

# LI-ION AKKKUJEN TURVALLISUUS- TEKNIIKAN TRENDIT

Turvallisen tekniikan seminaari,  
METSTA, Tampere-talo

Marraskuu 13, 2025

Riku Honkoaho

Ioncor Oy

The IONCOR logo is displayed in a white, stylized, sans-serif font. The letters are bold and modern, with the 'O's featuring a slight gap in the middle. The logo is positioned in the upper right corner of the slide, set against a dark blue background that is part of the overall slide design.

# SISÄLTÖ

01

Ioncor Oy – Akkuratkaisujen edelläkävijä

02

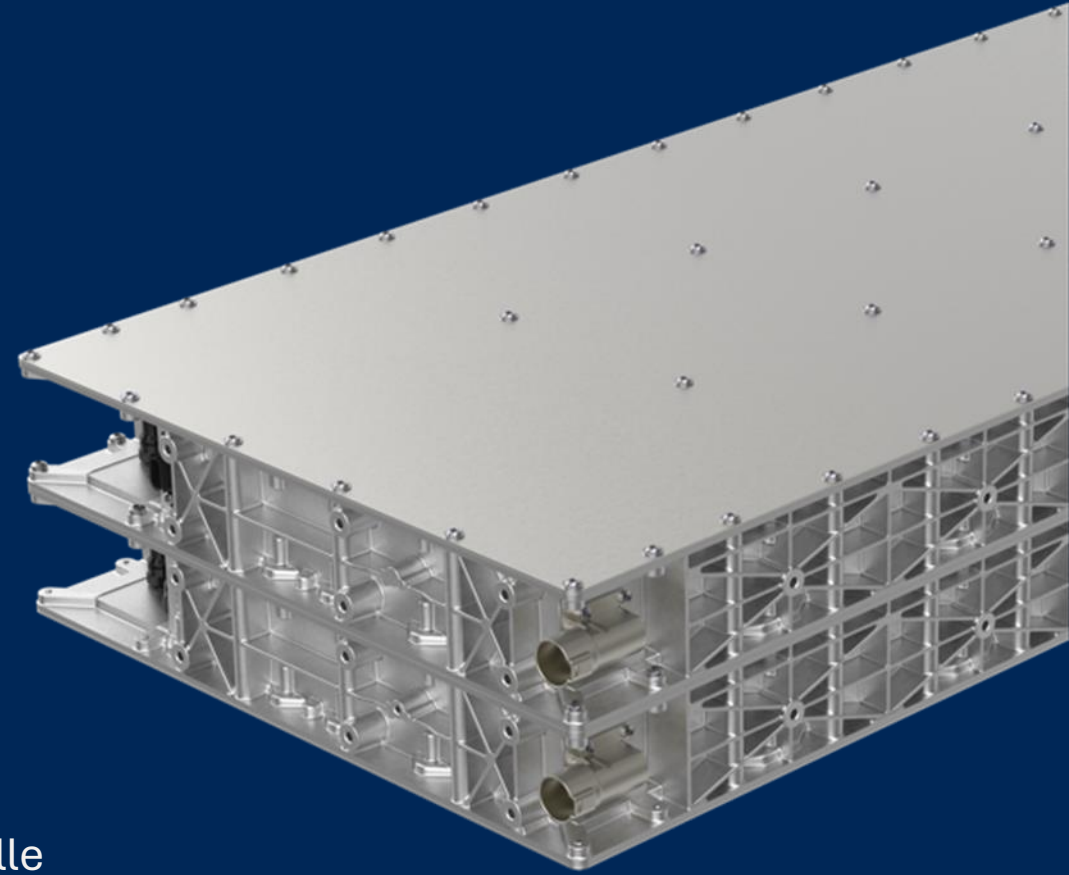
Li-ion akkujen & EV sektorin standardisointi

03

Li-ion akkujen turvallisuustekijät kennoista konetasolle

04

Li-ion akkujen „state-of-the-art“ turvatekniikat



IONCOR

01

IONCOR OY

AKKURATKAISUJEN  
EDELLÄKÄVIJÄ





# IONCOR – Suomessa ja Saksassa

2018

Valmet  
Automotive EV  
Power Oy



> 3

miljoonaa  
akkujärjestelmää  
valmistettu

< 50

ppm<sup>1</sup> – tiukat  
laatuvaatimukset

3

Eurooppalaista  
tuotantolaitosta



Vahva jalansija  
Euroopassa 7  
lokaation voimin

11

tuotantolinjaa



1,000+  
työntekijää

1.5

miljardin euron  
bruttomyynti  
vuonna 2024



yli 60  
kansalaisuutta

 = Valmistus

- Uusikaupunki
- Salo
- Kirchartt

 = Tuotekehitys ym.

- Uusikaupunki
- Turku
- Helsinki
- Bad Friedrichshal
- Weißenbronn
- Munich

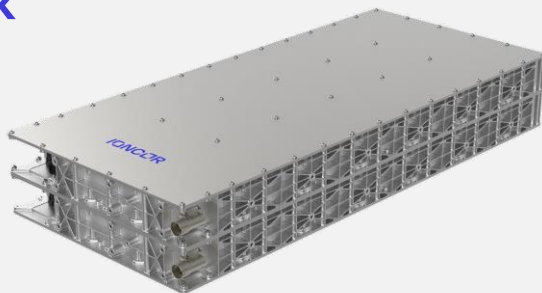


# IONCOR – Irtautuminen Valmet Automotivesta

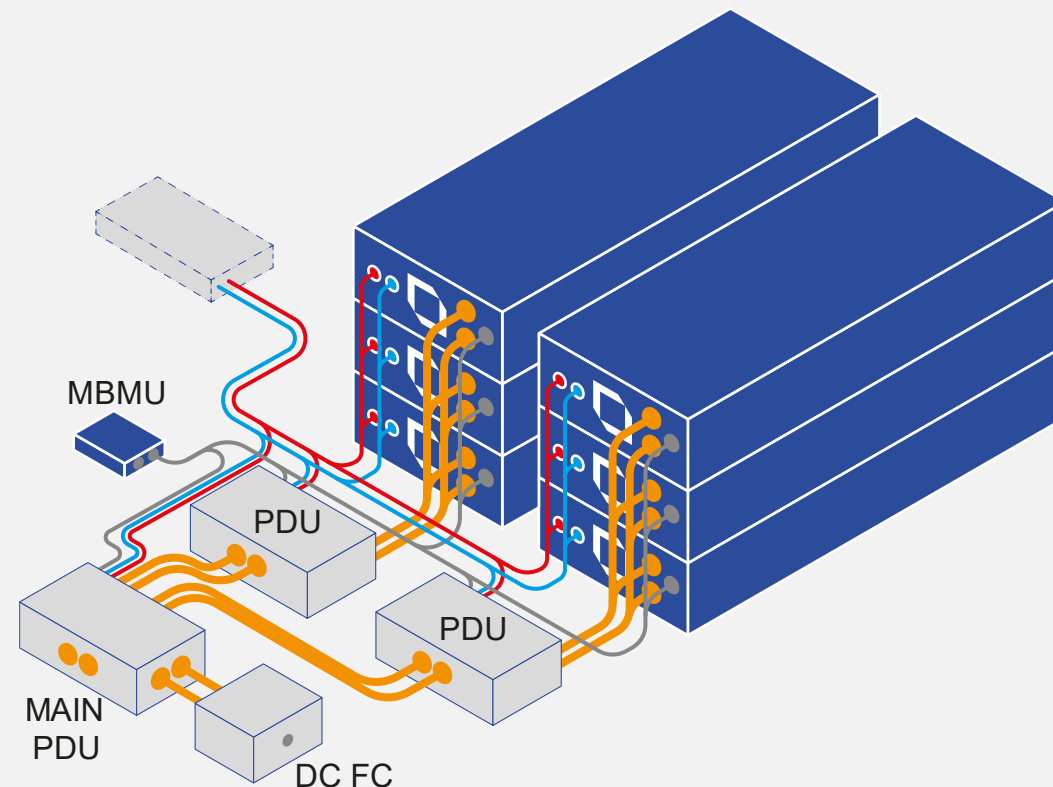


# Energy Pack – Modulaarinen akkuratkaisu liikkuvien työkoneneiden tarpeisiin

Energy Pack  
(46,5 kWh)



