tom Hessels, Margrethe Kobes, Nils Rosmuller, Nederlands Instituut Publieke Veiligheid

Tom gaat in op ons onderzoek naar branden in de [autorecyclingsketen](#).

4 International Symposium on tunnel safety and security

Datum: 9-11 april 2025

Locatie: Reykjavik, IJsland

Auteur: Nils Rosmuller

Op dit congres zijn 43 artikelen en 17 posters gepresenteerd.

De resultaten zijn gepubliceerd in de [proceedings](#)⁴ van het 11e Internationale Symposium over Tunnelveiligheid en -beveiliging (ISTSS). De bijdragen werden gepresenteerd in 16 verschillende sessies, te weten: 3 keynotesessies, Branddynamica 1 & 2, Vaste brandbestrijdingssystemen, Voertuigen op alternatieve brandstoffen, Postersessies, Evacuatie 1 & 2, Ventilatie, Technische casestudies 1 & 2, Risico 1 & 2 en Incidentbestrijding.

Enkele *highlights* van een aantal parallelsessie op het congres heb ik hieronder verwoord.

Voertuigen op alternatieve brandstoffen/ Zero emissie voertuigen

Zero emissie voertuigen (ZE) (personen en goederen) waterstof en batterij-elektrisch zijn ook voor tunnels een belangrijk veiligheids(studie)onderwerp. Uit statische studies volgt dat ongevalskansen/brandfrequentie voor deze voertuigen niet hoger zijn dan voor conventionele voertuigen. Hierbij tekenen diverse auteurs aan dat de ZE-voertuigen nog relatief jong zijn, en dus minder zijn verouderd. Veroudering van de ZE-voertuigen zou mogelijk nog effect kunnen hebben op incident/brandfrequentie (Christophe Willmann, p. 206). Wel worden de andersoortige effecten benoemd en de relevantie voor tunnels: denk aan de explosie-effecten bij waterstof en thermal runaway bij batterij elektrische voertuigen (Jennifer X Wen, p. 28; Benjamin TRUCHOT & Jerome DAUBECH, p. 222).

Vaste brandbestrijdingssystemen

Op basis van diverse praktijktesten blijken vaste brandbestrijdingssystemen de effecten van brand bij personenwagens en vrachtwagens te beperken. Cheong (p. 174) concludeert dat voor zowel watermist als een deluge systeem. De resultaten tonen aan dat beide systemen de warmteafgifte bij branden in vrachtwagens en lichte vrachtwagens aanzienlijk verminderen. Bij de vergelijking van de twee systemen bleek waternevel efficiënter, omdat er minder water nodig was dan bij blussystemen om branden in lichte vrachtwagens te blussen. Ying Zhen Li (p. 190) presenteerde resultaten over de invloed van vaste brandbestrijdingssystemen op waterbasis (FFFS'en) met lage, gemiddelde en hoge druk op

⁴ Alle paginanummers in dit hoofdstuk verwijzen naar de proceedings.

brandontwikkeling, brandverspreiding naar aangrenzende voertuigen, structurele bescherming, leefbaarheid, rookbeheersing, sproeiafbuiging en sproeiweerstand. Samenvattend presteert het standaard lagedruk-FFFS-systeem goed in termen van het onderdrukken van de brandontwikkeling, het voorkomen van brandverspreiding naar nabijgelegen voertuigen, het creëren van leefbare omstandigheden voor evacuatie en reddingsdiensten, het beschermen van de tunnelconstructie en het verlichten van het probleem van sproeinevelafbuiging als gevolg van tunnelventilatie. Het standaard hogedruk-FFFS-systeem is het minst effectief, terwijl het standaard middendruk-FFFS-systeem qua effectiviteit meestal tussen de lage en hoge druk in, zich bevindt.

Evacuatie

Ting-Hsuan Liao (p. 250) concludeert dat voor passagiers stroomopwaarts van de brand in een wegtunnel de longitudinale luchtstroom de ophoping van explosieve gassen effectief vermindert en leefbare omstandigheden handhaaft. Deze zelfde luchtstroom brengt echter de overlevingskansen van de stroomafwaartse routes in gevaar, waardoor gevaarlijke omstandigheden ontstaan voor de inzittenden in deze gebieden. Op basis van de aannames van deze studie lijkt het erop dat hogere ventilatiesnelheden leiden tot aanzienlijk minder leefbare omstandigheden stroomafwaarts.

Fridolf (p. 280) concludeert voor spoortunnels dat noodtelefoons voornamelijk dienen als een redundant systeem, waarbij andere draadloze opties zoals GSM-R vergelijkbare functies bieden. De conclusie is dat telefoons veilig kunnen worden verwijderd, mits voor tunnels langer dan 1 km voldoende radiocommunicatie en vaste verbindingen in veilige zones worden aangelegd. Deze aanpak biedt een evenwichtige oplossing voor het handhaven van de veiligheid, terwijl tegelijkertijd de kosten en de efficiëntie van de infrastructuur worden beheerd.

Sakomoto (p. 296) laat zien dat de evacuatieverlichting effectief is voor mensen in rook om evacuatieactiviteiten voort te zetten en dat de gemiddelde loopsnelheden 1,5 m/s zijn bij rookconcentratie (C_s) $C_s = 0,5 \text{ m}^{-1}$; 1,2 m/s bij $C_s = 1,0 \text{ m}^{-1}$ en 1,0 m/s bij $C_s = 1,5 \text{ m}^{-1}$. Het introduceren van evacuatieverlichting en het optimaliseren van de werking van bestaande apparatuur kan de brandveiligheid in tunnels verbeteren.

Dahl (p. 312) concludeert dat het gemiddelde dagelijkse verkeersaanbod een te grove benadering is om de evacuatiegevolgen en -risico's bij een incident goed te beoordelen. Hij stelt voor om bij risico- en evacuatieberekeningen gebruik te maken van een piek-bezetting in plaats van een 24-uurs gemiddelde.

Person (p. 328) combineert CFD-brandmodellering met evacuatiemodellering. De resultaten tonen aan dat een verbeterde verlichtingsconfiguratie en tunnelomgeving kunnen leiden tot een aanzienlijk lagere blootstelling aan rook tijdens het evacueren, en hogere evacuatiesnelheden en dus minder nooduitgangen.

Incidentbestrijding

Op basis van een paper dat ik samen heb geschreven met Arjen van Barreveld (p. 509) concluderen we dat het veiligheidslandschap in tunnels verandert. Nieuwe energiedragers en grotere voertuigen veroorzaken grotere en complexere branden. Tegelijkertijd evolueren ook de brandbestrijdingstechnieken en worden brandweerlieden defensiever in hun tactieken. Wij zijn van mening dat de Nederlandse standaardprocedures voor brandbestrijding in tunnels daarom gezamenlijk door tunnelbeheerders en brandweerlieden herzien moeten worden, rekening houdend met de drie bovengenoemde ontwikkelingen. Hoewel we brandbestrijding in tunnels vanuit Nederlands perspectief hebben bestudeerd (Nederlandse wegtunnels, Nederlandse standaardprocedures en het autoverkeer), kunnen de argumenten die we hebben geformuleerd voor een serieuze (her)overweging van de dagelijkse praktijk in de brandbestrijding in tunnels ook van grote waarde zijn voor andere landen en hun tunnelbeheerders en brandweerlieden.

José A. Morales Mere (p. 522) gaat in op de mogelijkheden van AI bij het combineren van ongevallendatasets over temperatuur, statische analyse en CFD-modelering. De resultaten tonen aan dat CFD en multi-zone modellen (MZ) veelbelovende benaderingen zijn voor het trainen van tools voor slimme brandbestrijding. Niettemin is meer onderzoek nodig om andere soorten statistische en machine learning-technieken te verkennen die met deze benaderingen getraind zouden kunnen worden. Daarnaast zou toekomstig werk zich kunnen richten op het gebruik van andere soorten sensorgegevens (dus niet alleen temperatuur) om dit type modellen te trainen, bijvoorbeeld gegevens van camera's. Temperatuursensoren zijn echter eenvoudig en robuust en zouden, samen met een goed ontwikkeld AI-gebaseerd brandmodel, zeer efficiënt kunnen zijn. In de praktijk vereist slimme brandbestrijding een netwerk om metingen uit de praktijk te communiceren naar het gekozen model. Dit betekent dat er verschillende praktische problemen moeten worden opgelost om een functionele en betrouwbare slimme brandbestrijdingsaanpak te garanderen die gebaseerd is op het koppelen van brandsimulaties met sensorgegevens.

5 Loss Prevention

Datum: 8-11 juni 2025
Locatie: Bologna, Italië
Auteur: Johan Reinders

Inleiding

Het Loss Prevention symposium is een evenement georganiseerd vanuit de European Federation of Chemical Engineering (EFCE). Het symposium vindt sinds 1971 om de drie jaar plaats. Het brengt professionals, onderzoekers, wetenschappers, academici en autoriteiten op het gebied van procesveiligheid bij elkaar voor het uitwisselen van nieuwe ontwikkelingen gericht op verhoging van de veiligheid in de procesindustrie.

Het 18e symposium

Dit jaar werd van 8-11 juni het 18^e symposium gehouden in Bologna, Italië. Het symposium bestond uit meerder parallelle sessies (meestal 4), waardoor keuzes moesten worden gemaakt ten aanzien van de bij te wonen lezingen. Het symposium had een hoog academisch gehalte, waarbij ook veel studenten (vooral van Italiaanse universiteiten) hun werk presenteerden: literatuurstudies, experimenteel werk, modellering van fysische processen, analyse/opzetten van veiligheidsanalysemethoden en managementstructuren. Ik heb bij mijn selectie van bij te wonen presentaties de nadruk gelegd op de energietransitie. Dit is een [link](#) naar het hele programma. Van alle presentaties worden papers gepubliceerd in een volume van Chemical Engineering Transactions dit jaar. Via links in het programma zijn de publicaties reeds te downloaden.

Samenvatting presentaties

Hieronder staan korte samenvattingen van de door mij bijgewoonde presentaties. In de linker kolom () staat de link naar de publicaties op de website van “Associazione Italiana Di Ingegneria Chimica” (<https://www.aidic.eu/>). Ze zijn gerubriceerd naar de thema's van de conferentie.

