



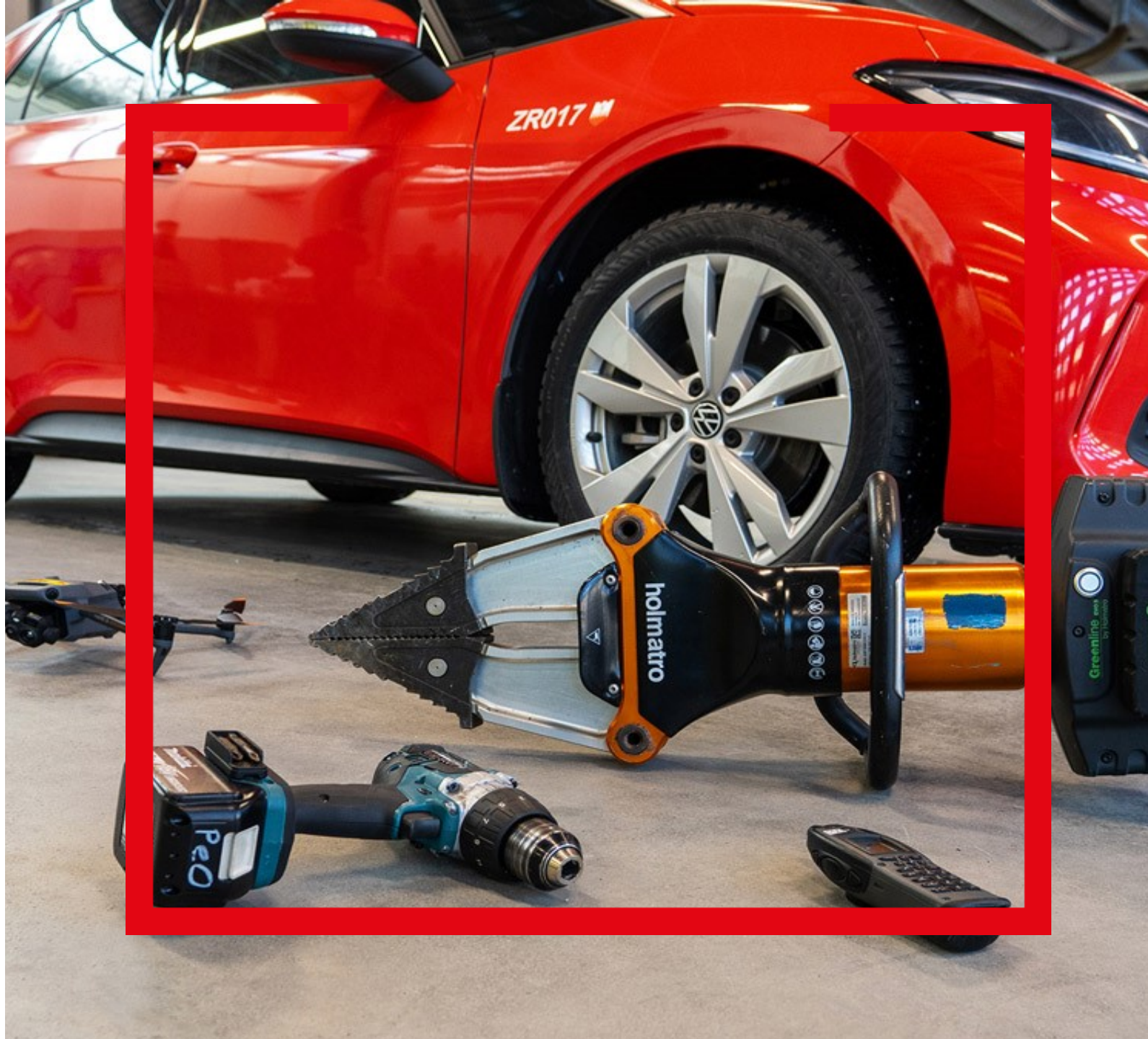
PELASTUSOPISTO

Litiumioniakkujen turvallisuus teollisuusympäristössä (LION-hanke)

Jari Mikkonen
Helmikuussa 2025

PELASTUSOPISTO.FI | 28.3.2025

PSR
PALOSUOJELURAHASTO





- **Hanke esittely**
- **Teollisuuden nykyisen varautumisen tila tutkimus tuloksiin perustuen**
- **Akkupalojen esiintyminen ja vaarallisuus?**
- **Akkupaloihin varautuminen**
- **Kierrätys ja kuljetus**
- **Palon jälkikäsittelytoimenpiteet**



Hankkeen kuvaus

Hankkeen teollisuudelle tarkoitettu osassa kartoitettiin teollisuuden nykyinen varautuminen litiumioniakkupaloihin ja laadittiin sen ja kirjallisen aineiston pohjalta suositukset akkujen turvalliseen käyttöön ja palotilanteessa toimimiselle. Tarkoituksena parantaa teollisuuden turvallisuutta akkujen kanssa toimiessa.