Energy Pack Long  
(78,5 kWh)

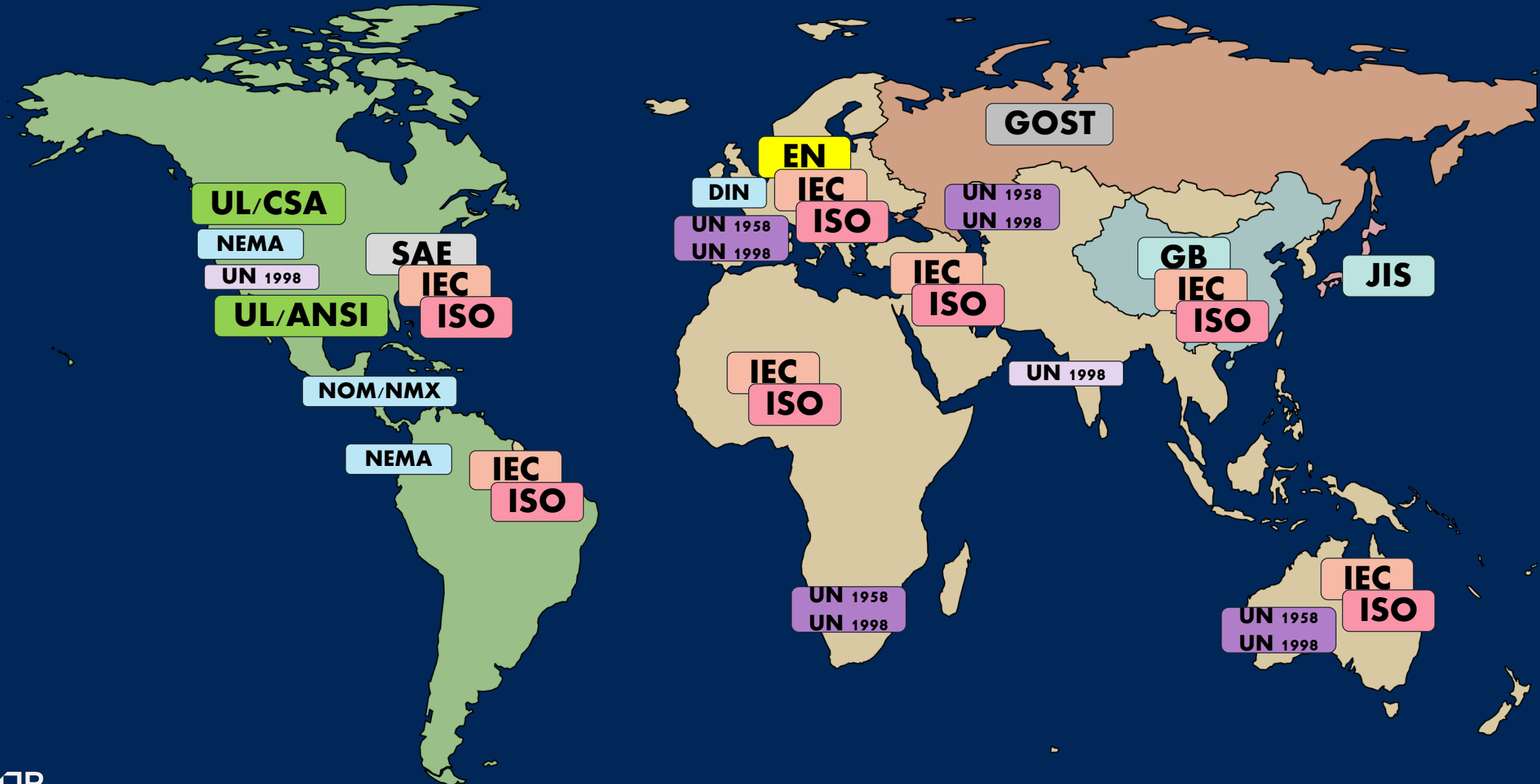


02

# LI-ION AKKUJEN & EV SEKTORIN STANDARDISOINTI

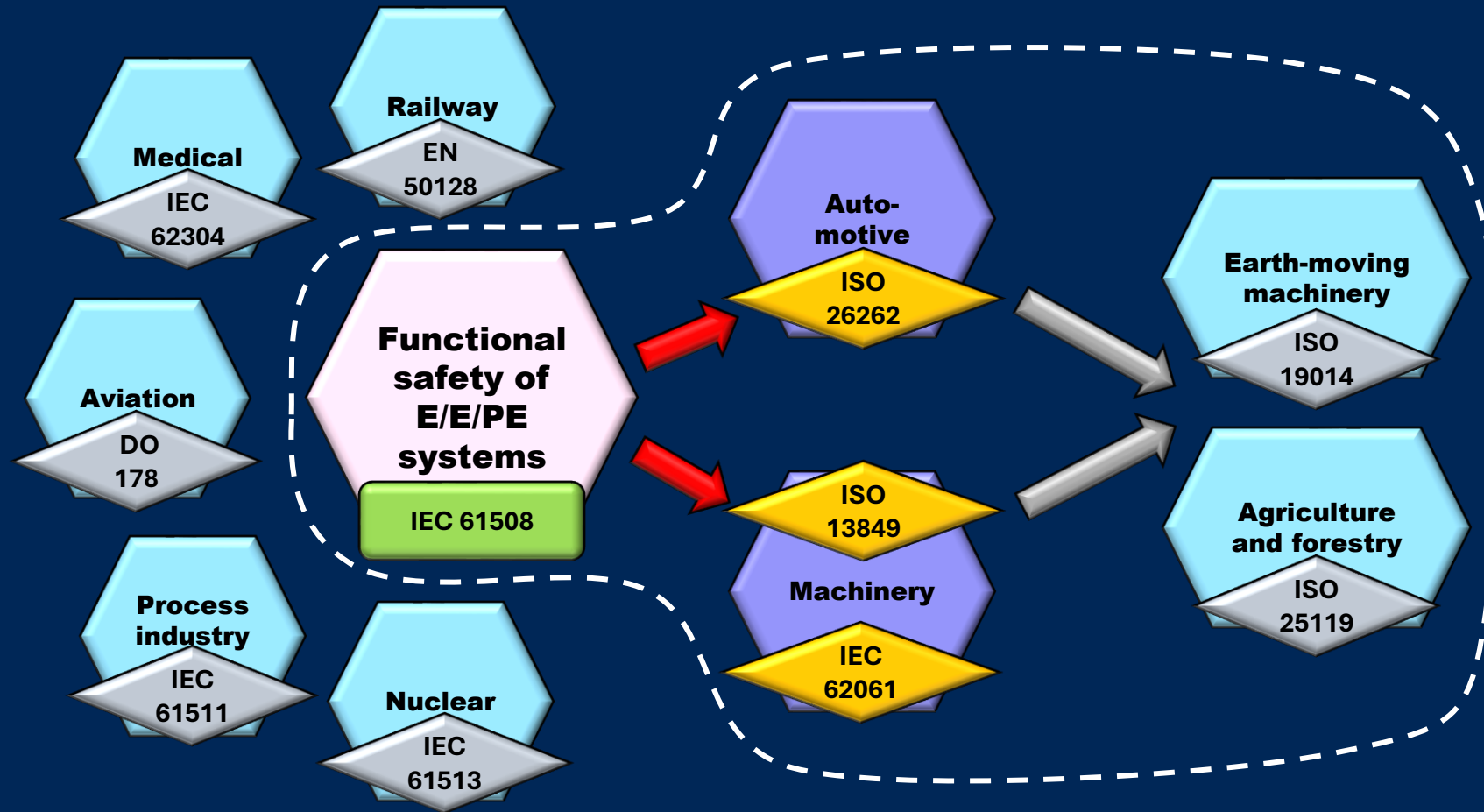


# Standardien kansainvälisyys





# Toiminnallisen turvallisuuden standardit



# Yhteenvedo akkustandardeista (EU)

Standardi / asetus	Tieliikenne	Konesektori	Laivateollisuus	Maa-/metsätalous
UN ECE R100	Kyllä	Harkinnanvarainen	Ei	Harkinnanvarainen
UN 38.3	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
UL 2580	Kyllä	Kyllä	Ei	Harkinnanvarainen
IEC 62619	Ei	Kyllä	Kyllä	Harkinnanvarainen
ISO 16750	Kyllä	Harkinnanvarainen	Harkinnanvarainen	Harkinnanvarainen
ISO 6469	Kyllä	Harkinnanvarainen	Ei	Harkinnanvarainen
IEC 60664	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
ISO 60204-1	Ei	Kyllä	Ei	Harkinnanvarainen
EN 1175	Ei	Harkinnanvarainen	Ei	Ei
ISO 16230	Ei	Ei	Ei	Kyllä
ISO/SAE 21434	Kyllä	Harkinnanvarainen	Harkinnanvarainen	Harkinnanvarainen

# Standardipäivitykset

## Kiina: GB 38031: 2025

- Akkujen ”offline” monitorointi 1h siitä hetkestä kun pysäköinti alkanut
- Harmonisointi ECE-R100 kanssa

## USA: FMVSS 305a: 2025

- Kevyt ja raskasliikenne sekä polttokennosovellutukset
- Validoinnin siirtäminen ajoneuvotasolle
