

Road Safety and Electric and Networked Vehicles

Tieliikenneturvallisuus ja sähkö- ja verkotetut ajoneuvot

DI Vesa Linja-aho 14.45–15.15

Puhujasta

- Autoelektroniikan lehtori 2010–2020 @ Metropolia-amk
- Ryhmä- ja viestintäpäällikkö @ Sähköalan standardointijärjestö SESKO 9/2020–8/2021
- Vapaa sähköturvallisuusasiantuntija 9/2021–
- Teen työn ohessa väitöskirjaa Aalto-yliopistoon, *Electrical Safety of Emerging Technologies* (ohj. Jorma Kyyrä & Matti Lehtonen)
- SESKO SK 78 Sähköturvallisuus ja SK 21 Akut ja energiavarastot puheenjohtaja sekä SK 69 Sähköautot ja latausjärjestelmät sihteeri + KV-työryhmät
- Julkaistua ammattikirjallisuutta:



Tutkimusartikkeleita

Linja-aho, V. (2021). Kiinteistöjen sähköasennusten paloturvallisuus sähköautoja ladattaessa. *Pelastus- ja turvallisuustutkimuksen vuosikirja 2021*. http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja_D/D1_2021.pdf

Linja-aho, V. (2020). Fatal electrical accidents in Finland 1980–2019 – trends and reducing measures. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 4(2), 37–47. https://doi.org/10.24840/2184-0954_004.002_0004

Konferenssipaperit

Linja-aho, V. (2023). Advancing Electrical Safety Towards a Global Electrical Work Safety Standard. IEEE Electrical Safety Workshop 2023.

Linja-aho, V. (2022). Assessing the Electrical Risks in Electric Vehicle Repair. IEEE Electrical Safety Workshop 2022.

Linja-aho, V. (2020). Hybrid and Electric Vehicle Fires in Finland 2015–2019. *International Conference on Fires in vehicles (FIVE)*, <https://www.ri.se/en/five/five2020/papers>

Keskustelua sähköiskuhukkumisista

Linja-aho, V. (2021). Discussion of "examining the risk of electric shock drowning (Esd) as a function of water conductivity". *IEEE Transactions on Industry Applications*, <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.3032949>