Vloeibaar waterstof



LIQUID HYDROGEN CONDENSED PHASE SAFETY ASSESSMENT, EXPERIMENTATION AND INTERPRETATION

Vizma Janni, Rattigan Wayne, Welch Janet, Atkinson Graham, Hall Jonathan, Coldrick Simon, Lyons Kieran (HSE UK)

Bij tests met ontsteking van vloeibaar waterstof bleek dat de explosiedruk hoger was dan verwacht (ongeveer 2,7 kg TNT equivalent). Een verklaring kon worden

gevonden in de observatie dat uit gecondenseerde lucht (die hoofdzakelijk bestaat uit zuurstof en stikstof) die bij het zeer koude vloeibaar waterstof kan ontstaan bij voorkeur stikstof verdampt. Hierdoor is de damp relatief rijk aan zuurstof, waardoor bij ontsteking een relatief hoge explosiedruk ontstaat.



NUMERICAL MODELING OF THE BEHAVIOR OF AN LH₂ STORAGE TANK IN THE EVENT OF A FIRE

Hajhariri Aliasghar, Eberwein Robert, Campese Davide, Scarponi Giordano Emrys, Cozzani Valerio, Otremba Frank, Seidlitz Holger (BAM Berlijn, Univ. Bologna, Univ. Brandenburg)

Het model is ontwikkeld om drukopbouw en temperatuurverdeling binnen in een aan vuur blootgestelde cryogene tank en over de verschillende lagen van een MLI⁵-isolatie vast te stellen. Het kan ook de volumegemiddelde temperaturen van de damp- en vloeistoffase reproduceren. Het model voorspelt ook de tijdstippen waarop thermische degradatie van de isolatie waarschijnlijk zal optreden.



TOWARDS CFD MODELLING OF MULTI-PEAK STRUCTURE OF LIQUID HYDROGEN STORAGE TANK “BLEVE

Cirrone Donatella, Makarov Dmitriy, Molkov Vladimir (Univ. Ulster)

Simulatie resultaten van een experiment waarin een BLEVE⁶ werd geïnitieerd in een LH₂-tank tonen aan dat de waargenomen maximale drukpiek wordt veroorzaakt door de gasfase, terwijl de secundaire drukpieken, kleiner in amplitude en van langere duur, worden veroorzaakt door de flashverdamping van de vloeibare fractie in de tank. Deze maximale piekdruk neemt toe met de initiële druk in de tank en het volume van de gasfractie.



TESTING OF VACUUM INSULATION PANELS FOR LIQUEFIED HYDROGEN STORAGE TANKS

Harwege Finn, Eberwein Robert (BAM, Berlijn)

Bij gangbare vacuümisolatie van LH₂-tanks raakt de gehele (dubbelwandige) omhulling zijn isolerende waarde kwijt. Door i.p.v. hiervan meerdere (individueel gasdichte) panelen (Vacuum Isolation Panels (VIP's)) te gebruiken zal bij een lek de isolerende werking van slechts één paneel verloren gaan. Een testoptelling om de (isolerende) eigenschappen van deze panelen binnen de dubbele wand te onderzoeken wordt gepresenteerd.



CRYOGENIC LH₂ STORAGE VESSELS IN A FIRE

Kluge Martin, Habib Abdel Karim (BAM, Berlijn)

Bij brandproeven met drie 1 m³ cryogene LH₂-opslagtanks (waarvan de veiligheidsvoorzieningen waren gedeactiveerd) faalde er één catastrofaal, resulterend in een BLEVE. Deze tank was voorzien van isolatiemateriaal van MLI. Bij de andere twee tanks was het isolatiemateriaal perliet. Deze faalden niet, maar gingen wel lekken. De isolatie-eigenschappen van MLI verslechteren bij hoge temperaturen, waarbij pyrolysering en gasvorming als mogelijke oorzaak worden genoemd. Niettemin bleken alle tanks de vuurlast langer dan een uur te kunnen weerstaan, hetgeen voldoende tijd moet kunnen bieden om maatregelen te nemen, zoals blussen of evacuatie.

⁵ MLI = Multi Layer Isolatie

⁶ BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion



ADVANCED NUMERICAL EVALUATION OF THE JET FIRE CAUSED BY ACCIDENTAL RELEASES OF LIQUID HYDROGEN

Pio Gianmaria, Salzano Ernesto, Tugnoli Alessandro (Univ. Bologna)

Er is numeriek model in ontwikkeling om de fysische en chemische eigenschappen van een waterstoffakkel (temperatuur, gassamenstelling, druk en (uit)stroomsnelheid) te bepalen. Voorlopige resultaten (temperatuur en vlamgeometrie) komen goed overeen met data van fakkels uit hoge-druk waterstofgasopslagen. Een analyse met cryogene begintemperaturen en gematigde begindrukken (tot 10 bar) gaf inzicht in de effecten van de randvoorwaarden op de vlamopstijging en -structuur.

Ammonia



EXPLOSION AND IGNITION BEHAVIOR OF NH_3 / H_2 MIXTURES IN THE 20-LITER SPHERE

Gabel Dieter, Krause Ulrich (Univ. Magdeburg)

Gedurende transport van ammonia of het gebruik ervan als brandstof kunnen mengsels van ammonia en waterstof aanwezig zijn. Dus ook tijdens incidenten ermee. Het is daarom belangrijk om de ontstekingsgrenzen van dergelijk mengsels te weten. Dergelijke data zijn reeds 100 jaar geleden gemeten. Doelstelling van deze studie was deze data te vernieuwen met moderne, geaccepteerde methodes. In driehoeksdiagrammen worden resultaten gegeven.



REVIEW AND PRODUCTION OF DATA RELATING TO THE FLAMMABILITY AND EXPLOSION SEVERITY OF AMMONIA IN AIR AND OXYGEN AT ELEVATED PRESSURES AND TEMPERATURES OBTAINED IN ACCORDANCE WITH A NEW EUROPEAN STANDARD

Tribouilloy Benoit, Paillery Estéban, Vignes Alexis (INERIS Parijs)

Explosiegrenzen zijn afhankelijk van druk, temperatuur en de oxiderende omgeving en worden op verschillende manieren bepaald. Gegevens over de ontvlambaarheid en explosiegrenzen van ammoniak zijn beperkt, vooral onder niet-atmosferische omstandigheden. In deze studie worden nieuwe gegevens gepresenteerd (explosielimieten en -drukken), bepaald volgens de in 2022 door de Europese normalisatiecommissie geïntroduceerde CEN/TC 305.



SAFETY RISK MANAGEMENT OF AMMONIA FUELLED SHIPS

Bucelli Marta, Gant Simon, Cozzani Valerio SINTEF (Noorwegen), HSE (UK), Univ. Bologna)

Deze studie presenteert een reeks sleutelfactoren voor het veiligheidsrisicobeheer van ammoniak dat aan boord van schepen wordt gebruikt als koolstofarme brandstof. Het onderzoek is gebaseerd op literatuuronderzoek en bevindingen uit incidentonderzoek. In totaal werden negen factoren geïdentificeerd als belangrijke veiligheidsoverwegingen. Deze omvatten onderhouds- en noodreactieprocedures, evenals operationele procedures voor het uitvoeren van kritische operaties, zoals bunkeren. Sommige van deze onderwerpen, met name effectafstanden, zijn het onderwerp van lopende onderzoeksprojecten.



SAFETY STUDIES FOR APPROVAL OF GREEN AMMONIA BUNKERING TERMINALS – HOW BEST TO APPLY CFD⁷ MODELLING

Hansen Olav Roald, Hansen Eirik S., Kostol Steinar

Dit artikel beschrijft de risicobeoordeling voor een NH₃-bunkerterminal in Noorwegen. Net als in Nederland wordt plaatsgebonden risico als een maatstaf gebruikt om het omgevingsrisico te beoordelen en net als in Nederland worden vele ongevalsscenario's meegenomen, die allen een bijdrage leveren aan het (overlijdens)risico. Voor de berekeningen van de effecten werd zowel gebruik gemaakt van eenvoudige (maar wel met experimenten gekalibreerde) verspreidingsmodellen alsook van 3D CFD-modellering waarin de lokale omgeving (terrein, kade, boot etc.) wordt meegenomen. CFD-berekeningen leidden tot een kleiner overlijdensrisico.



BRIDGING ANALYTICAL MODELS AND CFD: ADVANCING AMMONIA SPILL DISPERSION PREDICTIONS

De Rosa Filippo, Giacomini Pablo, Tan Felicia, Lebas Alexandre, Mabilat Christophe

Een (analytisch) model wordt voorgesteld en uitgewerkt voor instantaan vrijkomen van ammonia uit een cilindervormige tank, de verspreiding (plasvorming) hiervan over land en/of water, gevolgd door een CFD-model voor dispersie. Interessant is vooral het deel op water. Hierin wordt rekening gehouden met verdamping en oplossen in water. Dit zit niet in EFFECTS.

Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs)



RISKS FROM HYDROGEN CARRIERS SAFETY CHARACTERISTICS OF THE LOHC SYSTEM TOLUENE/METHYLCYCLOHEXANE

Spitzer Stefan, Abed Arkan, Seifert Alexander, Salzano Ernesto

Omdat Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs) met name voor vervoer steeds meer (zullen) worden toegepast als waterstofdragers werden explosiedrukken gemeten bij verschillende (gas)concentraties van deze stoffen in lucht. Hierbij werd een mengsel ontstoken in een 20 l (druk)bol. De dampdruk van beide stoffen bleek bij omgevingscondities beneden de Upper Explosion Limit (UEL) te liggen, waardoor dus een explosief mengsel aanwezig kan zijn onder deze omstandigheden.

Brand en explosie



IMPROVEMENT OF THE EFFECTS DISPERSION MODEL FOR JETS IN CROSS FLOW

Mack Andreas

Een verbeterd model voor de modellering van Jets, dat wordt toegepast in EFFECTS vanaf versie 12.4, wordt beschreven en vergeleken met validatie-experimenten. Berekende concentraties weken maximaal 30-50% af van gemeten waarden; de locatie van de maximum concentratie week hooguit 25% af van gemeten waarde.



HEAT RADIATION EMANATING FROM JET FIRES

Bernardy Christopher, Habib Abdel Karim, Kluge Martin, Orchini Alessandro

⁷ CFD = Computational Fluid Dynamics

BAM heeft in Duitsland experimenten uitgevoerd om de geometrie en stralingswarmte van jet fires van waterstof en aardgas te bepalen. Gemeten vlamlengtes vertoonden een acceptabele overeenkomst met modeldata. Gemeten stralingswaardes (SEP) en -fracties kwamen goed overeen met theoretische als bij berekeningen een thermodynamische benadering werd gehanteerd.