Hankkeen rakenne ja tiedon kerääminen

1. Kerättiin kirjallinen aineisto kerättiin kansallisesti ja kansainvälisesti
 - Tutkimukset, testaukset, väitöskirjat, suositukset, ohjeistukset
 - *Standardit, lait ja säädökset*
2. Tehtiin haastattelut ja vierailtiin yrityksissä
3. Koostettiin suositukset hanke kumppaneiden kanssa
4. Analysoitiin tulokset asiantuntijaryhmän kanssa
5. Luotiin suositukset

Litiumioniakkupalojen
pelastustoimen
operatiivisen-
toiminnan suositukset

Litiumioniakku-
palojen
paloturvallisuus
teollisuudessa

Pelastustoimen
suositukset
litiumioniakku-
energiavarastojen
sijoittamisesta ja
paloturvallisuudesta

Litiumioniakku-
palojen
paloturvallisuus
kotitalouksissa



Pelastusopisto

Kimmo Rytkönen

Projektipäällikkö, Lion-hanke

Juha Laitinen

Erikoistutkija, (Lion hanke, suojautuminen)

Jari Mikkonen

Tutkija, Lion-hanke

Hankekumppanit

Antti Hanhineva

Apulaispalopäällikkö, Pohjois-Pohjanmaan pelastuslaitos

Miikka Jylhä

Palomestari, Varsinais-Suomen pelastuslaitos

Mika Lankinen

Kehittämispäällikkö, Varsinais-Suomen pelastuslaitos

Asiantuntijaryhmä

Marko Hassinen

FT, Sammutustekniikan asiantuntija

Ulla Lassi

Professori, Kestävän kemian tutkimusyksikön johtaja, Oulun yliopisto

Vesa Linja-Aho

M.Sc, Sähköalan turvallisuuden- ja sähköajoneuvojen asiantuntija

Karoliina Meurman

Paloturvallisuuslaitteiden ylitarkastaja, Tukes

Helena Mäkinen

Suojavaatetuksen asiantuntija

Joonatan Suosalo

Palomestari Helsingin kaupungin pelastuslaitos

Iiro Wennberg

Paloiesimies Pirkanmaan pelastuslaitos

Hankkeen on rahoittanut Palonsuojelurahasto



Teollisuuden suositukset on tarkoitettu koko akun elinkaaren ajan toimijoille sekä pelastuslaitosten varautumisen henkilöille.

Akun elinkaari





Haastattelujen ja vierailujen perusteella havaittiin seuraavaa:

- Kaikissa mukana olleissa yrityksissä oli mietitty litiumioniakkujen paloturvallisuuteen varautumista.
- Varautumisentaso vaihteli suuresti.
 - Osa oli pelkästään keskustellut aiheesta.
 - Osa on itse kehittänyt varautumismenetelmiä ja sammutuslaitteita (alustasprinklaus, evakuointi)
- Lähes kaikilla yrityksillä oli epätietoisuutta siitä, miten paloihin tulisi varautua ja mikä olisi oikea varautumisentaso.
- Osassa yrityksiä oli akkupaloja jo ollut.