- Kattava analyysi propagaation estämisestä, sisältäen mm. paloriskien analysoinnin kaikissa operatiivisissa tilanteissa
- Audio-visuaalinen varoitus annettava kuljettajalle 3 minuutissa

## UN 1958: ECE-R100 Rev.4 (tulossa):

- Edellistä revisiota päivitetty jo viidesti
- Sähköiset trailerit ja perävaunut
- Tarkempi erittely ajoneuvoluokittain
- Varoitusmerkinnät

## EU: Koneasetus ja Kyberkestävyysäännös 2027

- Kyberturvallisuus
- CE-merkintä ”liittyville tuotteille”

## EU: Akkuasetus 2023/1542

- Kiertotalous
- Huolellisuusvelvoite (’Due Diligence’)
- Hiilijalanjäljenlaskenta
- Digitaalinen tuotepassi
- Ilmoitettu laitos & CE-merkintä

03

LI-ION AKKUJEN

**TURVALLISUUSTEKIJÄT**

KENNOISTA KONETASOLLE





# Akkupalot saavat huomiota

## Tampereen parkkipalo – Tällainen Audi paljastui syypääksi

Viitisenkymmentä arvokasta autoa tuhoutui ja toimistokiinteistö kärsi miljoonien eurojen vahingot Tampereen keskustassa lokakuun ensimmäisenä päivänä.



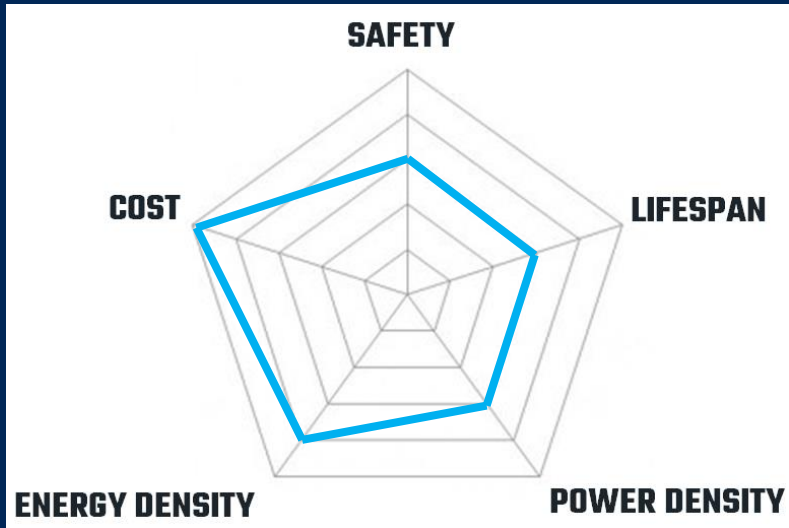
Kuumuus romahdutti hallin kattoeristeet ja sähköjohdot alas. Roina tukki viemärin ja lattia lainehti vettä. SISÄ-SUOMEN POLIISILAITOS



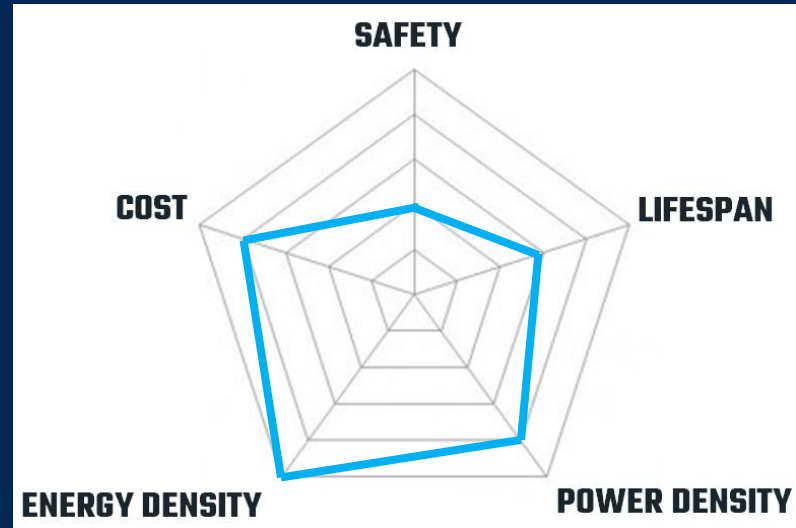
Yksittäinen ~60V Li-ion  
akkumoduuli naulattuna