MODELLING OF BURIED PIPELINE RUPTURES AND CRATER FORMATION
Brasser Paul, Van Haaften Rik, Mack Andrea

Een nieuw kratervormingsmodel geïmplementeerd in EFFECTS wordt gepresenteerd, waarbij kraterafmetingen en het gedrag van de uitstroomstraal dienen als invoer voor dispersiemodellering. Met data van experimenten en ongevallen wordt het model gevalideerd. De resultaten tonen een goede overeenkomst tussen gemodelleerde en waargenomen data.

Energietransitie / groene en alternatieve brandstoffen



THE CRUCIAL ROLE OF SAFETY IN CARBON CAPTURE AND STORAGE: ADDRESSING KNOWLEDGE GAPS FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Tamburini Federica, Zanobetti Francesco, Bonvicini Sarah, Cozzani Valerio

De studie bestond uit twee delen:

1. Op basis van een gap-analyse werd vastgesteld dat (uitgangspunten en data in) gebruikte kwantitatieve risicoanalysemethoden (QRA methodes) vaak onvoldoende betrouwbaar zijn voor toepassing op CCS-processen.
2. Toepassing van de "Inherent Safety Methodiek" op het CCS proces identificeerde transport van CO₂ als de meest risicovolle activiteit in het hele proces.



A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON SAFETY OF METHANOL AS A MARINE FUEL

Gerbec Marko, Levovnik David, Aneziris Olga, Maras Vladislav, Salzano Ernesto

Een literatuuronderzoek naar de veiligheid en risicobeoordeling van alternatieve brandstoffen waterstof, ammoniak en methanol in de binnenvaart. Het maakt gebruik van drie bronnen:

- EU-beleid en -regelgeving,
- Publicaties, richtlijnen en methodologieën van classificatiebureaus
- Resultaten van onderzoeksprojecten.

De paper bevat geen resultaten!



SAFETY IMPLICATIONS FOR PETROCHEMICAL SITES RESULTING FROM THE USE OF ALTERNATIVELY POWERED TRUCKS

Reinders Johan, Brans Henk, Rosmuller Nils

Mijn presentatie, waarin scenario's worden uitgewerkt voor incidenten met vrachtwagens op petrochemische locaties die gebruik maken van waterstof of LNG als brandstof, of batterij-elektrisch worden aangedreven.

[Link](#) naar mijn presentatie.



INFLUENCE OF CATHODE COMPOSITION ON AIR-COOLING EFFICIENCY OF LITHIUM-ION CELLS

Menale Carla, Bubbico Roberto

In deze studie zijn 3D-simulaties uitgevoerd om de efficiëntie van luchtkoeling te bepalen voor cilindervormige Li-ion-cellen met verschillende kathodesamenstellingen.

Er bleek dat bij de gesimuleerde op-/ontladingscycli en gegeven en bepaalde luchtstroom de temperatuur in de LFP- en NMC-kathodecellen minder opliep dan in LCO en LMO-cellen. Deze resultaten zijn met name interessant voor celmodules of -pakketten, waar het uitvallen van één cel gemakkelijk aangrenzende cellen kan beïnvloeden, met mogelijke ernstige gevolgen.

Risicoberekeningen en risicomanagement



AN EXTENDED FAULT TREE ANALYSIS TECHNIQUE TO CAPTURE DYNAMIC AND MULTISTATE ASPECTS IN ANALYSIS OF HYDROGEN SYSTEMS

Bhandari Dikshya, Selvik Jon

In deze studie werden enkele varianten op de traditionele foutenboomanalyse (FTA) toegepast op enkele scenario's leidend tot overdruk en mogelijk een explosie van een waterstoftank. In de traditionele FTA wordt via AND en OR gates een scenario van gebeurtenissen opgebouwd. Een AND gate betekent dat 2 gebeurtenissen ('fouten') tegelijkertijd moeten plaatsvinden voor een vervolggebeurtenis. Bij een OR gate is één van beide voldoende. Er worden enkele varianten op deze FTA gedemonstreerd waarmee de invloed van bijvoorbeeld tijdsinterval tussen 2 fouten kan worden weergegeven of de verschillende vervolggebeurtenissen die kunnen optreden bij verschillende typen fouten.



UNCERTAINTY QUANTIFICATION IN INDUSTRIAL RISK ASSESSMENT FOR PRACTICAL DECISION-MAKING

Olivier-Maget Nelly, De Barnier Thibaud, Bourgeois Florent, Gabas Nadine

Een methode wordt voorgesteld waarbij aan de traditionele kleuren in een risicomatrix (groen voor een acceptabel risico, rood voor een onacceptabel risico en oranje voor een (mogelijk) te tolereren risico) een onzekerheidsindicatie wordt toegevoegd. Op die manier kan elk vakje in de risicomatrix deels rood, deels oranje en deels groen (uitgedrukt in %) zijn.



THE INDIRECT RISK OF WIND TURBINES TO SEVESO-ESTABLISHMENTS IN FLANDERS

Imbrechts Karola, Reiners Bruno

De Vlaamse QRA⁸ methodiek lijkt in veel opzichten op de Nederlandse, maar is op een aantal punten afwijkend, vaak iets uitgebreider. In dit artikel wordt beschreven op welke wijze indirecte risico's van windturbines in een QRA moeten worden verwerkt. Deze kunnen ontstaan als door incidenten met windturbines (blad- of mastbreuk, gondel- of rotorafworp) installaties met gevaarlijke stoffen worden getroffen, waardoor deze stoffen vrijkomen en slachtoffers of schade veroorzaken. Voor directe schade en letsel (een onderdeel van de windturbine treft een gebouw of persoon direct) wordt aangesloten bij de [Nederlandse rekenmethodiek](#).



ROAD TO MORE UNIFORM AND MORE TRANSPARENT RESULTS FOR THE QRA IN FLANDERS

Imbrechts Karola, Gommers Annick

⁸ QRA = Kwantitatieve Risico Analyse

Volgens de Vlaamse overheid zijn de resultaten van verschillende QRA's onvoldoende uniform zijn. Hier wordt een studie gepresenteerd waarmee de Vlaamse overheid het QRA-proces wil verbeteren en de resultaten transparanter en uniformer wil maken.

De aanbevelingen, die de Vlaamse overheid wil implementeren, richten zich op (1) gezamenlijke kennisopbouw, (2) verbeterde kwaliteitscontrole en (3) het benutten van de ADAM-software die is ontwikkeld door het JRC (Joint Research Centre). Een groot voordeel van deze vernieuwde werkwijze is de mogelijkheid tot meer internationale samenwerking en kennisdeling over het gehele QRA-proces, met name om te onderzoeken welke stappen van de berekeningen de grootste verschillen in resultaten veroorzaken.

Opmerking in relatie tot de presentatie: In Nederland heeft een vergelijkende studie tussen verschillende QRA-berekeningen enkele decennia geleden ([BRAM studie](#)) ook een geüniformeerde werkwijze opgeleverd voor het uitvoeren van QRA's (zie [Nederlandse rekenmethodiek](#)).



A NEW DOSE RELATIONSHIP TO DETERMINE THE DISTANCE AT WHICH HEAT RADIATION CAN CAUSE SECONDARY FIRES

Bloem Elin, Uijt De Haag Paul

In Nederland vormen aandachtsgebieden rond activiteiten met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen een onderdeel van risicoanalyses. Binnen een aandachtsgebied zijn personen in gebouwen onvoldoende beschermd tegen de gevolgen van een incident met gevaarlijke stoffen. Er zijn aandachtsgebieden voor toxische wolken, explosies (overdruk) en brand (warmtestraling). In deze studie wordt onderzocht of een dosisrelatie kan worden gebruikt om het brandaandachtsgebied te bepalen. Bij een dosisrelatie wordt de kans dat een voorwerp zal ontbranden bepaald de warmtestraling in combinatie met de blootstellingsduur. Ervan uitgaande dat woningbranden bepalend zijn voor levensbedreigende gevolgen kon op basis van experimentele gegevens een relatie worden vastgesteld tussen de warmtestralingsdosis en ontbranding van materialen. Dit leidde tot de dosisrelatie $\int (R(t) - C)B dt = A$ voor het ontstaan van secundaire branden. Hierin is R de warmtestraling in kW/m^2 ; $C = 5 \text{ kW/m}^2$ de kritische warmtestraling, $B = 2$ (constante), t de tijd tot ontbranding in s en $A = 28150 \text{ s} \cdot (\text{kW/m}^2)^2$ de referentiedosis.



UNCERTAINTY ASSESSMENT IN VALIDATING A RISK STUDY (FO)

Rahmani Nazmul, Pasman Hans

De uitkomsten van risicobeoordeling bevatten veel onzekerheden. Deze kunnen een gevolg zijn van vele factoren, bijvoorbeeld niet geïdentificeerde gevaren, onvoldoende data of beperkingen van analytische modellen. Dit roept de vraag op hoeveel vertrouwen besluitvormers redelijkerwijs kunnen hebben in deze resultaten. Dit artikel beschrijft diverse toepassingsgebieden van risicobeoordeling en benadrukt het belang van deze analyses.

Het introduceert een validatieprocedure gericht op het versterken van het vertrouwen in de risico-uitkomsten en onderzoekt benaderingen ter verbetering van de betrouwbaarheid, waarbij een methodiek van Rae et al. (2014) opvalt.



AN INNOVATIVE APPROACH TO THE IDENTIFICATION OF REFERENCE SECURITY SCENARIOS IN CHEMICAL AND PROCESS PLANTS

Iaiani Matteo, Tugnoli Alessandro, Cozzani Valerio

Deze studie beschrijft de ontwikkelde BAS2E-methodologie (Bayesian Network Analysis of Safety and Security Events) om op systematische wijze referentie-incidentscenario's af te leiden uit historische gebeurtenissen met behulp van Bayesiaanse netwerken (BN). De methodologie wordt gedemonstreerd aan de hand van een dataset van 109 beveiligingsincidenten die zich hebben voorgedaan in de offshore olie- en gasindustrie.