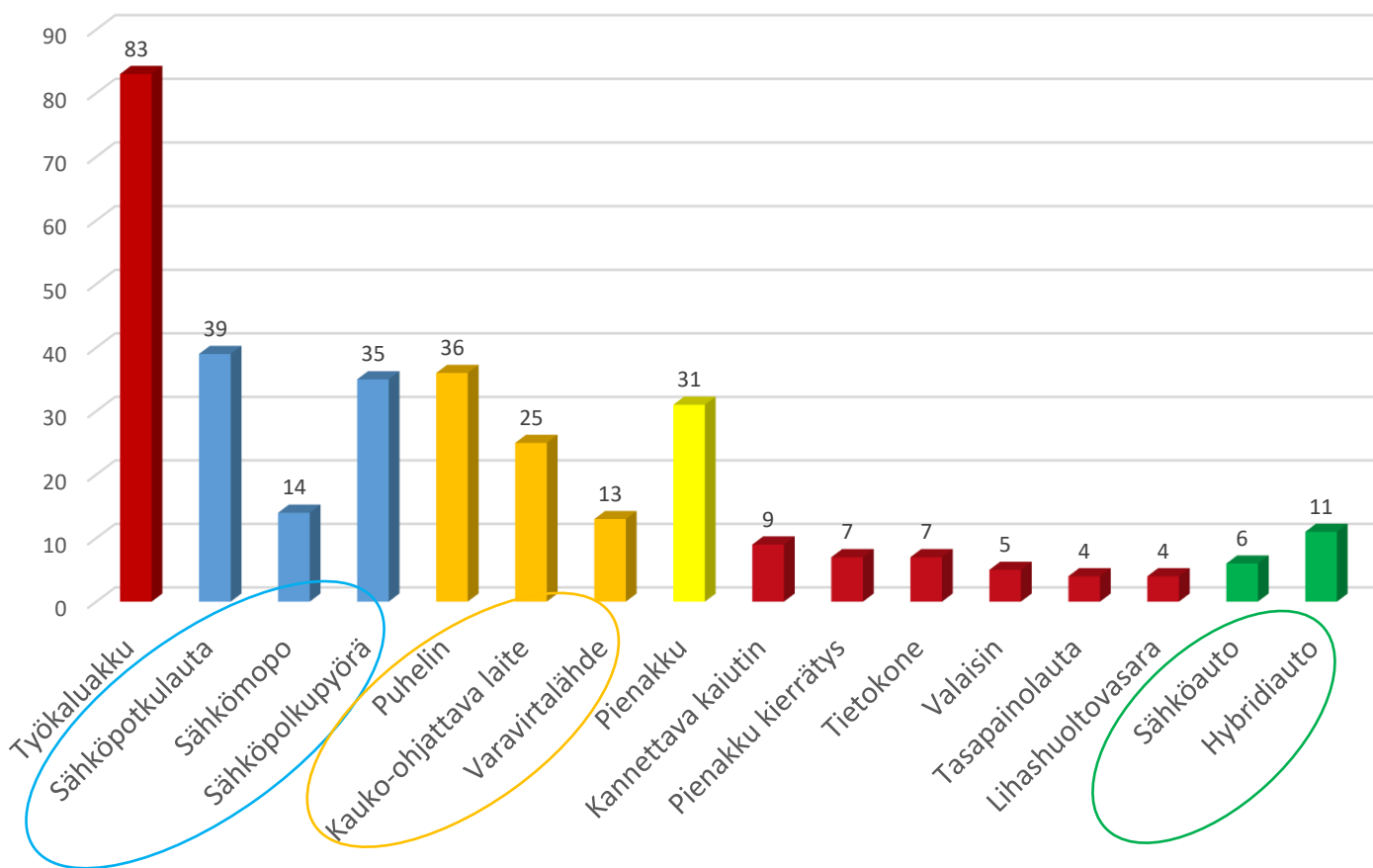


moonpool

Australasian Mine Safety Journal
Dangerous' power tool explodes ...Mirage News
Battery fire in underground storage ...Workplace
fires linkedSafety+Health magazine
Assessing lithium battery risks ...7NEWS
Lithium-ion battery from drill explodes ...ABC News
Lithium-ion batteries caused more than ...EEE Forum
LITHIUM BATTERIES ...Ufine Battery
Inhaling Lithium Battery Fumes ...YouTube
Tons' of lithium batteries sparks fire ...The Se
Ask the E



Litiumioniakkupalat Suomessa 2018-2024 (362 kpl)



Lähde: Pronto

Palojen esiintyvyys 100 000 ajoneuvoa kohti

AJONEUVO	MÄÄRÄ	PALOJA	PALOJA/ 100000
Sähköpotkulauta	60 000-100 000	39	39-65
Sähköautoja	124 000	6	5
Hybridiautoja	167000	11	7

- Autot
- Pienet ajoneuvot
- Muut pienet laitteet



Liikennevälineiden akkupalot maailmalla

Liikennevälineiden litiumioniakkupalojen määrä maailman laajuisesti tammi-kesäkuussa 2023

AJONEUVO	Onnettomuuksien määrä	Loukkaantuneita	Vakavasti loukkaantuneita
Sähköauto	44	15	4
Sähköpolkupyörät, skuutit yms.	Yli 500	138	36