Kehitys Suomessa

Eri käyttövoimien osuudet ensirekisteröinneistä vuosittain

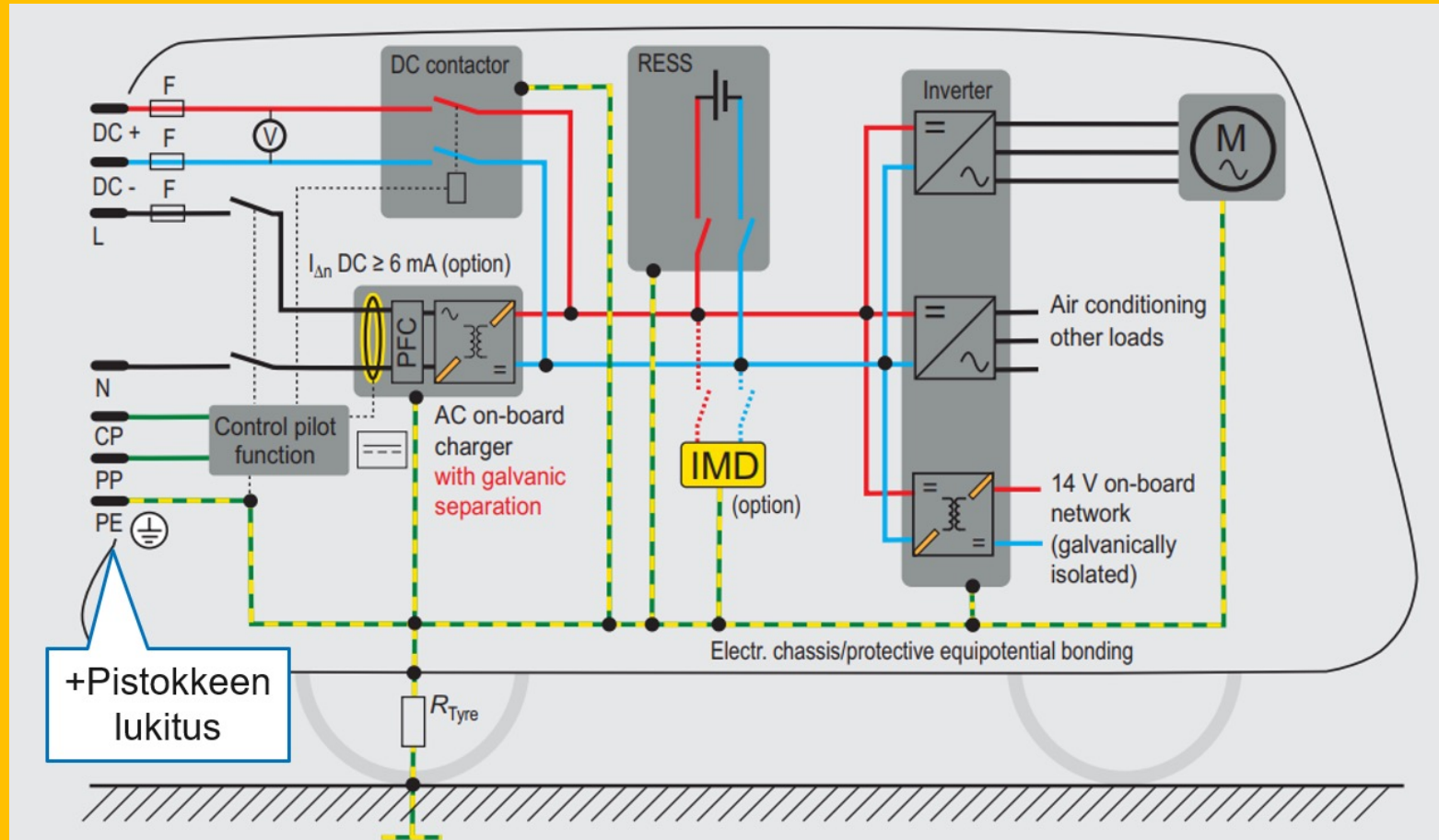
	Diesel	Bensiini	Ei-ladattava hybridi	Ladattava hybridi	Sähkö	Metaani
2015	35,70 %	60,90 %	2,60 %	0,40 %	0,20 %	0,10 %
2016	33,20 %	61,60 %	3,90 %	1,00 %	0,20 %	0,10 %
2017	30,40 %	59,50 %	7,20 %	2,20 %	0,40 %	0,40 %
2018	23,80 %	60,60 %	9,80 %	4,10 %	0,60 %	1,00 %
2019	18,30 %	59,30 %	13,60 %	5,20 %	1,70 %	1,90 %
2020	13,25 %	47,29 %	19,42 %	13,72 %	4,40 %	1,91 %
2021	8,53 %	31,23 %	28,54 %	20,45 %	10,31 %	0,92 %
2022	6,63 %	23,56 %	31,47 %	19,79 %	17,79 %	0,73 %

Päiväys: 2023-01-02 08:30

Lähde: Netwheels Oy, Mittaristo ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, liikenneasioiden rekisteri

	Bensiini	Diesel	Sähkö	Ladattava hybridi	Metaani	Etanoli	Muu	Yhteensä
2000	1 901 943	218 128	4	0	0	0	674	2 120 749
2001	1 915 576	230 157	4	0	0	0	506	2 146 243
2002	1 936 940	242 710	4	0	0	0	371	2 180 025
2003	1 995 049	264 071	3	0	0	0	260	2 259 383
2004	2 056 949	274 040	3	0	0	0	198	2 331 190
2005	2 113 042	301 283	3	0	0	0	149	2 414 477
2006	2 157 205	331 882	3	0	4	0	193	2 489 287
2007	2 120 731	359 907	3	0	106	0	133	2 480 880
2008	2 029 549	419 836	7	0	210	0	120	2 449 722
2009	1 991 562	457 541	13	0	366	13	109	2 449 604
2010	1 979 684	505 627	23	0	484	360	105	2 486 283
2011	1 977 225	553 318	56	0	621	1 171	105	2 532 496
2012	1 966 349	590 351	109	0	830	2 443	108	2 560 190
2013	1 952 136	619 622	169	0	1 016	2 895	113	2 575 951
2014	1 939 980	650 298	360	566	1 249	3 306	108	2 595 867
2015	1 927 444	678 780	614	1 017	1 499	3 459	109	2 612 922
2016	1 914 808	705 843	844	2 437	1 820	3 581	99	2 629 432
2017	1 922 859	731 887	1 449	5 719	3 152	3 759	105	2 668 930
2018	1 920 510	750 603	2 404	13 095	5 599	4 032	91	2 696 334
2019	1 916 849	760 330	4 661	24 703	9 377	4 298	89	2 720 307
2020	1 914 949	761 314	9 697	45 621	12 356	4 423	88	2 748 448
2021	1 884 698	751 779	22 921	76 990	14 378	4 486	97	2 755 349
2022	1 851 355	719 927	44 889	104 039	15 607	4 474	102	2 740 393