6 FABIG Technical Meeting

Datum: 19 juni 2025

Locatie: Parijs, Frankrijk

Auteur: Margreet Spoelstra

Op 15 en 16 oktober 2025 vond de Technical Meeting van de Fire and Blast Information Group (FABIG) plaats. De eerste dag waren er presentaties in Chantilly in de buurt van Parijs, de tweede dag werd een bezoek gebracht aan onderzoeksinstituut Ineris en zagen we waar experimenten gedaan worden met batterijen, waterstof en dergelijke.

De sheets van de technical meeting komen beschikbaar op de website van FABIG.

Separation distances and design loads due to hydrogen explosions

Asmund Huser (DNV)

De presentatie ging over veiligheidsafstanden en risico's bij waterstofinstallaties. Het MarHySafe-handboek voor waterstofscheep, dat binnenkort verschijnt, bevat onder andere faalfrequenties. Asmund liet zien dat effectafstanden wereldwijd sterk verschillen: van 5 tot 80 meter, afhankelijk van scenario, effect (fakkel of explosie) en het te beschermen object. Voorbeelden zijn NFPA 2 (5–12 m bij 500 bar) en KAS 63 in Duitsland (80 m bij 400 bar). Hij besprak welke afstanden representatief zijn en welke 'key risk drivers' daarbij een rol spelen, geïllustreerd met een uitgebreide gebeurtenissenboom.

Voor veiligheidsafstanden presenteerde hij een risk-based benadering waarbij twee formules zijn gecombineerd, zodat wolkgrootte geen parameter meer is. In plaats van druk wordt het vermogen van de installatie (MW) gebruikt, omdat drukken te veel variëren en opschaling zo eenvoudiger wordt. De logica hiervan bleef voor mij niet helemaal duidelijk, vooral in relatie tot faalfrequenties en overdruk.

Verder liet hij exceedance curves zien (wolkgrootte versus kans), vergelijkbaar met FN-curves en verwees hij naar projecten over explosion risk analysis (ERA) zoals MarHySafe en ZeroCoaster.

Lekkages van 0,1–1 kg/s gecomprimeerde waterstof kunnen grote wolken veroorzaken; wolken groter dan 10–20 m³ kunnen detonatie en zeer hoge drukken geven. De veiligheidsafstanden zijn vooral gebaseerd op explosies. Asmund adviseerde om wolken zo klein mogelijk te houden door installaties 'open' te ontwerpen.

CFD-modelling of hydrogen jet fires

Ian Bradley (PFPNet) en Giordano Scarponi (University of Bologna)

De presentatie ging over Passive Fire Protection (PFP) en recente experimenten. PFPNET voerde tests uit bij lage drukken, terwijl RISE in het SHIFT II-programma hoge drukken onderzocht. Binnen een JIP-programma is een nieuwe reeks experimenten uitgevoerd met als doel een standaardtest voor PFP-materialen te ontwikkelen, CFD-studies te valideren en testdata te genereren voor de industrie. Giordano besprak de overgang van praktijk naar CFD-simulaties en de keuzes die daarbij komen kijken, zoals inlaatcondities, turbulentie- en verbrandingsmodellen, warmteoverdracht en mesh-instellingen. Er is gewerkt met een

'notional nozzle' om berekeningen te vereenvoudigen. In totaal zijn 16 simulaties uitgevoerd, waaronder niet-ontstoken jets, vrije fakkels en fakkels die op leidingen branden. De resultaten tonen dat CFD de warmteflux bij impingement overschat en verder weg onderschat. Verdere samenwerking met Gexcon en DNV is gepland; afronding wordt in 2026 verwacht.

Fire response and pressure burst modelling of high pressure composite hydrogen storage tanks

Laurent Paris (Efectis)

Tijdens het gesprek werd benadrukt dat er veel testfaciliteiten en modelleringstools beschikbaar zijn, zoals FDS, FLACS, ANSYS, Viper-Blast en SAFIR. Eerst kwam een algemeen overzicht van waterstof, dichtheid en tanktypes. Een belangrijk punt was de ontwikkeling van een Type V-waterstoftanks zonder liner, volledig met vezelversterking, waarbij het composiet zowel integriteit als weerstand biedt. Opslag omvat tank, leidingen en ondersteunende structuur. Relevante normen zijn o.a. ISO 11119, ISO 11439, EN 12245 en ANSI NGV2.

Belangrijke scenario's: kleine lekken met hoge warmteflux en externe brand. Er werd gesproken over falen van composiet tanks, leak-before-burst en TPRD's. Laurent had kritiek op de bonfire-test waarmee de werking van TPRD's aangetoond moet worden (GTR 13). Bij deze test wordt de tank van onderen verwarmd door convectie, maar beter zou zijn om de test uit te breiden waarbij de vlammen (warmtebron) zich boven de waterstoftank bevinden. Dan is er alleen sprake van straling.

Hydrogen ignition probability based on large scale test results

Dan Allason (DNV)

Dan vervangt iemand die heeft afgezegd en vertelt over de experimenten die gedaan worden op Spadeadam, de testsite van DNV in het noorden van Engeland.

- Er zijn experimenten gedaan met ophoping van waterstof in woningen en industriële gebouwen gemodelleerd, informatie die ook op de Hy4Heat-website staat.
- Er zijn tests gedaan met ondergrondse waterstofleidingen, variërend van kleine lekken tot grotere die kraters veroorzaken. Ze hebben expres lucht ingebracht om explosiecondities te creëren.
- Er zijn explosie-experimenten uitgevoerd door waterstof 'vertraagd' te laten ontsteken. Een demonstratie omvatte een explosie van 15,6 m³ gasmengsel met 20–23 vol.% waterstof. In totaal waren er 1336 ontstekingen en vijf niet-geplande explosies. De explosies lichtte hij toe. Bij deze incidenten ging het steeds om 'high mass flow rate and unburied' of om 'lower mass flow rate and buried'.
- De experimenten komen grotendeels overeen met de modellen, daarom begreep ik één van zijn conclusies niet '*Applicability might be limited*'.

Model uncertainty evaluation for hydrogen consequence prediction and risk assessment

Lorenzo Mauri (Gexcon)

Lorenzo ging in op expert judgement, waarbij kwalitatieve inschattingen van zwakke punten in QRA worden gecombineerd met kwantitatieve validatie. Hij benadrukte het gebrek aan goede data. Vervolgens presenteerde hij resultaten uit FLACS: 195 explosies (811 observaties) en 18 brandtesten (115 observaties), waarbij druk, impuls en warmtestraling zijn gemeten. Daarna liet hij zien hoe onzekerheden doorwerken in een Bayesian approach.

Lorenzo heeft het over waarschijnlijkheidsgrafieken, die heb ik eerder gezien bij Sandia in mijn onderzoek naar de kans op ontsteking van waterstof.

Overview of past and current Ineris experimental campaigns regarding ammonia safety

Olivier Gentilhomme (Ineris)

Olivier is betrokken bij het ARISE-project. ARISE staat voor Ammonia Response in Sea Emergencies. Hij heeft het over experimenten uit de jaren '90 en is van mening dat tussen 1999 en 2025 veel kennishiaten zijn opgelost. Belangrijke toepassingen van ammoniak (NH_3) zijn kunstmest (210–250 Mt), scheepsbrandstof (295–670 Mt), elektriciteitsopwekking (35–105 Mt) en waterstofdrager (0–110 Mt per jaar). Ik denk dat het om hoeveelheden voor Frankrijk gaat.

Experimental investigation of BESS explosion phenomenon

Guillaume Lecocq en Clement Rabette (Ineris)

Er werden twee onderzoeken gepresenteerd. Het eerste onderzoek richtte zich op de experimentele karakterisering van gassen die vrijkomen bij batterijen tijdens thermal runaway. Het tweede onderzoek betrof grootschalige explosietests in een BESS-container, uitgerust met explosieluiken. Hierbij werden proeven uitgevoerd met waterstof, hoewel het doel mij niet geheel duidelijk werd. Uit de resultaten blijkt dat piekdrukken van ongeveer 1 bar kunnen optreden in de container wanneer obstakels aanwezig zijn.

A new concept for modelling of frequency for loss of containment

Ingar Fossan (Safetec) - The SAFEN LoC model

Het SAFEN-project (Safe Energy Carriers), geleid door Ingar, bevindt zich in de tweede fase, met een derde fase in voorbereiding. Ongeveer 30 organisaties zijn betrokken, waaronder RIVM, HSE, DNV en Gexcon. Het project richt zich op lekfrequenties bij procesapparatuur, overslag en opslagtanks, evenals ontstekingskansen voor waterstof en ammoniak. Hij is gefrustreerd dat het bedrijfsleven geen gegevens deelt.

Ingar benadrukte dat faalfrequenties niet simpelweg worden bepaald door het aantal componenten. Naderhand sprak ik hierover met hem. Als je 10 tanks hebt, moet de faalfrequentie niet een factor 10 hoger zijn maar lager. De eerste tank bepaalt als het ware het grootste deel van de faalkans en meer tanks vergroot wel de faalkans, maar niet in evenredigheid.

7 Verslag SFPE congress Lissabon

Datum: 11-13 november 2025

Locatie: Lissabon, Portugal

Auteur: Tom Hessels

Symposium – Dag 1

Welcome

Chris Jelenewicz, PE, FSFPE, SFPE CEO, & Symposium Co-Chair

Benoemt het doel van dit congres: kennis delen om problemen te helpen oplossen, niet om dingen te verkopen of diep wetenschappelijke kennis te delen.

Carlos Mendes, National Director for Prevention and Risk Management, ANEPC – Portuguese National Authority for Emergency and Civil Protection

Noemt het belang van onderzoek naar batterijen in relatie tot de energietransitie. Er zijn in Europa al miljarden batterijen, dus je kan wel spreken van een opkomend risico. Daarom is het goed om met elkaar kennis uit te wisselen rondom batterijveiligheid.

FUNDAMENTALS

Thermal Runaway Phenomena & Forensic

Lucy Buannic, CFEI, Senior Scientist, Exponent

Lucy geeft een introductie van de opbouw van batterijen. Vervolgens gaat ze in op batterijdegradatie, zoals lithium-plating. Ze geeft een mooie introductie van de term thermal runaway: wanneer de warmteopbouw in de cel hoger is dan wat de cel kwijt kan aan zijn omgeving. Daarna gaat ze in op verschillende soorten faaloorzaken, zoals bijvoorbeeld knikken in het kathodemateriaal door een kapotte productiemachine. Voor oververhitting houdt zij hier een temperatuur aan van 130 graden Celsius.