Laatu, lataus ja säilytyspaikat

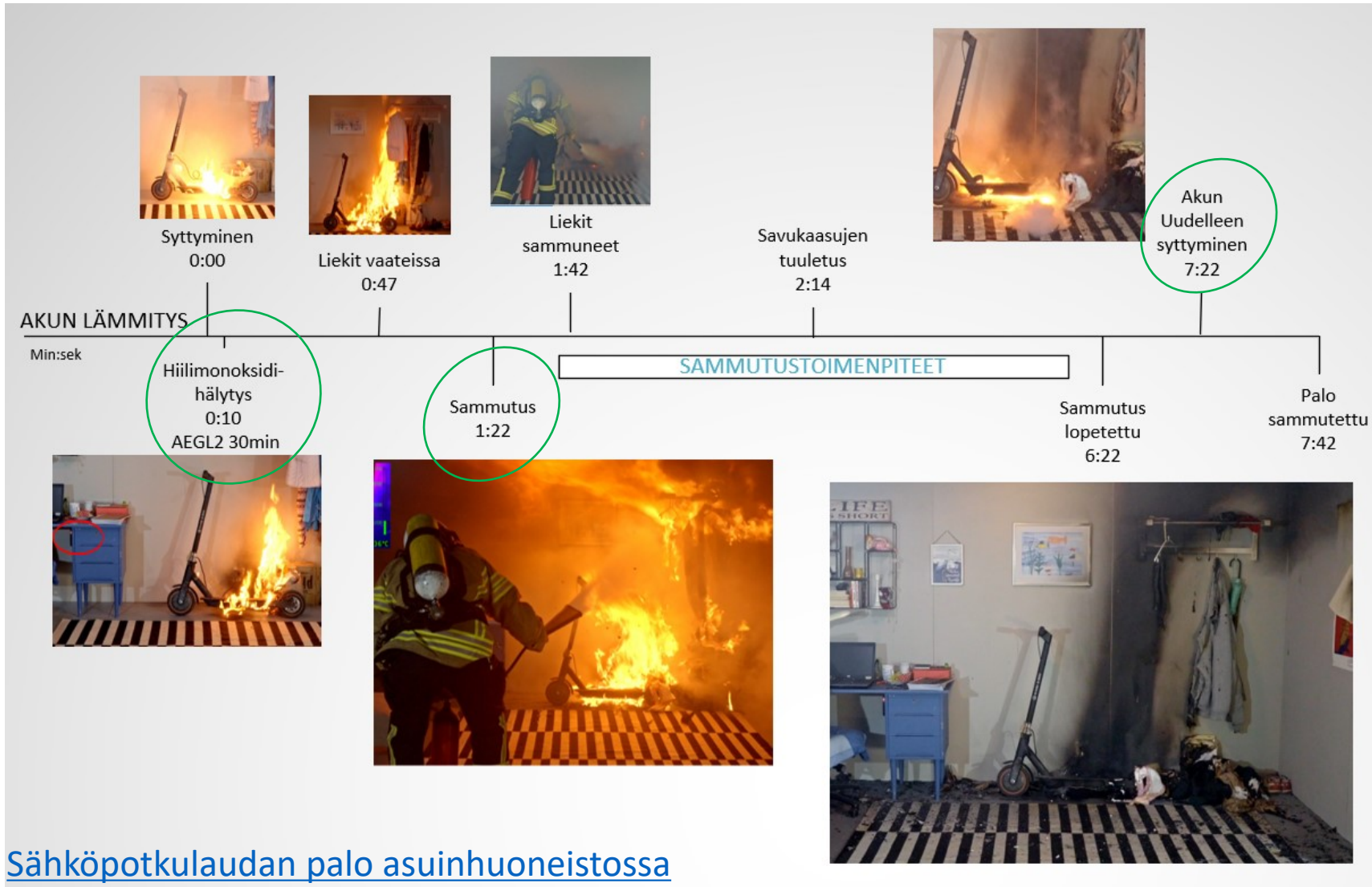


Liikennevälineiden akkupalot Kiinassa 2021

Liikennevälineiden litiumioniakkupalojen määrä Kiinassa tammi-lokakuussa 2021

AJONEUVO	Ajoneuvojen määrä	Paloja	loukkaantuneita	kuolleita
Sähköauto	?	2000/v		
Sähköpolkupyörät, skuutit yms.	300 milj	14000	157	41

Lähde: [Kiinassa on vuosittain noin 2000 tulipaloa yli 800000 sähköajoneuvoihin liittyvässä yrityksessä. | SMM](#)



Akkupalon riskitekijät!

- Ennalta arvaamattomuus
 - Milloin kaasut syttyvät tai tuleeko siitä pistoliekkejä.
- **Palon leviäminen**
- Palon vaikea sammutettavuus
- **Voimakas savukaasujen muodostuminen**



Videosta havaittavaa

- savukaasujen muodostus
- Palo ei levinnyt akusta toiseen

Tärkein seikka turvallisuuden kannalta on **latausympäristön** valinta ja palosuojaus sen mukaisesti.



[LION akkupalo työkaluseinä](#)

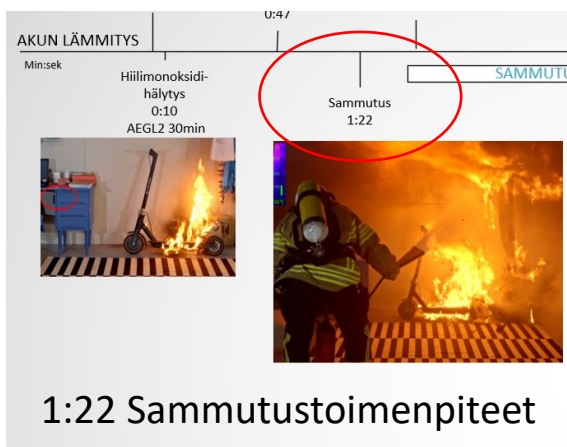




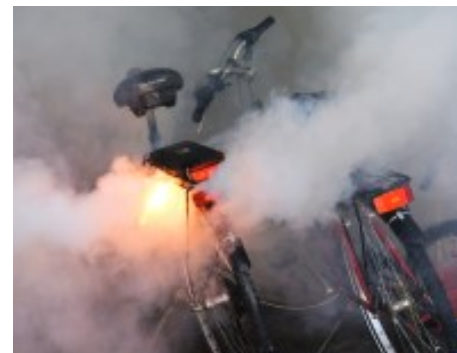
Palon leviäminen

- **Ympäristö**
 - Voidaan sammuttaa kaikilla saatavilla olevilla sammutusvälineillä.
- **Akustossa**, akkuvarastossa yms.
 - Hankalaa hallita ulkopuolisilla toimenpiteillä.

Huoneisto



Polkupyörävarasto



Savukaasujentuuletus ja vesisammutus, kunnes akku oli palanut loppuun.