# Li-Ion kennoteknologiat vertailussa

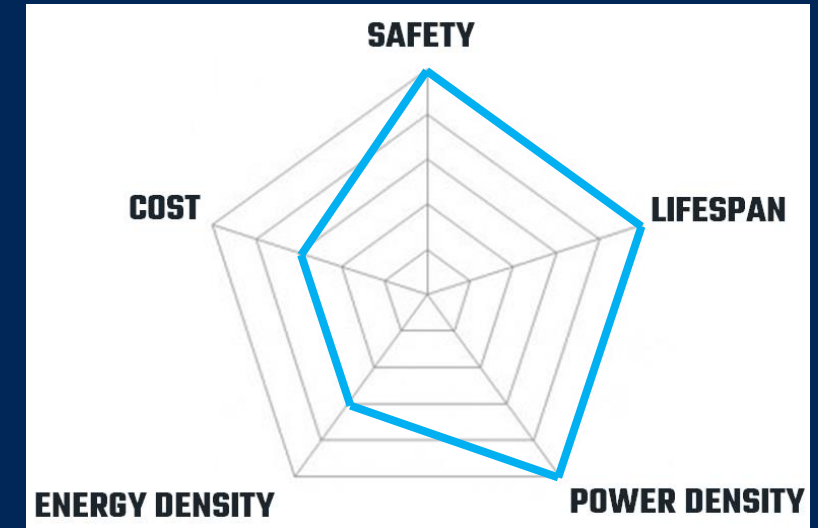
## LFP



## NMC



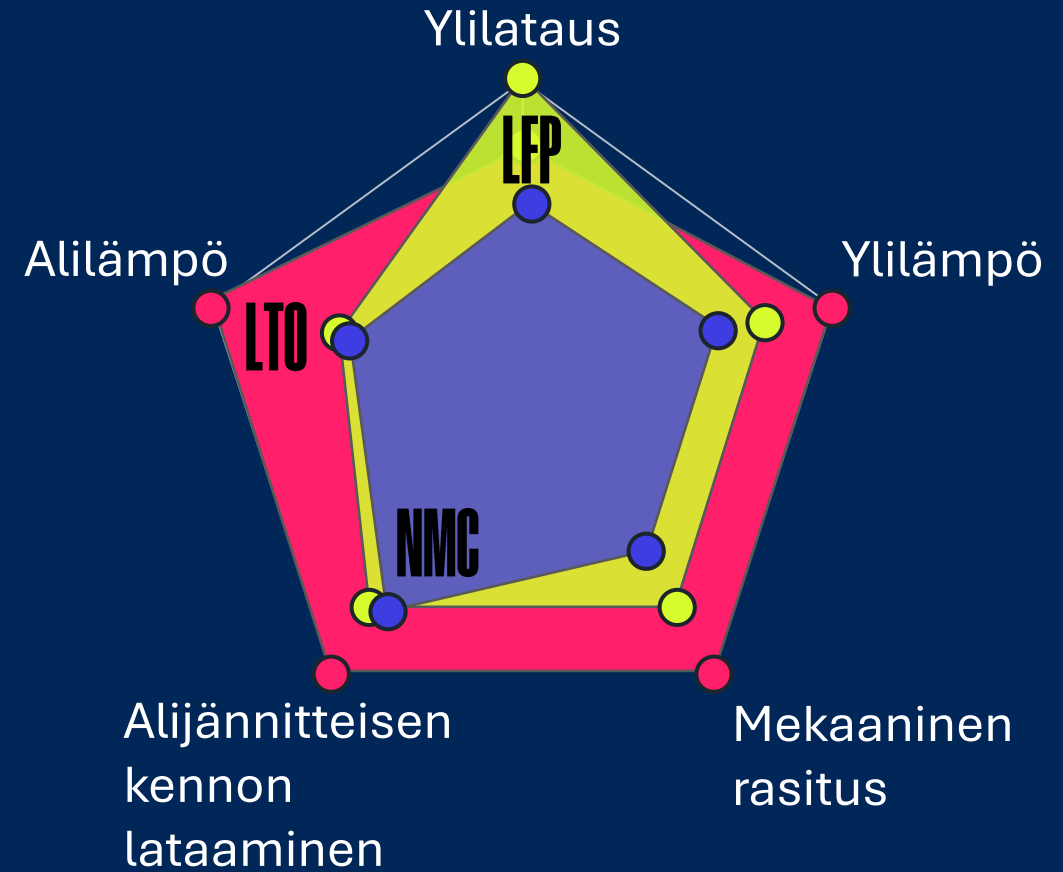
## LTO



# Li-Ion kennoteknologiat vertailussa

## Yhteenveto:

- BMS:n merkitys huomattava, koska kenno pidettävä turvallisessa operointitilassa jännitteen, virran sekä lämpötilan suhteen.
- Niin pitkään kuin kennon sisällä orgaanista kemialla (LFP, LTO, NMC), paloriski on olemassa!
- Käytännössä LFP kemiaan pohjautuvat akkuratkaisut vaativat täysin samat suojaustoimenpiteet sekä toiminnallisen turvallisuuden riskitasot kuin ”vaarallisena” pidetty NMC.
- LFP:n ongelmallisena erityispiirteenä on tasainen OCV-käyrä laajalla SOC alueella.



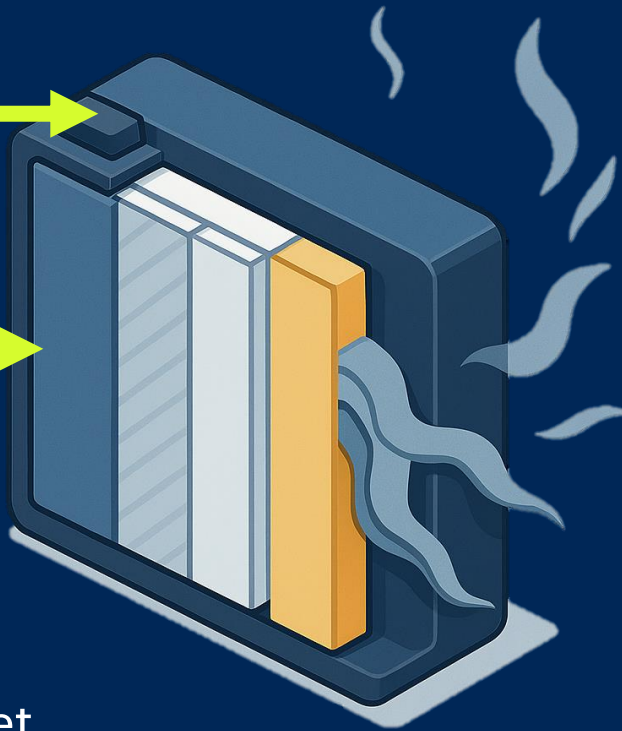
# Li-Ion kennon lämpökarkaus

## Sähköinen rasitus:

- Ylilataaminen
- Ylipurkaminen
- Ylivirta

## Mekaaninen rasitus:

- Fyysiset iskut / puristuminen
- Valmistusvirheet / epäpuhtaudet
- Altistuminen ääriämpötiloille