Täyssähköauto sisältä



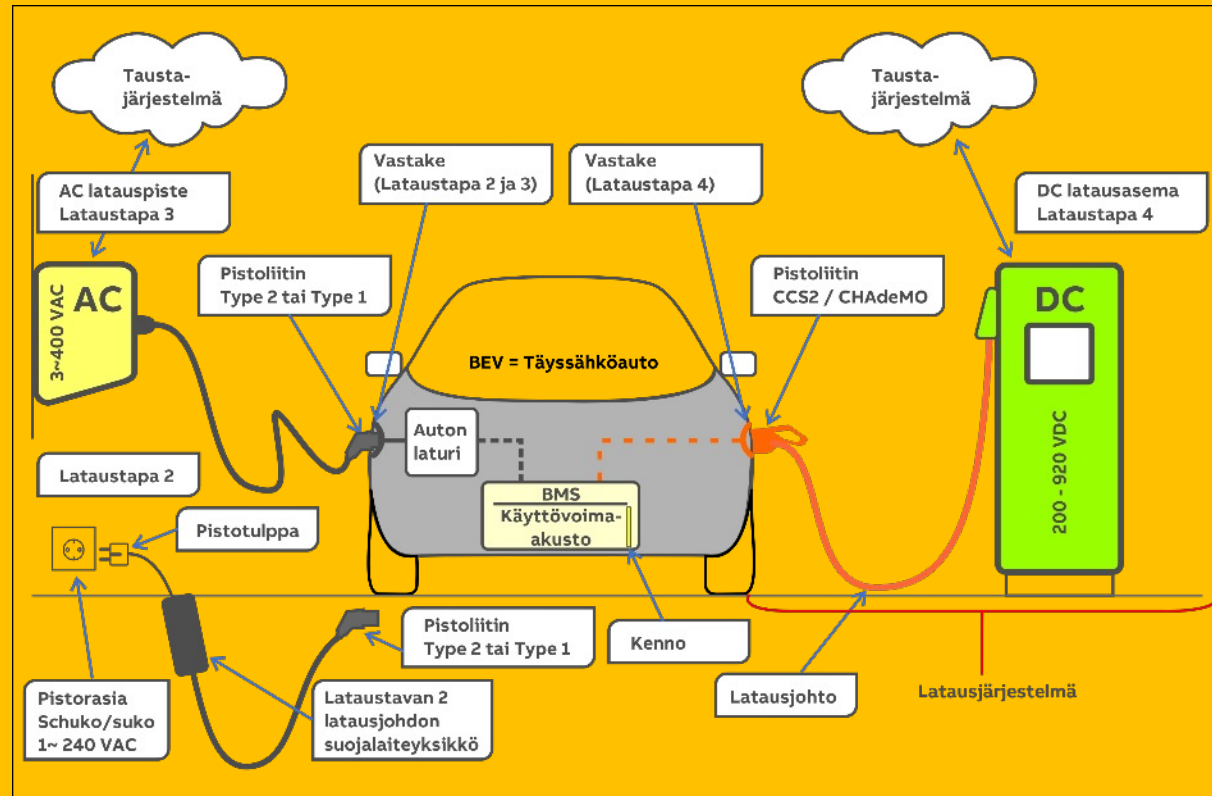


Korkeajännitejärjestelmä

	IEC	Autoala
Pienoisjännite	$\leq 120 \text{ V (DC)}$ $\leq 50 \text{ V (AC)}$	
Low voltage	$]120 \text{ V, } 1500 \text{ V}] \text{ (DC)}$ $]50 \text{ V, } 1000 \text{ V}] \text{ (AC)}$ = pienjännite	$\leq 60 \text{ V (DC)}$ $\leq 30 \text{ V (AC)}$ = matalajännite
High voltage	$> 1500 \text{ V (DC)}$ $> 1000 \text{ V (AC)}$ = suurjännite	$> 60 \text{ V (DC)}$ $> 30 \text{ V (AC)}$ = korkeajännite

	Jännite	Kapasiteetti	Akun massa
BEV	400–800 V	30–110 kWh	300–600 kg
PHEV	$< 400 \text{ V}$	10–20 kWh	$\approx 100 \text{ kg}$
Ei-ladattava HEV	$< 400 \text{ V}$	$\approx 1 \text{ kWh}$	$\approx 20 \text{ kg}$

Sähköauton voi ladata monella tavalla



+ Lataustapa 1: pienet sähkökuljineet: skootterit, mopot, nelipyörät ja vastaavat...