Savukaasujen muodostuminen

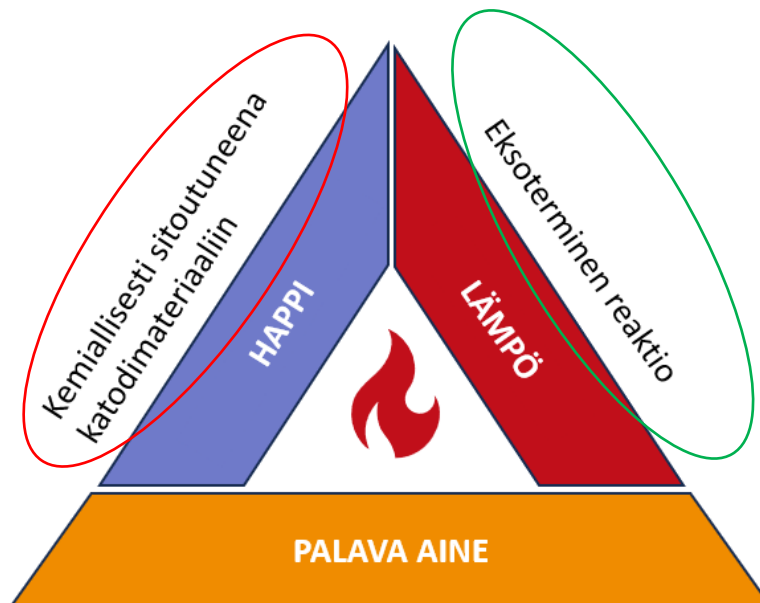
- Aiheuttaa haittaa henkilöstölle
 - Hengitettäessä
 - Ihokosketuksessa
- Voi aiheuttaa leimahduksen tai räjähdysten.



<https://www.evfiresafe.com/post/electric-car-explosions>



Perusteet



- Anodin materiaali
- Elektrolyytti

Sammutus mahdollista vain jäähdyttämällä (lämpöä poistamalla)

Sammutus?





Suunnittelu- Ennakointi

- Materiaalit / Akut
- Varautuminen kokotuotanto ketjussa
- Varautuminen myös muihin kuin tuotannon akkupaloihin
- Pelastustoimi

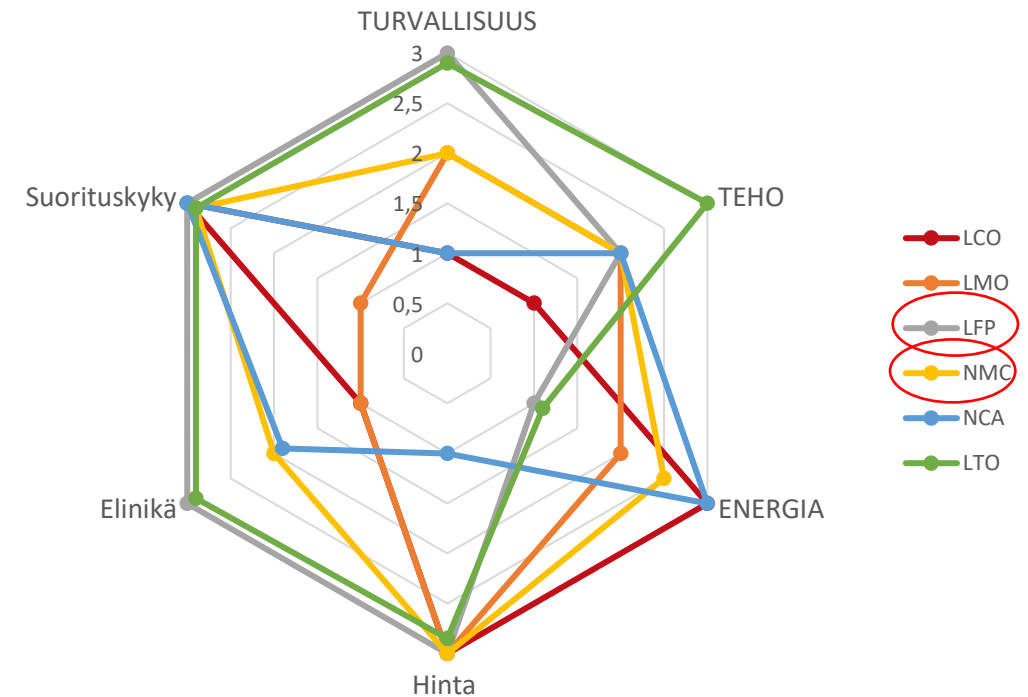
Alkusammutus

- Tehdäänkö alkusammutusta tai voidaanko paloa rajoittaa
- Henkilökohtainen suojautuminen
- Sammutusvälineet

Tuotanto

- Palojen tunnistus
- Sammutustoiminta
- Jälkitoimenpiteet

Li-ion akkukemioiden vertailu





Menetelmät:

- **Jäähdyttävät**
 - Ulkopuolinen jäähdyttäminen (esim. pikapaloposti)
 - **Upottaminen**
- **Tukahduttavat** (aerosolit, akkupalopeitteet, yms.)
 - Voivat sammuttaa ulkopuoliset liekit, mutta eivät pysäytä akkupalo
 - Antavat mahdollisesti lisää aikaa pelastustoimen saapumiselle.
 - **Umpitilassa aiheuttavat räjähdys riskin.**
- **Akun evakuointi**
 - Suuri riski altistua palovammoille ja savukaasuille.