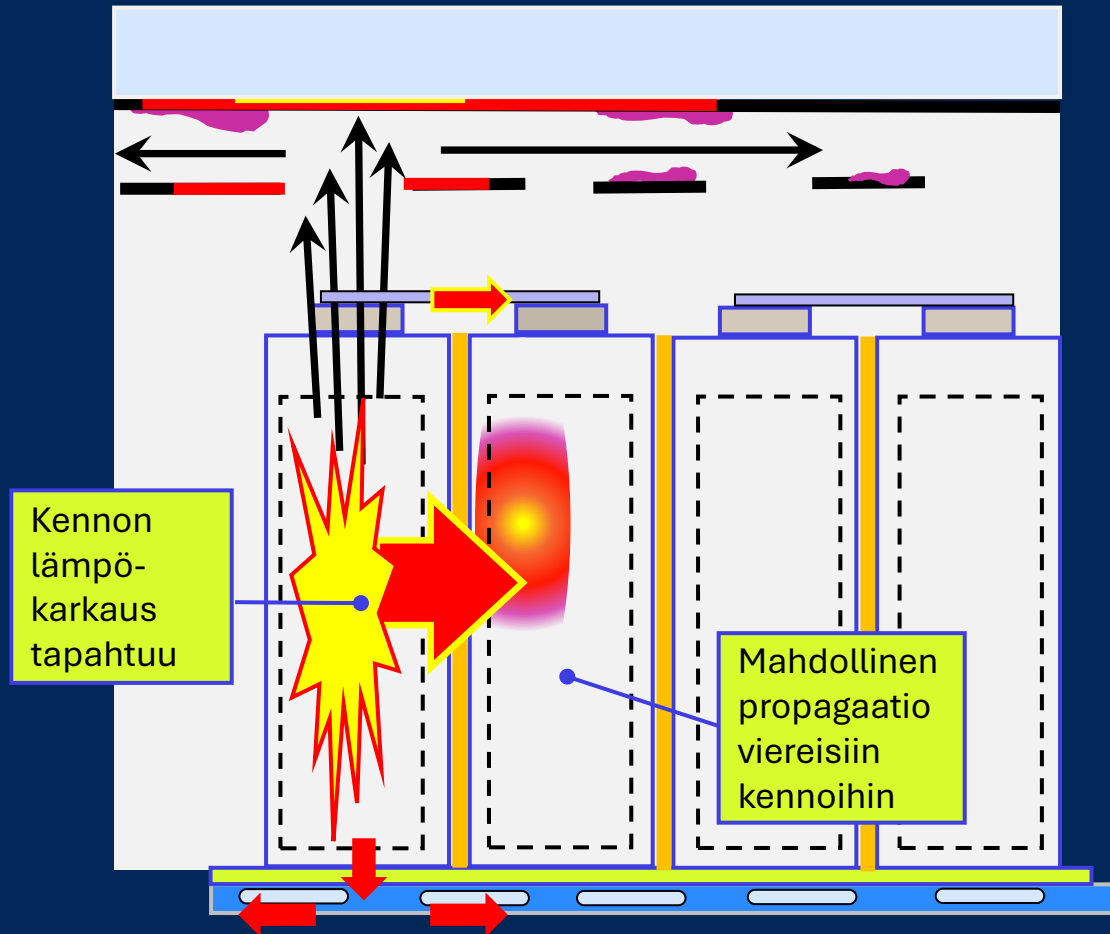


1. SEI kerroksen rikkoutuminen
2. Murtunut SEI johtaa anodilla olevan hiilen reagointiin elektrolyytin kanssa vapauttaen lämpöä
3. Separattorin sulaminen johtaa sisäiseen oikosulkuun
4. Katodilta vapautuu happea
5. Happi + polttoaine + lämpö

**→ Palotilanteen ylläpito ilman ulkoisia tekijöitä !!**



# Lämpökarkaamisesta propagaatioon

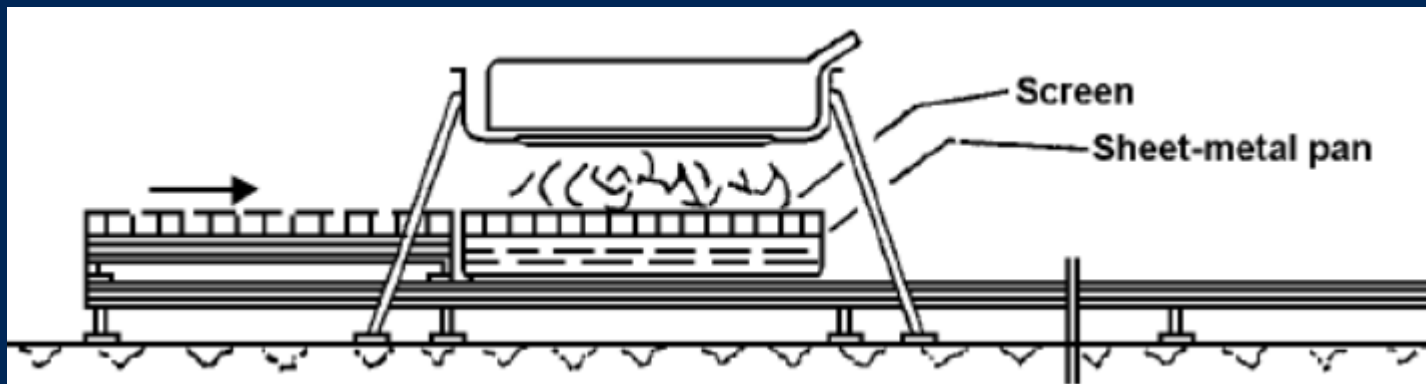


**Propagaation estäminen vaatii erityisosaamista, mutta täysin mahdollista hyvän suunnittelun, materiaalivalintojen, simulointien ja testaamisen yhteispelillä:**

- A. Lämpökarkaavan kennon jäähdyttäminen, mutta samalla estäen liiallinen lämmön siirtyminen muihin kennoihin;
- B. Venttiilistä purkautuvien palokaasujen sekä materiaalin hallinta, sekä;
- C. Korkeajänniteakun sähköinen eristäminen.

# Ajoneuvo- / konetason suojaustoimenpiteet

1. Varoitukset kuljettajalle → ECE-R100: 5min evukointiaika varoituksesta
2. Palokaasujen turvallinen reititys → ECE-R100: Ei sallittu matkustajien altistamista palokaasuille
3. Suojaaminen ulkoiselta tulipalolta → ECE-R100: Akkujen "pan fire" polttokoe
4. Mekaaninen suojaus, erit. iskut → Riippuen applikaation erityistarpeista
5. Akun aktiivinen jäähdytys/lämmitys → Esim. +25 °C liian kylmä joidenkin kennojen pikalataukseen



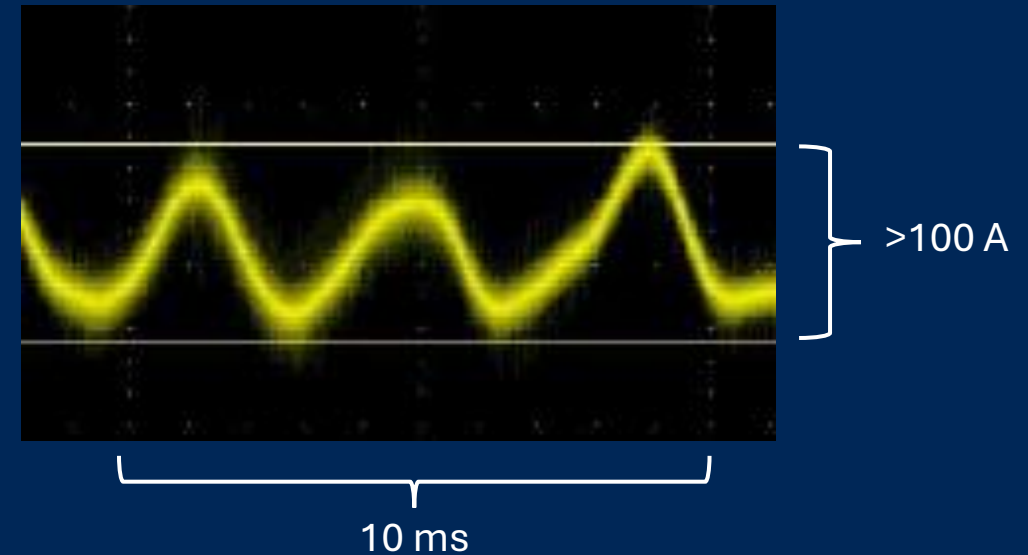
# Iteratiivinen riskien pienentämisen strategia