Latausjohto (lataustapa 3, tyyppi 2)

Latauspistotulppa (kytketään pistorasiaan)

Latauspistoke (kytketään autoon)



Latausliitin eli latausvastake autossa



Sähköautojen vaarat

- Tulipalovaara ladatessa (syöttävä asennus ja latausasema)
- Ajoneuvopalovaara
- Toiminnalliset vaarat (esim. väännön menetys ohitettaessa)
- Kolariturvallisuus
 - Sähköisku?
 - Tulipalo
 - Pelastajien turvallisuus
- Sähköisku-, valokaari-, kemikaali- ja paloturvallisuus muussa kuin normaalissa käytössä: hinaus, huolto, korjaus, kierrätys...
- Autot yhteydessä ulkomaailmaan: kyberturvallisuus ja yksityisyydensuoja
- Keskeiset ylätason määräykset UNECE 100, 155, 160 (EDR)

Sähköiskuvaara?

- Sähköautosta ei voi saada sähköiskua samasta syystä kuin minkä takia lintu ei saa sähköiskua istuessaan 20 000 voltin avojohdolla.
- Latauksessa oleva sähköauto on suojattu sekä suojamaadoituksella että vikavirtasuojalla, eli myös verkkosähköiskun saaminen on käytännössä mahdotonta.
- Pahasti kolaroitua autoa käsiteltäessä **pieni** sähköiskuriski on olemassa, mutta se on hallittavissa suojavaarustein ja tietämällä mitä tekee.

Merkittävin yksittäinen riski: tulipalo ladattaessa

- Omat latausviritelmät ja peruspaloturvallisuuden laiminlyönti
- 16 A ottava kaapeli lämpötila-anturilla + väliin halpa ajastin = katastrofi
 - Palo voi lähteä liikkeelle myös jakorasian vanhoista huppuliitinliitoksista ja vastaavista epäjatkuvuuskohdista



<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/varmland/haftig-villabrand-i-sunne>

<https://www.elinstallatoren.se/innehall/nyheter/2018/oktober/har-ar-elfelen-bakom-den-odesdigra-elbilsladdningen/>

Esimerkki: bussipalo Lahdessa 1/2023



Päijät-Hämeen pelastuslaitos

@phpelastus

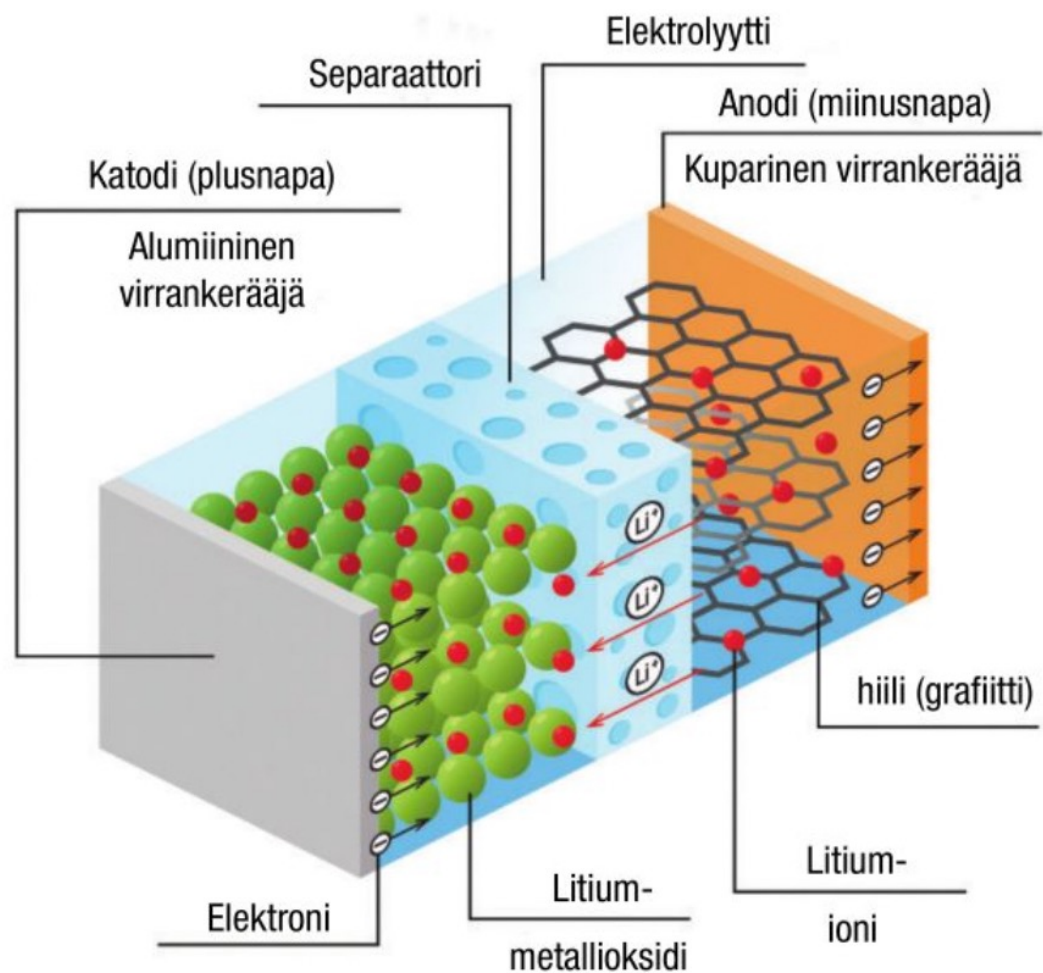
40:n akkupaketin joukosta löytyi viisi selkeästi ylikuumentunutta, joita ensin jäähdytettiin paikallaan. Lopuksi kaikki akkupaketit poistettiin autosta. Akut siirrettiin vesihautteeseen pelastuslaitoksen vesitiiviille lavalle ja siellä ne saa rauhattua ja tilannetta seurataan.