Käsisammuttimet

- Ilman suojarusteita ei ole mahdollista mennä riittävän lähelle paloa, että käsisammuttimilla saataisiin aikaan riittävä jäähdytysteho.
- **NTA 8133: Standardissa sammutus tehdään pelkille kennoille.**
- Standardi antaa kuitenkin jonkin vertailevan kuvan sammuttimien tehokkuudesta.

Vesiupotusaltaita



Automattinen, etähallinta mahdollista





Litiumioniakkuvarastojen palonsuojausvaatimuksia ei ole **suomenlaisessa lainsäädännössä**, mutta riskienhallinnan kannalta palonsuojaukselta on syytä harkita varastojen koon kasvaessa.

Varastot voidaan luokitella elektrolyytin painon mukaan. 7kg elektrolyyttiä vastaa yhden kilogramman bensiinin palokuormaa (DBI 2022).

Tähän perustuen saadaan kolme varastoluokkaa

Taulukko. Elektrolyytin määrä suhteutettuna akun kapasiteettiin.

LUOKKA	Elektrolyytin määrä (kg)	Akkujen paino (Kg)	Energia (kWh)	Suojaustaso (*)
1	200	1000	max 125	Ei suojausta
2	200-800	< 4000	< 500	tulisi harkita suojausta
3	> 800	> 4000	> 500	tulisi olla suojaus

* Suojaustaso

- Automaattisia palon tunnistamislaitteita.
- Sprinkleri- tai kuivasprinklerijärjestelmä, johon pelastuslaitoksen on mahdollista liittyä.
- Erillinen savunpoisto

Varaston sisäistä palo-osastointia tulee harkita, jos sammutusjärjestelmistä huolimatta palo voi levitä koko varastoon ja aiheuttaa uhkan ympäristön väestölle savukaasujen tai laskeumien muodossa.



SUUNNITTELU

- Ota paloturvallisuus huomioon jo linjastoa **suunniteltaessa**
- Tunnista akkujen ja menetelmien **erityispiirteet**.
 - Esim. akkukemia ja valmistusmenetelmien aiheuttamat riskit
- Perehdy **sammutus- ja tunnistusmenetelmiin**.
 - Akusta purkautuvia kaasuja voidaan havaita merkittävästi ennen liekkipaloa.
 - Sammutusjärjestelmillä voidaan saada lisäaikaa pelastustoimen saapumiselle, vaikka ne ei paloa sammuttaisikaan.
- Varmista henkilökohtaisten suojainten ja sammutusvälineiden saavutettavuus
- Suunnittele akkujen evakuointi, jos sellainen on mahdollista tehdä turvallisesti.
- **Savukaasujen/ilmastoinnin hallinta**
 - Savukaasujen poisto tulisi olla mahdollista tehdä isompia määriä akkuja käsiteltäessä
- Suunnittele sammutusvesien käsittely

Tarkastele onko tarpeellista kouluttaa pienempi ryhmä tekemään akkujen sammutustehtävät (Rescue team).

Tee yhteistyötä paikallisten paloviranomaisten kanssa. He tarvitsevat myös tiedon suuremmista akkuvarastoista.



Akkupalosta tulevat kaasut:

- Häkää (CO) muodostuu kaikissa palamisen vaiheissa.
- Palaviakaasuja voidaan tunnistaa jo ennen akun ulkopuolista paloa.
- Anturi teknologia on saatavilla, mutta ongelmaksi voi jos muodostua kaasujen leviäminen ympäristöön. (ilmastoinnit yms.)

Taulukko. Akusta vapautuvia kaasuja

Hiilidioksidi CO₂

Hiilimonoksidi CO

Vety H₂

Hiilivedyt

Fluorivety, HF

Kloorivety, HCl

Syaanivety, HCN

Typpidioksidi, NO₂ (myös NO)

Rikkidioksidi, SO₂

Vanhat trukkien latauspisteet hyvät myös litiumioni akkujen lataamiseen.

- Yleensä palosuojattu tila ja joissakin jopa sprinklaus
- Varustettu vedyn tunnistuksella jota syntyy myös litiumioniakkupalossa.
- Varustettu tuuletuksella jolla saadaan syttyviä kaasuja poistettu ilmasta.
- Vedyn tunnistuksen lisäksi olisi suositeltavaa mitata myös **hiilimonoksidia**.



Altistuminen akkupalossa

- Palovammat
 - **Pistoliekit**
 - Kaasun leimahdukset
 - Säteilylämpö
- Kaasut
 - Hapen syrjäyttävät
 - Esim. Häkä
 - **Terveydelle haitalliset palokaasut**
- Räjähdyks
 - Suljetut tilat
 - Ei mennä tilaan jos ei voida varmistua, että kaasu voi leimhtaa.