# Akkujen ylivirtasuojauksen ongelmat

## Taustatietoa:

- Ylivirralla suojaaminen keskeisessä roolissa li-ion akkujen turvallisessa käytössä
- Huomioitava akkupaketin virranmittauksessa näkyvät häiriöt
  - Invertterin PWM kytkennästä syntyvät rippelit ja harmoniset häiriötaajuudet
  - Pitkät ja ohuet kaapeloinnit lisäävät ongelmallisia häiriöitä johtuen LC resonanssista
  - Akun näkemä virtarippelin amplitudi voi olla helposti luokkaa 5-20%





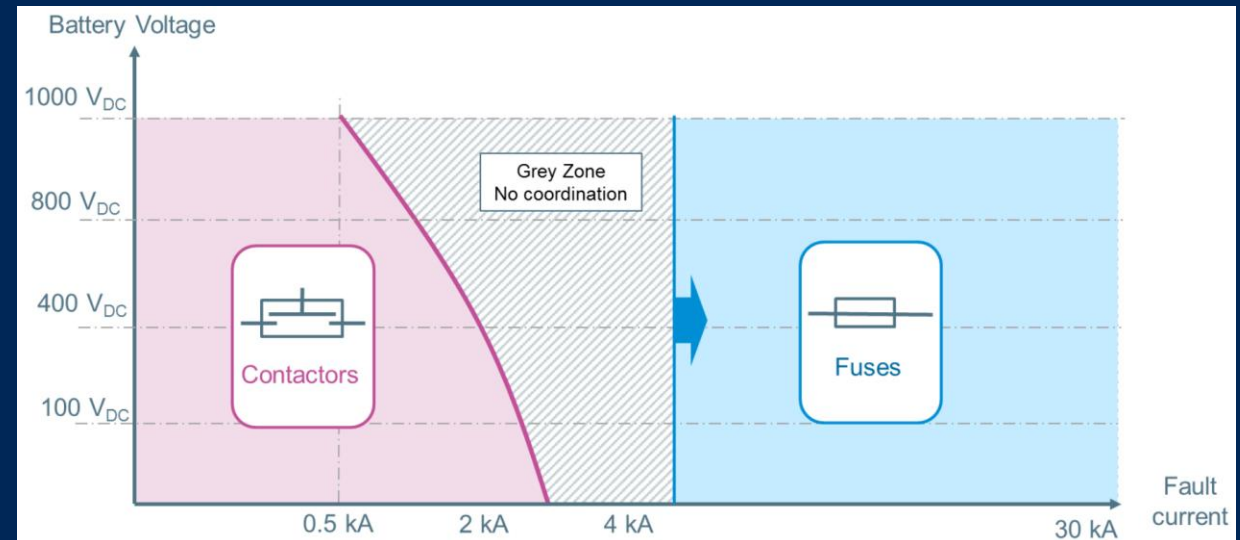
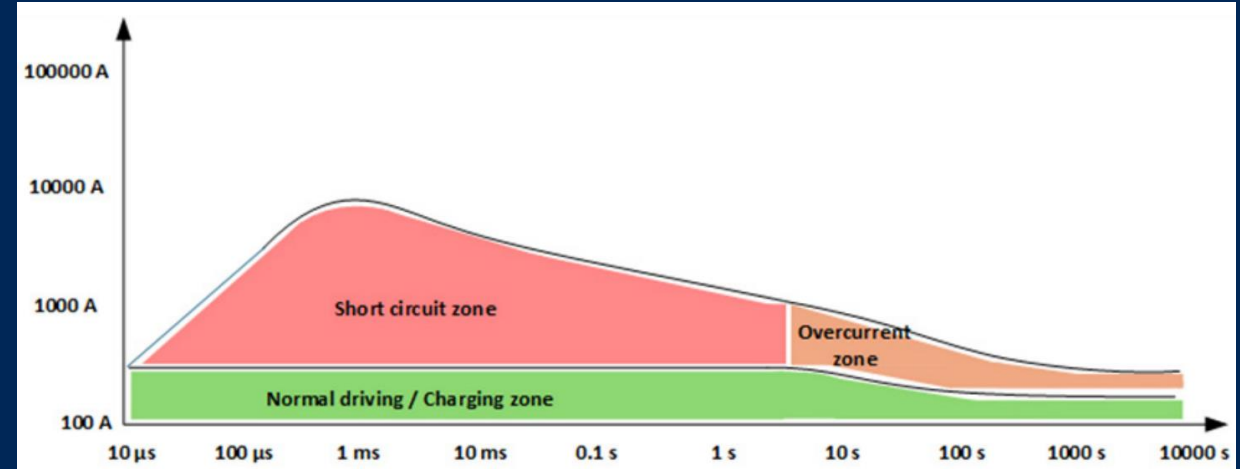
# Akkujen ylivirtasuojauksen ongelmat

## Taustatietoa:

- Tyypillisen sähköauton akun oikosulkuvirta nousee helposti  $\leq 10\,000\text{ A}$
- Joskus myös kennoissa sisäänrakennettuja „sulakkeita“ → ei saisi olla ”heikoin lenkki”
- Piirin induktanssin kasvaessa vikavirran nousunopeus laskee, mutta aiheuttaa suuremman valokaaririskin ( $E = \frac{1}{2} LI^2$ )

## Ylivirtasuojauksessa erit. huomio viiveille:

- Kontaktoreiden avautumisviive  $\sim 20\ldots 50\text{ ms}$
- Sulake (esim. 500A) palamisviive vahvasti lämpötilariippuvainen  $\sim 500\ldots 1500\text{ ms}$
- Pyrosulakkeen palaminen  $\sim 1\ldots 5\text{ ms}$