What Comes Out of a Cell When it Fails?

Jonathan Buston, FRSC, HSE

Ook deze spreker gaat in op de werking van de cel. Ze zien 4 faalmechanismes bij cilindrische cellen:

- 1: Alleen rook en weinig vlammen, vooral bij lage state of charge (SoC).
- 2: Steekvlam
- 3: vuurbal (alle inhoud vliegt er in een keer uit, vooral bij de nieuwere type cellen)
- 4: compleet uit elkaar klappen

Volgens de spreker komt er dan het volgende uit de cel: gas (brandbaar), damp (van vloeistof, meestal elektrolyt), rook, particulate (metaaldeeltjes), warmte (inclusief vlammen) en kracht (kinetisch, inclusief vlammen). Ook deze spreker geeft aan dat HF lastig te meten is: het reageert snel met andere stoffen.

Ze zien bij nickel-based cells 1 tot 2 liter gas per Ah. Ook zien ze dat hoe hoger de SoC is, hoe meer gas er vrij komt. Metaaldeeltjes die vrijkomen uit een batterij zijn veelal te linken aan het kathodemateriaal.

Battery Safety: Insights from Simulation and Experimental Characterization

Elixabete Ayerbe, CIDETEC

Elixabete heeft samen met haar team een gevolgenboom gemaakt. De verschillende faaloorzaken zijn daarin uitgewerkt, om vervolgens toe te lichten welk faalmechanisme dit tot gevolg heeft en hoe dit leidt tot een thermal runaway. De presentator gaat in op de methode die zij gebruiken om het niveau van veiligheid te bepalen. De methode is daarbij datagedreven op basis van batterijtesten. Hierop wordt het model in de methode getraind. Dit is te vinden in PROTEO Batterij Software

Early Detection of Thermal Runaway Risks: Advanced Diagnostics for Safer Lithium-Ion Battery Systems

Emilie Bekaert, Group Leader – Electrochemical Characterisation | Manager of Battery Testing Facilities, CIC energiGUNE

De spreker geeft aan dat veel conventionele methoden om iets te detecteren niet afdoende zijn om een thermal runaway op tijd te detecteren. Met name lithium-plating is erg lastig te detecteren, maar wel belangrijk, omdat het een intern proces in de batterij is.

Met warmtebeeld op celniveau is het mogelijk om hotspots in een cel te detecteren. Hiermee zie je lokale hotspots in de batterij. Dat geeft een indicatie van mogelijke lithium-plating.

Een infraroodcamera werkt daarbij beperkt, omdat het niet in de batterij kan kijken en daarmee soms lokale hotspots mist.

Degradatie wordt door drie dingen veroorzaakt: temperatuur, voltage (during cycles) en interne processen.

Calorimetry of Battery Fires Ola Willstrand, Research Scientist, RISE Research Institutes of Sweden

Interne warmte generatie van een batterij: 1 tot 2 keer de elektrische energie, dat is de non-ejected heat, dus opwarming van de cel, externe warmte (batterijbrand): 3 tot 12 keer de elektrische energie.

Ola gaat in op de verschillende methodes om de vrijgekomen warmte te kunnen bepalen, en vervolgens de voor- en nadelen van deze verschillende methodes. Hij geeft aan dat accelerating rate calorimetry (ARC) een onbetrouwbare waarde geeft voor batterijen.

Battery vent gases – Just another combustible gas?

Marcus Runefors, Lund University

Marcus gaat als eerste in op de scenario's van brandbare gassen (vergelijkbaar met externe veiligheid). Maar wat als het een batterij is? Er is geen sprake van een lekkage, zoals bij externe veiligheid, en ook geen detonatie. Verder komt het stroomschema aardig overeen. Ook een thermal runaway kennen we in andere sectoren, bijvoorbeeld een reactor die opwarmt en in een onomkeerbaar proces terecht kan komen.

Er wordt een praktijkvoorbeeld getoond van een brand in een recyclingbedrijf met batterijen. Batterijcellen zijn daar weg geschoten tot op 150 meter afstand.

De spreker laat de conclusie zien van een master student: alle blusmiddelen werken binnen een pack en geen werkt er buiten een pack. In gasveiligheid zou je zeggen: stop het afsluiten van gassen en/of bescherm de omgeving. Doorvertaald naar batterijen zou je op pack-level maatregelen moeten treffen, zoals pack-level sprinklers.

MZgas: gratis model om verspreiding van gassen in de ruimte te bepalen.

Om explosie aan te kunnen (max 10kPa) mag je maximaal de volgende hoeveelheid gassen hebben in een besloten ruimte: LFP 2,2l / m³, NMC 2,6 l / m³. Voor 20 ft zeecontainer krijg je dan voor LFP: 92 LFP 18650 cellen, voor NMC 13 18650 cellen.

CODES AND STANDARDS

Large Scale Fire Testing and UL 9540A

Alex Schraiber, PE, UL Solutions

Alex gaat als eerste in op enkele incidenten die hebben plaats gevonden bij EOS'en. Vervolgens gaat ze in op de historie van standaarden van EOS'en. NFPA 855 geeft al eisen voor systemen groter dan 1kWh voor de thuissituatie. Ook ziet ze dat UL 9540A wereldwijd wordt toegepast.

SCOP258343208

UL 9540A approach to thermal runaway fire propagation

				
Cell	Module	Unit	Installation	Why revise UL 9540A?
• T_{vent} • T_{ThermalRunaway} • Gas composition • LFL, S_U, P_{Max}	• Thermal runaway (TR) propagation • Gas-release rate • Heat-release rate • Deflagration hazards	• TR propagation • Gas-release rate • Heat-release rate • Deflagration hazards	• TR propagation • Gas-release rate • Heat-release rate • Deflagration hazards • Role of fire protection systems	

14

Een van de norm-discussies is wat wordt gezien als large-scale testing? Is dat op unit of op installatie niveau? Volgens UL is een large-scale test gericht op kijken naar branduitbreiding van EOS naar EOS om de veiligheidsafstand tussen EOS'en te bepalen. UL geeft drie

adviezen voor ventilatie: deflagratieluiken, alternatieve manieren om gassen te ventileren (inclusief bijv. ontsteken van gassen) en het openen van deuren en ventilatieluiken.

Fire Safety Design of Lithium-ion Battery Energy Storage Systems

Piergiacomo Cancelliere, Italian National Fire Rescue and Service, CNVVF Italy

De spreker gaat eerst in op de drijvers van verduurzaming, waaronder de klimaatcrisis. Uitdaging van de wetgeving die de verduurzaming aanmoedigt is om de 'groene' doelstellingen te combineren met brandveiligheid. De spreker gaat in op waarom BESS worden geplaatst, zoals netstabiliteit. Daarna gaat hij in op de veiligheidseisen waar een BESS aan moet voldoen in Italië.

Lithium-Ion Battery Fire Safety for e-Bikes and e-Scooters

James McLaggan, University of Warwick

James licht het onderzoek toe wat zij gedaan hebben voor de Britse overheid naar de brandrisico's van Light Electric Vehicles (LEV's). Hij geeft aan dat LEV's een risico vormen omdat ze aan de top zitten qua batterijcapaciteit van wat aan producten in huis te vinden is en ook in huis wordt opgeladen. Deze vallen ook nog onder consumentenwetgeving en niet onder industriële wetgeving of type-goedkeuringen (zoals auto's).

Kijk je naar cijfers van de LFB, dan is de helft van de e-bike branden veroorzaakt door conversiekits, 15% door fietsen gebouwd als e-bike en de rest is onbekend. Ook is de helft van de branden voorgekomen tijdens laden, 35% onbekend en 15% niet tijdens laden. Wat ze ook zien is dat laders van loodzuuraccu's worden gebruikt voor lithium-ion batterijen, alleen zijn die gemaakt om te overladen. Voor e-bikes en e-steps zijn veel normen niet verplicht, zie de foto hieronder.

Highlights & Key Findings

Legislation & Standards

Legislation (obligatory)

1. GPSR: "No producer shall place a product on the market unless the product is a safe product"
 2. SMSR: Essential Health & Safety Requirements, including **fire, explosion, heat, harmful substances**, etc.
- **Separately-sold batteries are currently under GPSR, not SMSR**

Standards (voluntary)

- **Inconsistent battery standards** across PLEV products

Product	e-bikes	e-scooters	Conversion Kits
Vehicle	EN 15194 (designated)	EN 17128 (not-designated)	none
Battery	EN 50604	EN 62133	none

- No existing UK standard tests **charging over-current prevention**
- No existing UK standards tests **thermal propagation prevention**
- No existing UK standard requires **thermal runaway warning**
- China has much tougher regulations, including:
 - **Nail-penetration** at cell level (no fire / explosion)
 - **Alarm** required when thermal runaway is detected
 - **No thermal propagation** allowed within 5 minutes of alarm
 - **BMS-to-Charger communication** via a standardised connector

Test Category	Test Type	e-bikes	e-scooters
		EN 15194	EN 17128
Environmental	Vibration	✓	✓
	Mechanical Shock	✓	(✓)
	Dewing	✓	✗
	Thermal Cycling	✓	✗
Mechanical Abuse	Water Immersion	✓	✗
	Impact / Drop	✓	✓
	Crush	✓	✗
Electrical Abuse	External Short-circuit	✓	✓
	Internal Short-circuit	✗	✗
	Over-charge (over-voltage)	✓	(✓)
	Over-charge (over-current)	✗	✗
	Over-discharge	✓	(✓)
	Deep Discharge Protection	✓	✗
Thermal Abuse	Imbalanced Charging	✗	✓
	Over-temperature	✓	(✓)
	Low-temperature	✓	✗
Thermal Runaway	Mold Stress Relief	✗	(✓)
	Propagation prevention	✗	✗
	Thermal runaway warning	✗	✗

In de UK zijn er geen standaard testen die overladen, thermal runaway-propagatie en thermal runaway-waarschuwing voorschrijven.

Teardown-onderzoek laat zien dat hoe goedkoper de fiets, hoe slechter de kwaliteit van de gehanteerde systemen. Zo sluiten de gehanteerde limieten van bijvoorbeeld opladers niet aan op wat de cellen volgens de material data sheet aan kunnen.