Taulukko. Akusta vapautuvia kaasuja

Hiilidioksidi CO ₂
Hiilimonoksidi CO
Vety H ₂
Hiilivedyt
Fluorivety, HF
Kloorivety, HCl
Syaanivety, HCN
Typpidioksidi, NO ₂ (myös NO)
Rikkidioksidi, SO ₂

Työturvallisuuslaitoksen vaaralausekkeet fluori- ja syanidivedylle:

Vaaralausekkeet

* H330 Tappavaa hengitettynä.

H310 Tappavaa joutuessaan iholle.

* H300 Tappavaa nieltynä.



Lyhytaikainen altistuminen

Esim. Vesiupotus, akkupalopeitto, yms.



- Kasvomaski ja hengityksensuojain (ABEK2-P3-suodatimella)
- Suojapuku (EN ISO 11612)
- Suojakäsineet (EN 659) tai hitsauskäsineet (EN 407)

Kuva. Suojavarusteet lyhytaikaiseen altistumiseen

Pitkäaikainen altistuminen

Esim. Akun evakuointitoimenpiteet



- Suojakypärä (EN 443)
- Liekeiltä suojaava suojapuku (EN 469:2020 taso 2)
- Suojakäsineet, esimerkiksi palo- (EN 659)
- Paineilmahengityslaite

Kuva. Suojavarusteet pitkäaikaiseen altistumiseen



Akusta huuhtoutuu sammuttamisen yhteydessä PFAS-yhdisteitä ja raskasmetalleja sammutusveteen.

- Perinteisessä autopalossa ei raskasmetalleja juurikaan esiinny. Sähköautossa paljon.
- Sähköauton PFAS-yhdisteiden määrä 4-5 kertainen polttomoottori autoon verrattuna.

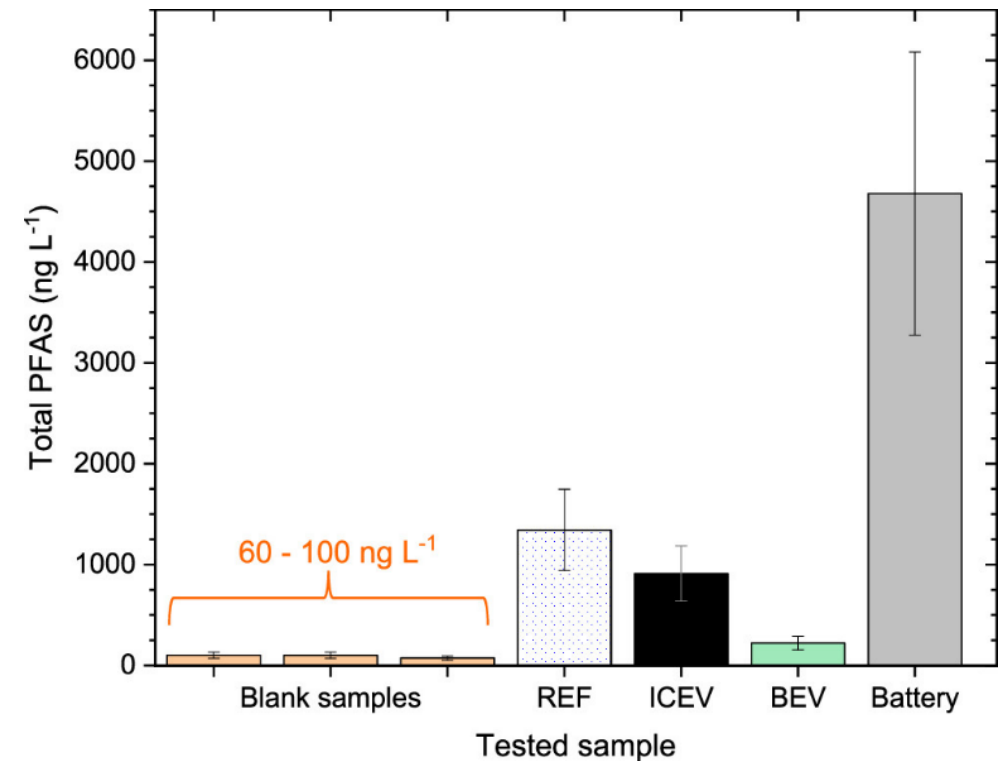
Taulukko. Akkupalosta vapautuvia raskasmetalleja

Table 41 Specific comparison of pollutants present in a BEV fire and an ICEV fire

Substance	Pollutant concentrations following a	
	BEV fire in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (experiment)	ICEV fire in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (real fire)
Cobalt	155 – 400	0.2
Nickel	156 – 400	0.3
Manganese	148 – 380	3
Lithium	30 – 70	1.2
Fluoride	40 – 52	0.5

Sammutusvesien käsittely pelastustoimessa ja tehdasympäristössä tulisi suunnitella etukäteen.