04  
LI-ION AKKUJEN  
STATE-OF-THE-ART  
TURVATEKNIIKAT



# State-of-the-Art

## 1. Kaikki lähtee kennon olosuhteiden optimoinnista

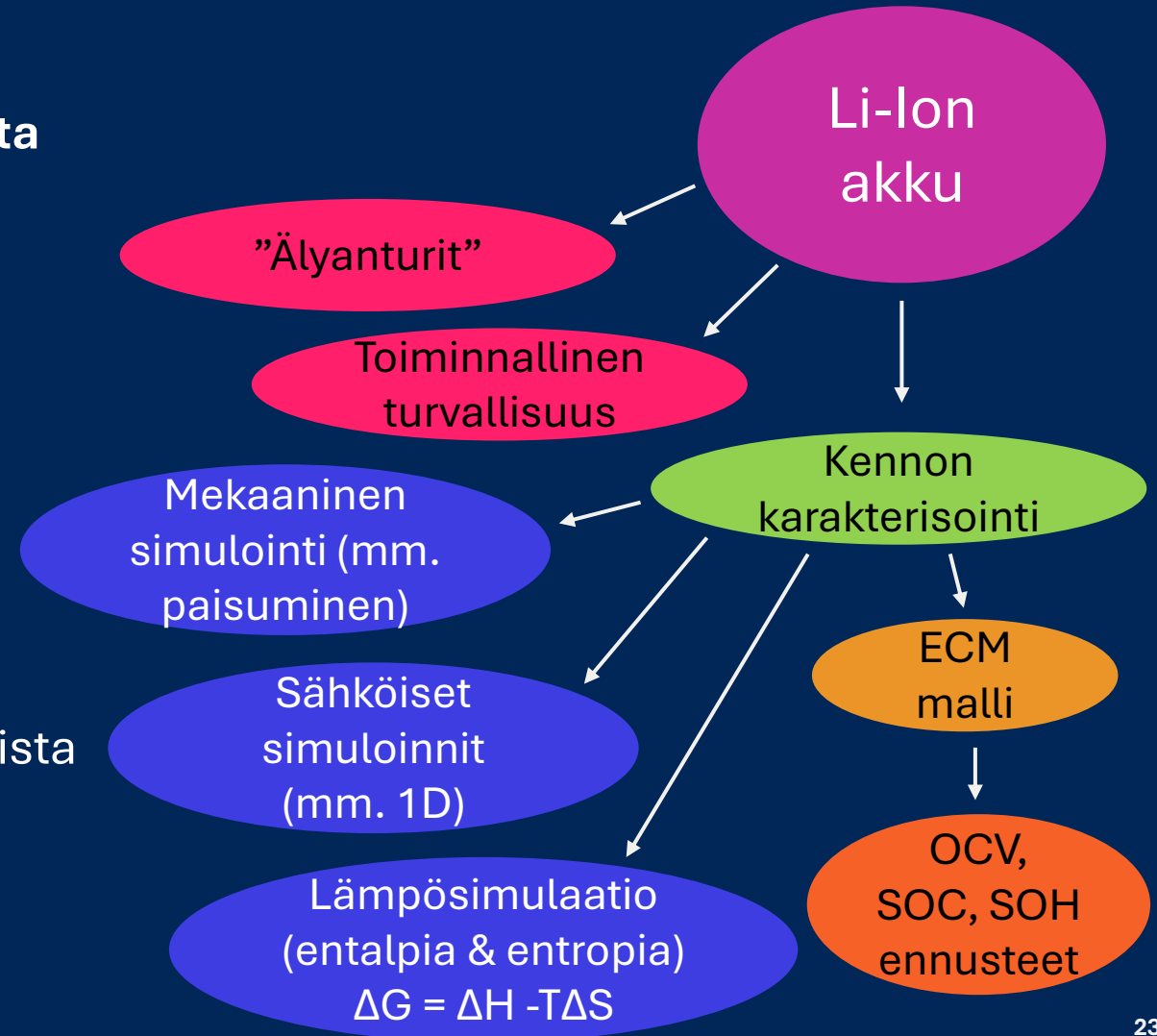
- Toiminnallinen turvallisuus
- Pikalataaminen vaatii erityistä huomiota

## 2. Kennon ja järjestelmän mallinnus

- Yhteispeli kenno- ja akkuvalmistajan välillä!
- Haastavien simulointien iteraatio

## 3. Anturitekniikan kehitys vielä alkuvaiheessa

- Kaasuanturit VOC, H<sub>2</sub>, CO/CO<sub>2</sub>
- Venttiilin ”murtuman” tunnistaminen haasteellista



# State-of-the-Art

## 4. Propagaation estäminen

- Lämmönhallinta palavan kennon ympärillä!
- Pakokanaviston suunnittelu & dual-stage venttiilit
- Palonsuojamateriaalit (esim. aerogels / micas)
- Cell-to-Pack arkkitehtuuri
- Sähköinen eristäminen

## 5. Tulevaisuuden trendit?

- OTA päivitykset & etämonitorointi
- Ennakoiva huolto (ISO/TR 9839:2023)
- Siirtyminen pois fail-safe arkkitehtuurista
- Solid state





# Simulointiportfolio – Systemisimuloinnit

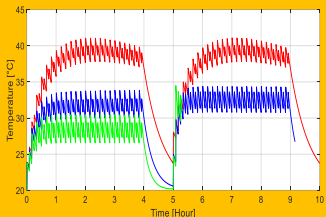
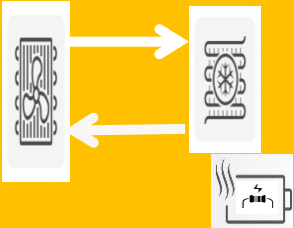
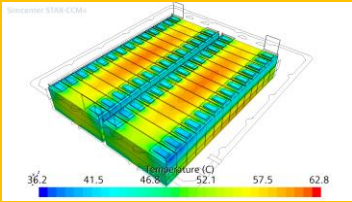
**Vaatimukset**  
Simulointimallin  
valmistelu

**Karakterisointi**  
Simulointimallin  
lähtöarvot

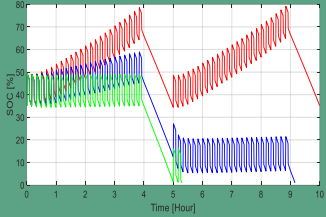
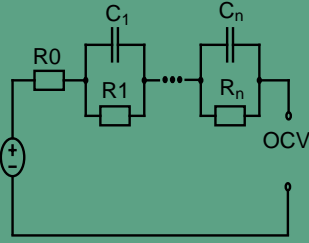
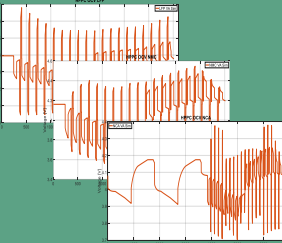
**Arkkitehtuurisuunnittelu**  
Simulointimallien  
rakentaminen

**Validointi**  
Suunnittelun verifiointi  
Simulaatiomallin validointi

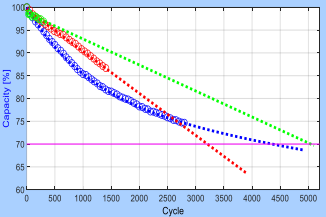
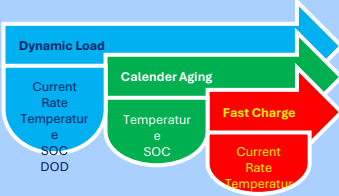
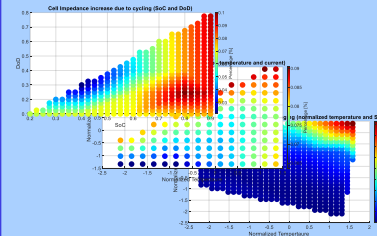
Turvallisuus



Performanssi



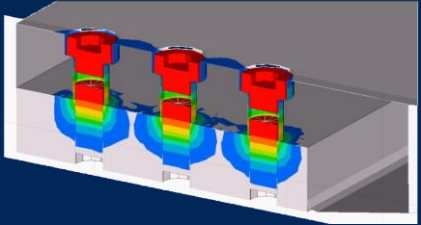
Ikääntyminen



# Simulointiportfolio – Mekaaniset simuloinnit

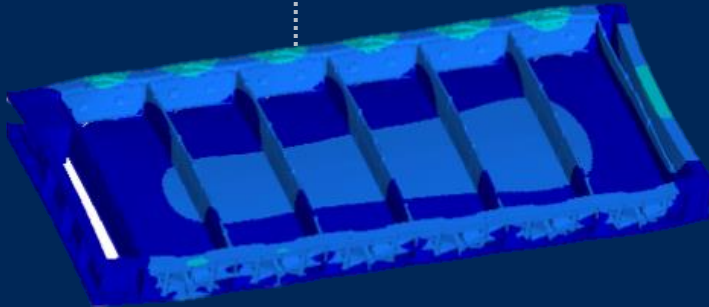
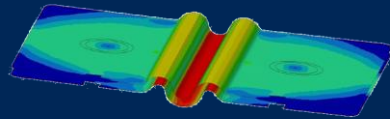
## Asennuskuormat