Door falen van onderdelen in de batterij kan laden misschien wel worden gestopt, maar kan het opwarmen van de cellen zijn gestart, waardoor na een uur een batterij nog in thermal runaway kan gaan.

Safety of (All-)Solid-State Batteries: Experimental Insights and Regulatory Implications

Arnaud Bordes, INERIS

Arnaud gaat in op het werk van Ineris. Hij gaat in op het Grand-Couronne incident, waarbij een brand is geweest in een opslag van batterijen waarbij er sprake was van batterijen met een vast elektrolyt. Ze hebben een groot onderzoek gedaan naar LMP-batterijen (Lithium Metal Polymer), waarbij 1,2 ton aan batterijen is getest. Wat volgt uit het onderzoek is dat de reactie erg heftig was, er 'jets' van gesmolten metaal werden geobserveerd in het eerste momenten van de reactie (vergelijkbaar met de video van bus in Parijs, die had eenzelfde batterijtype). Daarnaast was er sprake van hoge temperaturen (1600 graden Celsius). Als er wordt gekeken naar de rook, dan wordt gezien dat de meeste gassen in de brand opbranden.

Omdat het batterijen zijn met puur-lithium, was men benieuwd naar de effectiviteit van de sprinkler, omdat lithium-metaal heftig met water reageert. Uit de testen volgt dat de brand niet wordt geblust, maar wel branduitbreiding naar nabijgelegen kratten of pallets wordt voorkomen. Het water reageert wel met het metaal, waardoor er toxische en brandbare gassen ontstaan.

ICC ESS and Battery Safety – Current Requirements and Where are We Heading

Paul Sincaglia, Chief Fire Protection Engineer, International Code Council

Paul gaat als eerste in op wat de ICC doet en wie de codes gebruikt. Vervolgens vertelt hij over hoe batterijen langzaam hun intrede hebben gedaan in de ICC. In 2018 zijn er EOS'en aan toegevoegd.

In de 2024 code zijn er ook secties aan toegevoegd voor de opslag van lithium-ion en lithium metal batterijen. Daarbij hebben ze voor de opslag van batterijen van minder dan 30% SoC geen regels.

Per 2024 heeft de code ook aangegeven dat er large scale testen volgens UL9540A nodig zijn.

Symposium – Dag 2

Keynote Presentation Safetywashing or Oversight? Correcting Misnomers in Battery Fires for the Sake of Safety

Guillermo Rein, OYC, FCI, Professor of Fire Science and Director of Research Department of Mechanical Engineering, Imperial College London

De faalkans van batterijen gaat van 10^{-6} naar 10^{-9} . De oplossingen om batterijbranden te verminderen gaan echter wel minder snel dan de toename van het aantal branden.

Guillermo gaat tekeer tegen de woordkeuze rondom de thermal runaway. Er wordt gezegd dat een thermal runaway geen brand is. Hij vindt van wel. Hij zegt dat een batterijbrand een brand is. Het is namelijk een reactie die uit de hand loopt en waarvoor je de brandweer nodig hebt. Ook propageren voor de thermal runaway noemt hij branduitbreiding: door een exotherme reactie vliegt iets anders in brand. Die brand hoeft niet gepaard te gaan met vlammen. Hij doet enkele voorstellen voor uniform taalgebruik.

Proposal

1. "Thermal event"	Fire
2. "Thermal propagation"	Fire spread
3. "Abuse"	Failure
4. "Overpressure"	Explosion
5. "Gases"	Smoke



CAUTION!

LITHIUM ION BATTERY

DO NOT LOAD OR TRANSPORT PACKAGE IF DAMAGED

FOR MORE INFORMATION CALL CUSTOM PHONE NUMBER

Ejecta	Firebrands
Thermal runaway	(also) Ignition

Guillermo geeft aan dat de batterij wel een nieuw risico introduceert. De brandpreventietools die we hebben, moeten worden herzien om deze veilig in de omgeving te kunnen introduceren.

Ze hebben onderzoek gedaan in een oven naar wanneer batterijen in thermal runaway raken. Dus vanaf welke temperatuur gaat een batterij warmer worden dan de oven. Ze zien dat hoe meer batterijen je bij elkaar stopt, hoe lager de ontstekings temperatuur wordt. De batterij kan dan minder warmte kwijt aan de omgeving (want daar zitten andere batterijen), dus de TR-temperatuur wordt lager.

Concluding Remarks



- Growing misuse of **nomenclature** in battery fire safety.
- "thermal event" instead of fire, "thermal propagation" instead of fire spread, "abuse" instead of failure.
- Undermine both communication and risk assessment. These misnomers **obscure the true hazards**, delay safety responses, and might deflect accountability.
- I argue for adopting clear, scientifically grounded **fire terminology**.
- An **integrated nomenclature** helps us improve safety protocols, uphold public trust, and advance technical and legal discourse.

Noot van Tom: deze termen leverden in de dagen erna veel discussie op. Belang van soms meer uniform taalgebruik wordt gezien, aan de andere kant als je het sec. over batterij hebt, dan is het ook handig en soms nodig een 'eigen' taalgebruik te hebben.

Grand Challenges in Energy & Infrastructure: Acting on Global Research, Education, & Outreach Priorities

Ulises Rojas-Alva, Representing SFPE Foundation

Ulises presenteert de werkzaamheden van de E&I en de focusgebieden die zij hebben. Meeste van deze focusgebieden richten zich op energy storage systems en transport & vehicle technologie.

Ulises benoemt het gebrek aan data. Voor waterstof zijn er diverse databases met explosie- en detonatieinformatie. Dit ontbreekt voor batterijbranden.

ISSUES OF PRACTICE

BESS Large Scale Fire Tests, What's in a Name?

Todd LaBerge, Atar Fire and Denis Hellebuyck, Atar Fire

De sprekers gaan in op de large scale testen die gehouden worden voor EOS'en. In deze testen wordt gekeken naar de mate van branduitbreiding bij een brand in een EOS. Branduitbreiding is afhankelijk van diverse factoren, zoals het open of dicht zijn van de deuren en ventilatieopeningen aan de zij- of bovenkant.

Uit testen zien ze dat de intense fase van een brand ongeveer 90 minuten duurt, gevolgd door enkele uren van een brand van beperkte omvang.

Bij explosieluiken zie je vaak vlammen aan de bovenkant eruit komen. Bij een systeem met rookgasventilatie zie je in eerste instantie rookgassen eruit komen, gevolgd door vlammen

uit de batterij. Door de ventilatiesystemen weet je waar vlammen uit komen en kan je dus ook sturen op waar branduitbreiding wel/niet kan plaatsvinden.

Tesla heeft veel baanbrekend onderzoek gedaan naar branden in EOS'en door het uitvoeren van testen.

Uit testen volgt dat open deuren van een EOS zorgen voor een hogere heat release rate.

Heat Release Rate Considerations

Data suggests ventilation may not be the only driver for heat release rate

- Test 1 was OPEN Door, Test 5 was CLOSED door, yet similar steady state HRR
- CLOSED door tests *generally* exhibit a lower HRR than open-door test, except Test 5
- OPEN door tests may generally lead to a higher heat release rate, whereas a closed-door test may allow for optimizing ventilation limited designs
- Possible Influences:
 - Passive barriers between racks?
 - Varying seal designs for doors – may limit ventilation intake through gaps
 - Slower fire spread → lower HRR
 - Top-down fire spread is slower than bottom-up fire spread
 - What about wind impacts?

Daarnaast wordt ook het risico van koelmiddel genoemd. Koelmiddel is veelal brandbaar maar wordt niet meegenomen in testen. Dit terwijl koelmiddel kan leiden tot een plasbrand in een EOS.

Explosies vinden vaak plaats wanneer een EOS met gesloten deuren brand, zuurstof ergens zijn weg vindt (bijv. omdat een deur faalt) en dan het explosieve mengsel ontstaat.

Lessons from the 2025 SoCal Wildfires: A Lithium-Ion Battery Case Study

Elena Funk, Danish Institute of Fire and Security Technology (DBI) & King's College London

Wat is de relatie tussen bosbranden en batterijen? Wanneer branduitbreiding in de wildlife urban interface (WUI) plaatsvindt, dan raken woningen getroffen. Huizen omvatten tegenwoordig veel batterijen en als er brand in de woning is geweest, kunnen deze batterijen beschadigd raken, maar nog wel energie bevatten. Daar is op zo'n moment actie voor nodig. Elena geeft aan dat dit deel van nazorg in veel landen nog een blinde vlek is.

Elena vertelt in de presentatie over het proces wat de Environmental Protection Agency (EPA) hanteert bij het veiligstellen van de batterijen. Daarbij moeten ook veel burgers worden geïnformeerd. Die zijn zich onvoldoende bewust van de risico's van batterijen na deze branden, en lopen dus risico's als ze hun spullen in hun verbrande woningen gaan zoeken.

De EPA ging vervolgens met gespecialiseerde teams het gebied in om batterijen veilig te stellen. Na een fysieke verkenning werden de batterijen gelokaliseerd. Vervolgens zijn deze van de incidentlocatie gehaald en op een aparte locatie verwerkt. Elena gaat in haar presentatie in op dit verwerkingsproces.

Pathways of Pollution - Air and Waterborne Emissions from Lithium-Ion Battery Fires

Jonna Hynynen, Chalmers Industriteknik

Jonna gaat in haar presentatie in op de vervuiling van bluswater. Eerst laat ze de opzet zien van de experimenten. Er zijn voertuigen met een verbrandingsmotor (ICEV) en elektrische voertuigen (EV) in brand gestoken, net als een referentievoertuig zonder brandstof (batterij of benzine). Bij de brand is een sprinkler ingezet op het voertuig.

Wat opviel was dat er veel lood in de ICEV-bluswatervervuiling zat. Onbekend is waar dit vandaan kwam, maar het wordt wel gezien als een zorgwekkende vervuiler in het water.

Zowel bij branden in een ICEV als batterij elektrisch voertuig (BEV) komen PFAS⁹ vrij. Zodra je water in het batterijpakket in brengt, komt er nog meer PFAS vrij.

Vervolgens gaat Jonna in op de relevantie van de resultaten voor verschillende invalshoeken. Zo moet er in de ontwikkeling van batterijen bijvoorbeeld meer rekening worden gehouden met het verminderen van PFAS-houdende materialen. Voor onderzoekslabs geeft ze de suggestie om goed te kijken naar hoe het gebruikte water en de gassen worden schoongemaakt.