Taulukko. Akkupalosta vapautuvia PFAS-yhdisteitä





Energiavarstoista on tehty hankkeessa oma suositus.

Teollisuuden näkökulmasta tulee noudattaa

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2023/1542

12 artikla

Kiinteiden akkupohjaisten energiavarastojärjestelmien turvallisuus

1. Markkinoille saatettujen tai käyttöön otettujen kiinteiden akkupohjaisten energiavarastojärjestelmien on oltava turvallisia niiden normaalin toiminnan ja käytön aikana.
2. Liitteessä VIII tarkoitetuissa teknisissä asiakirjoissa on viimeistään 18 päivänä elokuuta 2024
 - a) osoitettava, että kiinteät akkupohjaiset energiavarastojärjestelmät ovat 1 kohdan mukaisia, ja niihin on sisällyttävä näyttö siitä, että ne on testattu onnistuneesti liitteessä V esitettyjen turvallisuusmuuttujien osalta, mitä varten on käytettävä uusinta tekniikkaa edustavia testausmenetelmiä. Turvallisuusmuuttujia sovelletaan ainoastaan, jos vastaava vaara on olemassa kyseisessä kiinteässä akkupohjaisessa energiavarastojärjestelmässä, kun sitä käytetään valmistajan ennakoimissa olosuhteissa;
 - b) niihin on sisällyttävä arvio kiinteän akkupohjaisen energiavarastojärjestelmän mahdollisista muista kuin liitteessä V käsitellyistä turvallisuusvaaroista;
 - c) niihin on sisällyttävä näyttö siitä, että b alakohdassa tarkoitettuja riskejä on onnistuneesti vähennetty ja että niihin liittyvät testit on suoritettu uusimpia testausmenetelmiä käyttäen;
 - d) niihin on sisällyttävä ohjeet siitä, miten toimia, jos tunnistetut vaaratekijät, kuten tulipalo tai räjähdys, toteutuisivat.

Energiavarastojen sammutuksessa vesi on yhtä tehokas kuin alkusammutustoimenpiteissä on aikaisemmin esitetty ja sitä on suositeltavaa käyttää aina **jos valmistaja sen hyväksyy.**



- Akut jaetaan kierrätyksen perusteella pieniin (paristot ja nappiparistot) keskisuuriin (alle 10 kg) ja isoihin akkuihin.
- Varaa kierrätettäville tai epästabiileille akuille oma paloturvallinen paikka, esim. tuulettuva merikontti
- Kierrätä akut mahdollisimman nopeasti, kunnes akut on todettu stabiiliksi.
- Lähetä akut vaarallisten aineiden vaatimusten mukaisesti noudattaen. (UN koodaukset)
- **Akkujen kierrätys suositukset tulee muuttumaan 2025, jolloin myös isot akut tulevat tuottajavastuun piiriin.**
- Kaikkien akkujen tulee olla stabiilissa tilassa ennen lähettämistä
- Akkujen kierrätystoimintaa tekevät yritykset auttavat kuljetusten ja pakkausten kanssa. Niitä ovat Recser, Fortum Battery recycling Oy, Akkuser Oy, Kuusakoski Oy ja Stena Recycling OY .



Akkujen lähetysastia täytetty palamattomalla täyteaineella



Mitä tästä olisi hyvä jäädä mieleen

VARAUTUMINEN

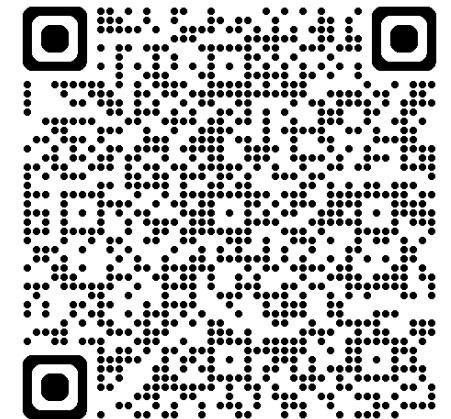
- Tunne akkusi
- Varaudu paloihin
 - Savukaasut (ihmisten ja ympäristö)
 - Palon leviäminen
 - Leimahdus/räjähdys riski
- Harjoittele
- Kohdenna turvatoimet niihin akkuihin joissa materiaali- ja henkilöriskit ovat suurimmat. Ne voivat olla myös tuotannon ulkopuolella.
- Käytä standardeja ja ohjeita vaikka ne eivät olisi vielä Suomessa käytössä. Kansainvälisesti on jo paljon saatavilla.

Tulevaisuuden näkymät:

- **Varautukaa.** Tulevaisuudessa tulossa mahdollisesti joko **kiinteän elektrolyytin akut, joiden toiminta on kyseenalaista** tai akut joissa on **metallista litiumia**, joiden sammuttaminen vedellä on mahdotonta.

Suositukset ja videotallenteen tästä esityksestä löytää hankkeen nettisivuilta.
<https://www.pelastusopisto.fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/litiumioniakkujen-elinkaaren-paloturvallisuus-ja-varautumisohjeet-lion-hanke/>

Suositukset





PELASTUSOPISTO