- Press-fitit
- Ruuviliitokset
- Käsittelykuormitukset



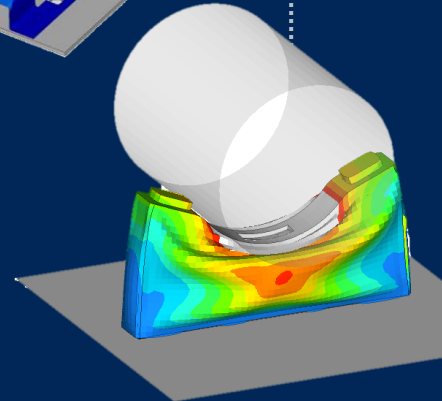
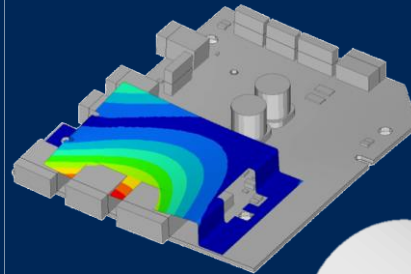
## Operatiiviset kuormat

- Lämpötilakuormitukset
- Kennon paisuminen



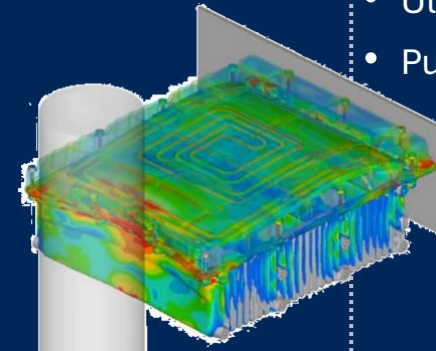
## Ympäristökuormat

- Hydrostaattinen paine
- PSD värinä & väsyminen
- Applikaatio kohtaiset iskut 6...25G



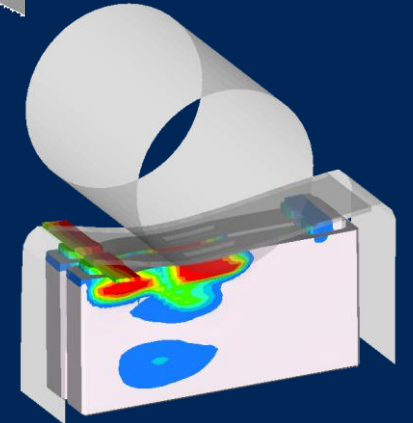
## Staatinen väärinkäyttö

- Staatinen puristuminen (mekaaninen eheys)



## Dynaaminen väärinkäyttö

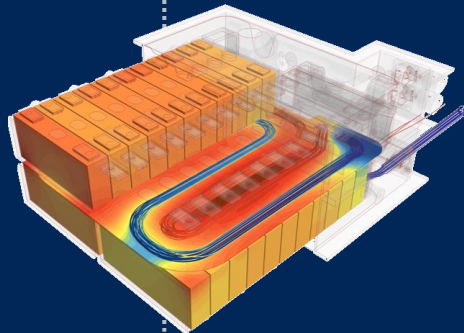
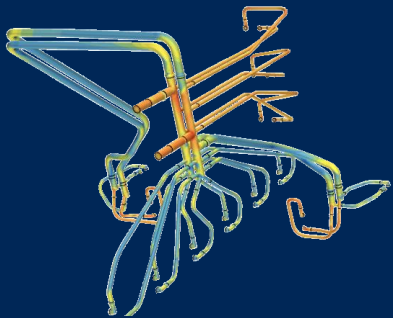
- Impakti
- Dynaaminen puristuminen
- Ulkoiset esineet
- Pudottaminen



# Simulointiportfolio – Lämpö- ja nestesimuloinnit

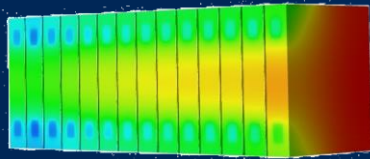
## Jäähdytysjärjestelmä

- Painehäviöt
- Virtausjakaumat
- Jäähdytysteho



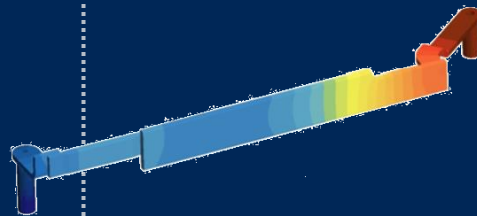
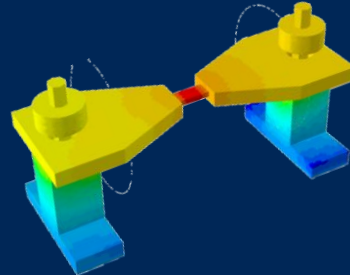
## Lämpöperformanssi

- Minimi, maksimi, keskiarvo lämpötilat
- Lämpötilagradientit
- Lämpövuoto



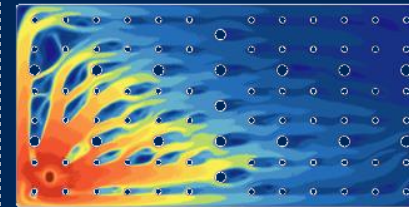
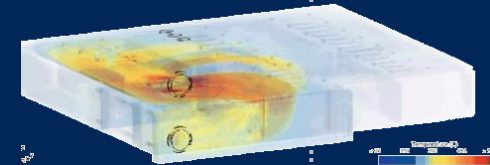
## Komponenttien lämpömallinnus

- Virtakiskot
- Tehoelektroniikka
- Kennon kalibrointi



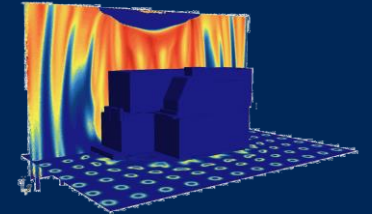
## Kennon lämpöryntäys ja propagaatio

- Kennon ventilaatio
- Kennosta kennoon propagaatio



## Polttokoe “pan fire”

- Standardien mukaisesti
  - KMVSS
  - ECE-R100





An aerial photograph of a vast, lush green mountain range. The mountains are covered in dense tropical forest. A road or railway line winds through the valley between the mountains. The sky is clear and blue. A dark blue rectangular box is overlaid on the center of the image, containing white and yellow text. There are also two stylized blue quotation marks on the left and right sides of the box.

# THE LIFETIME PARTNER FOR ELECTRIFICATION



# CONTACT

RIKU HONKOAHO

Key Specialist, Product Safety Management  
CF Engineering

IONCOR Oy

Autotehtaankatu 14

23500 Uusikaupunki

[riku.honkoaho@ioncor-batteries.com](mailto:riku.honkoaho@ioncor-batteries.com)





An aerial, high-angle shot of a blue bus driving on a multi-lane highway. The bus is positioned in the center-right of the frame, moving away from the viewer. The road has white lane markings and a yellow center line. To the left of the road is a concrete barrier and some greenery. The background shows more of the highway and some trees. The overall scene is captured with a slight motion blur, suggesting the bus is moving quickly.

IONCOR

**ELECTRIFYING THE**  
**GLOBAL ENERGY TRANSITION**