Voor de brandweer is het belangrijk om een goede afweging te maken. Je kan niet altijd zeggen: een defensieve tactiek is toepasbaar. Maar het is wel belangrijk dat het aspect van milieuvervuiling wordt meegenomen in de afweging van de inzet.

Q&A / Panel Discussion

Elena Funk, Jonna Hynynen, Denis Hellebuyck, and Todd LaBerge

Highlights:

- Data beschikbaar krijgen over de locaties van thuisbatterijen is erg belangrijk.
- Tesla wordt in de discussie betrokken. Zij benoemen het belang van het kenbaar maken van brandpreventieve maatregelen bij repressie. Tesla heeft ontstekers van de rookgassen op de BESS¹⁰en zitten, dan moet je niet gaan blussen als brandweer als het doel is branden.
- De discussie is Amerikaans ingestoken. Dus veel 'let it burn', weinig gesprek over de impact op de omgeving.

ELECTRIC VEHICLES and E-MOBILITY

Outcomes of EV Fires in Car Parks - Fire Engineering Design Perspective

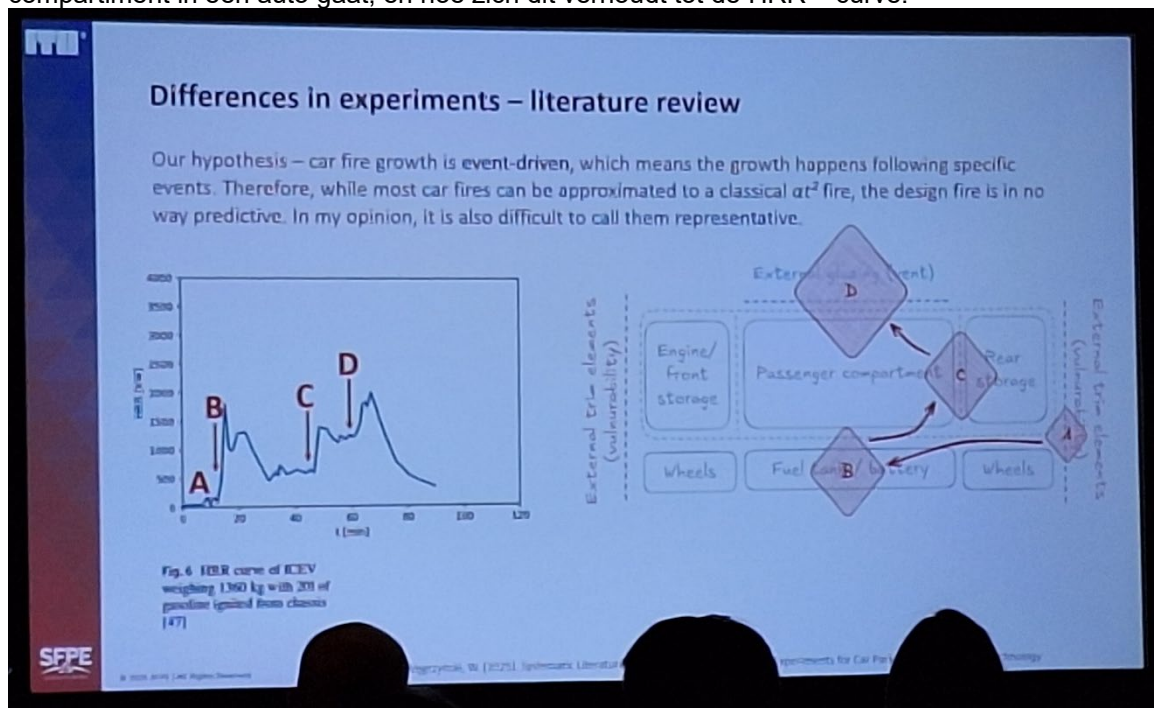
Wojciech Wegrzynski, ITB, Instytut Techniki Budowlanej

Er bestaat niet zoals als een parkeergarage voor elektrische voertuigen. Parkeergarages zijn voor alle voertuigen, ongeacht de brandstof. Wojciech gaat in op enkele cases van branden in parkeergarages en vraagt zich af: moet ik mij zorgen maken? Hij ging kijken: hoeveel wijken EV af van ICE als het gaat om brandgedrag.

⁹ PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

¹⁰ BESS: Battery Energy Storage Systems

Wojchiech presenteert een theorie waarin branduitbreiding van compartiment naar compartiment in een auto gaat, en hoe zich dit verhoudt tot de HRR¹¹-curve.



Lastige van het vergelijken van HRR-curves is dat veel EV's worden ontstoken in de batterijen, terwijl het bij ICE ergens anders wordt ontstoken. Je krijgt dan ander brandverloop en dus andere curves.

Wojchiech zijn hypothese is dat je makkelijker een benzinetank kan laten barsten bij branduitbreiding, dan dat je een batterij in brand krijgt.

Heeft EV invloed op fire safety?

Occupant safety: nee, in parkeergarages vallen geen doden of gewonden blijkt uit data, dus ook niet met EV.

Structural safety: nee, pas als er diverse voertuigen branden krijg je schade aan de constructie, niet van een enkel voertuig. Schade van een voertuig is reparabel.

Firefighter safety: vergelijkbaar met ICE: je moet ze helpen met brandbestrijding door ze te faciliteren, batterij biedt extra uitdaging.

Smoke control is nuttig om brandbestrijding te faciliteren, dan krijg je zicht op de brand.

EV Charging Stations in Indoor Parking Facilities: Fire Risk Assessment and Mitigation Strategies

Paulo Ramos, MArch FSEPGad, ETU Fire Safety Consultants

De spreker gaat in eerste instantie in op het proces om tot regels te komen. Vervolgens gaat hij in op het onderzoek wat ze gedaan hebben naar brandveiligheid van parkeergarages. Hierin wordt het NIPV-onderzoek ook genoemd.

De spreker legt uit hoe ze, op basis van hun guideline, zijn gekomen tot locatiekeuzes van de laders in een parkeergarage.

¹¹ HRR: Heat Release Rate

Als maatregel noemen ze ook 1 meter hoge barrières om overslag via jet flames te voorkomen.

E-Mobility in Everyday Life: The Good, the Bad, and the Ugly

Adam Barowy, Lead Research Engineer, Fire Safety Research Institute (FSRI)

Adam benadrukt het belang van lichte elektrische voertuigen (LEV's): het is een goede manier van last mile transport en ze dragen bij aan het aanmoedigen van mensen om te gaan fietsen.

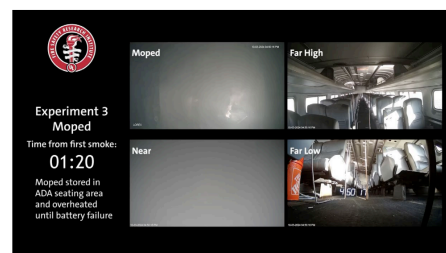
Wel zitten er brandrisico's aan. Een brand van een LEV ontwikkelt zich vele malen sneller dan bijvoorbeeld meubels. Binnen een minuut is er al sprake van een brand van 1 MW in de woning. Dit zorgt er al voor dat branduitbreiding snel kan plaatsvinden, aanzienlijk sneller dan bijvoorbeeld bij een brand in een bankstel. Uit de testen van UL met een e-scooter in een woonkamer volgt dat, bij het starten van de test door een thermal runaway, er binnen één minuut sprake was van een uitslaande brand in de woonkamer en stonden meerdere objecten (bank, vloer) al in brand.

Ook zijn er testen gedaan met LEV's in het OV. Drie testen gedaan: opgevouwen e-step, een e-bike en de e-scooter. Objecten zijn geplaatst waar ze mogen staan. In alle testen was er sprake van verspreiding van de rook naar einde coach binnen maximaal 34 seconden. Op video te zien als muur van rook die door de trein verspreidde.

Results

Fire Behavior (all experiments)

1. Sudden gas venting. No warning.
2. Fireball
3. Smoke spread to opposite end: **19 to 34 seconds**
4. Jets overwhelmed fire retardant surface finishes
5. Plastic ceiling panels begin to drop after ~90 s.
6. Visibility lost **1:49** from ignition in fastest case, median of **3:12**.
7. In seated scooter tests, fire growth only limited by ventilation.



© 2025 Underwriters Laboratories Inc.

Fire Safety
Research Institute 21

De plastic plafondpanelen vielen naar beneden na 90 seconden, het zicht was verloren binnen 1:50 in het snelste geval, 3:20 als mediaan.

Ook was er sprake van uitgassen van de batterij, maar dit was binnen een afgesloten hok en werd dus pas waargenomen nadat er vlamverschijnselen zichtbaar waren.

ASET¹² vs RSET: RSET volgt uit testen, hier is slechts weinig onderzoek naar beschikbaar.

Uit een gevonden onderzoek volgt: 1:41 naast platform, 4:14 bij midden op het spoor. Bij een tunnel ligt dit hoger, vermoedelijk ook in NL midden in de spits.

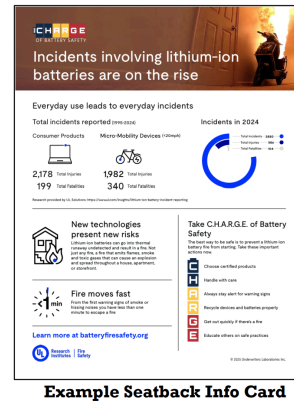
¹² ASET: Available Safe Egress Time / RSET: Required Safe Egress Time

Conclusie: ASET < RSET op basis van testen.

Adviezen voor OV-sector:

Preliminary Recommendations – Passenger Railcars

1. No EMV in the first/last car!
2. Restrict size & disallow DIY/modification
3. Require battery safety certifications
4. Rail Carrier Staff:
 - No firefighting,
 - Passenger egress priority & clear announcements
5. Passengers: self-certification, seatback cards, PSAs
6. Separate people and EMVs (baggage car, modify existing cars, battery storage containers?)
7. Prepare regional 1st responders for incident potential



© 2025 Underwriters Laboratories Inc.

Fire Safety Research Institute 31

The Use of Ultra High Pressure Extinguishing for EV fires: Another Tool in the Toolbox?

Tom Hessels, Netherlands Institute for Public Safety

Presentatie over ons onderzoek naar de inzet van UHD-sytemen

Lifecycle Fire Hazards and Design Considerations for BEV Adoption

Sigurjon Ingolfsson, AIFireE, ARUP

De spreker presenteert de verschillende modes van laden (1 t/m 4) en hoe auto's met het laadpunt communiceren. Vervolgens laat hij statistieken zien over branden met elektrische voertuigen. Hij laat zien dat het gewicht van auto's is toegenomen, net als de omvang van voertuigen.

Vervolgens gaat de spreker in op de verschillende heat release curves van de diverse soorten voertuigen, zoals LEV's, auto's, bussen en vrachtwagens.

Ook deze spreker benoemt dat er sprake is van een probleem met moderne voertuigen in parkeergarages, niet zozeer met alleen elektrische voertuigen. Veel van de mogelijke maatregelen die je kan nemen hangen af van de brandveiligheidsdoelen die je stelt. Is het alleen life safety, of ook bijvoorbeeld behoud van het gebouwd?

Lisboa Symposium – Dag 3

ENERGY STORAGE SYSTEMS

Development of effective fire management strategies for BESS

Gary Howe, Zurich Insurance

De lagen van preventie voor EOS'en zijn volgens Gary in opeen lopende volgorde: preventie, detectie, evacuatie, compartimentering, suppressie en structural resistance. Daarbij moet je nog rekening houden met de eisen van de brandweer, zoals bluswater en bereikbaarheid. De spreker noemt het belang van het aansluiten van de detectie van een thermal runaway in EOS'en op de resultaten van de UL9540a testen, zodat de detectie aansluit bij de gassen die vrijkomen.

Een belangrijke vraag is de effectiviteit van de aanwezige brandblussystemen. Werken ze op batterijen, of alleen op bijv. de elektrische componenten. De spreker geeft aan dat er veel misgebruik van systemen is.

BESS Explosion Hazards and Protection

Lorenz Boeck, REMBE Inc.

Lorenz gaat in op de manieren waarop REMBE omgaat met het explosierisico in een BESS. Net als in eerdere presentaties wordt hier verwezen naar NFPA 68 en 69 voor ventilatie en explosiepreventie.

Voor NFPA 68, explosiepreventie, kan volgen uit de berekening dat je meer oppervlakte nodig hebt aan explosieluiken dan er fysiek beschikbaar is. Voor het rekenen aan dit soort explosiescenario's maakt men gebruik van een conservatief brandscenario.

NFPA 69 werkt vooral als er sprake is van een brand en heeft als doel de concentratie onder de 25% LFL te houden.

Explosiepreventiesystemen zijn passieve systemen (bijv. luiken), terwijl ventilatiesystemen actieve systemen zijn.

Je kan ook 68 en 69 tegelijk toepassen. Dit kan door gassen eruit te ventileren en vervolgens voor de 'overgebleven' hoeveelheid gassen die eventueel niet weg te ventileren zijn pas je explosieluiken toe. Hierdoor heb je kleinere luiken nodig. Bij het ontwerpen van luiken moet je ook rekening houden met de mogelijkheid dat er bijvoorbeeld sneeuw o.i.d. op komt te liggen

Fire Modeling of Battery Energy Storage Systems

Jonathan Hodges, Jensen Hughes

Jonathan geeft aan dat het full scale testen van EOS'en duur is. Dit kan tot 4 miljoen dollar kosten. Ze proberen wel de modellen die ze te bouwen te onderbouwen of in ieder geval te kalibreren met data van testen.

Bij het modelleren van EOS'en spelen ook zaken als de beschikbare ventilatie een rol. Ze hebben er een paper over geschreven. Jonathan gaat in op hoe ze het model hebben gemaakt en hoe ze bijv. rekening houden met plastics.

Ook andere factoren zoals wind, de vorm van de vlam en lokale turbulenties van de luchtstroom op basis van andere objecten in de buurt zijn van invloed op de warmtestraling op andere objecten.

Voor het modelleren van effecten op de omgeving heeft SFPE recent een rapport gepresenteerd. Daarin zijn diverse methodes vergeleken, ook in relatie tot brand en niet-brand scenario's. Veelal wordt bij modelleren geen rekening gehouden met reacties van gassen in de lucht, bijv. tussen HF (waterstoffluoride) en waterdamp. Hierdoor wordt HF vaak overgemodelleerd. Ook worden voor aerosolen en zware metalen het uit de lucht vallen niet meegenomen, net als condensatie van gassen met een hoog kookpunt (die koelen het snelste af terug van gas naar vloeistof). Daarnaast zien ze dat vaak niet wordt meegenomen dat de zwaardere gassen langzaam dicht bij de grond gaan hangen bij de lichtere gassen.

Considerations for ESS Fire Testing

Benjamin Ditch, Principal Research Engineer, FM

Benjamin definieert risico vanuit FM gezien als een evenement met kans op *loss or injury*. Factoren die hierop van invloed zijn, zijn de property damage en duurgerelateerde gevolgen, zoals misgelopen winst, reputatieschade of verminderd beschikbaar vermogen (MWh).

De nieuwe NFPA 855 vraagt om full scale testen waarbij de initiatie gebaseerd is op een "ontwikkelde brand", zonder deze nader te definiëren.

Doel van de large scale fire test richt zich op de ernst van de brand, niet de kans op falen. Daarbij wordt gekeken: kan een module-level failure leiden tot een brand op systeemniveau. Specifiek wordt er dan gekeken naar het brandrisico.

Benjamin benoemt dat een acceptabele schade lastig is om te definiëren. Als je een rack test, heb je nog niet altijd een antwoord. Wordt een dergelijk rack met meerdere in een container geplaatst, in een losse kast, binnen, of juist buiten? Dat zijn allemaal vraagstukken die meespelen, maar niet 1-op-1 volgen uit de test van een rack.

De spreker ziet dat er voor installaties buiten veelal gebruik wordt gemaakt van passieve brandveiligheidsmaatregelen, met name door afstand te houden tussen systemen. Binnen wordt vaak gebruik gemaakt van actieve systemen, zoals een sprinkler.

Toward predicting thermal runaway propagation and mitigation for safer energy storage systems

John Hewson, Sandia National Laboratories

John beschrijft dat ze modellen gebruiken om te beschouwen hoe een thermal runaway propageert door een EOS.

Hoe groter de brand in een module, hoe meer cellen al worden voorverwarmd, en hoe eerder deze cellen in thermal runaway al zullen raken. Daardoor wordt het stoppen van de propagatie steeds lastiger. Belangrijk is dus om vroegtijdig in te grijpen.

Technology and building design for safe operation of battery energy storage systems

Fride Vullum-Bruer, Senior Researcher, SINTEF Energy

Fride vindt het belangrijk de batterij niet als een black box te zien, maar ook de werking ervan te kennen, om de risico's ervan goed te kunnen duiden.

Het SafeBESS-project was gericht op het veilig plaatsen van een grote EOS in een gebouw. Ze zijn hiervoor praktijkcases gaan onderzoeken. Vier van de zes bestudeerde systemen waren second life.

Bij drie van de in pandige systemen was er sprake van een eigen ventilatiesysteem voor het EOS. In een geval was het aangesloten op het aanwezige systeem van het gebouw, wat de onderzoeker afraadt, omdat bij een thermal runaway de gassen het pand door gaan.

Geen van de in pandige systemen had een explosieluik, terwijl Noorse bouwregelgeving dit wel eist als er een explosierisico bestaat. Er was een systeem met een rookgasafzuiging, maar in geval van een brandmelding werd deze afgeschakeld.

Er zijn ook testen gedaan met brandende batterijen op beton. Uit de testen volgt dat een batterijbrand geen groter effect heeft op de betonnen constructie dan de referentiebrand met propaan.

Battery Energy Storage System Hazard Assessment using Multi-scale Fire Test and Modeling

Dong Zeng, FM Research Division

Om risico's van batterijen te onderzoeken hebben ze een groot aantal testen gedaan: cel, cel-propagatie, module en rack testen. De spreker deelt de resultaten van deze testen. Deze data kunnen ze gebruiken om de snelheid van thermal runaway propagatie te modelleren.

Q&A / Panel Discussion

Gary Howe, Lorenz Boeck, Jonathan Hodges, Benjamin Ditch, John Hewson, Fride Vullum-Bruer, and Dong Zeng

- > Grote uitdaging die genoemd wordt is lange termijn betrouwbaarheid: we hebben simpelweg nog geen data.
- > Door grotere cellen is er een uitdaging qua explosierisico. Je hebt dan zoveel energie in een cel zitten dat je dan al een hoeveelheid gas hebt uit een cel om explosie te krijgen, dan kan je bijv. geen explosie voorkomen door propagatiemaatregelen.
- > Bij brandbeveiligingssystemen is er veel discussie over het doel. Veelal worden systemen geplaatst voor doel A terwijl ze eigenlijk alleen werken voor doel B.

Closing Statements - Adam Barowy

Adam omschrijft de main vibe als drie dingen:

- > Er is veel dat we niet weten
- > Het is in beweging
- > We hebben meer procesveiligheid nodig

Een paar belangrijke take aways die Adam wil meegeven.

- > Het is belangrijk om allemaal dezelfde taal te spreken. We moeten allemaal op dezelfde bladzijde zitten om de veiligheid te vergroten.
- > Deel (test)data.
- > Specificeer veiligheidsmaatregelen. Dat gaat over schade aan de objecten, maar ook over de impact op de omgeving
- > Risico is kans maal effect. Kans is belangrijk, maar kans is slechts de helft van het verhaal. Effecten moeten wel degelijk worden meegenomen. Zeker op plaatsen waar batterijen geen design fire zijn, maar wel moeten worden meegenomen voor het brandrisico, zoals het OV.
- > Brand en explosie zijn gerelateerd, maar moeten wel als losse scenario's worden beschouwd. Een brandtest is ook geen explosietest. Explosiemodellen geven ook inzicht zijn daarbij nog niet gevalideerd.
- > Wees voorzichtig. Veel risico's zijn nog niet bekend. Er zijn aardig veel cases bekend van schade aan labs, terwijl dat toch echt slimme mensen zijn die daar werken.

Grootste uitdaging volgens Adam: hoe houden we de brand klein? Als we brandtesten willen houden, en dat kan niet in labs omdat de labs het niet aan kunnen, maar we willen wel die EOS'en in gebouwen plaatsen, dan is dat wel ironisch.