[Translate Tweet](#)

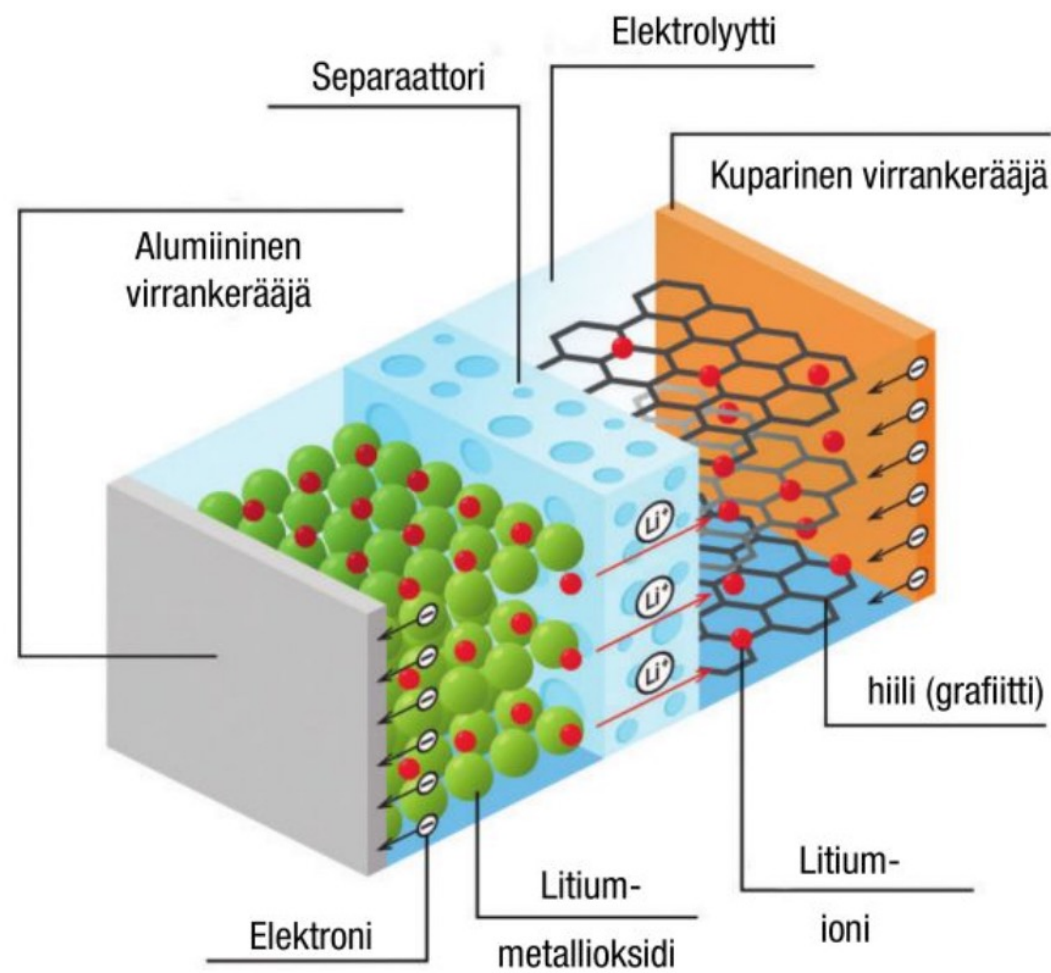


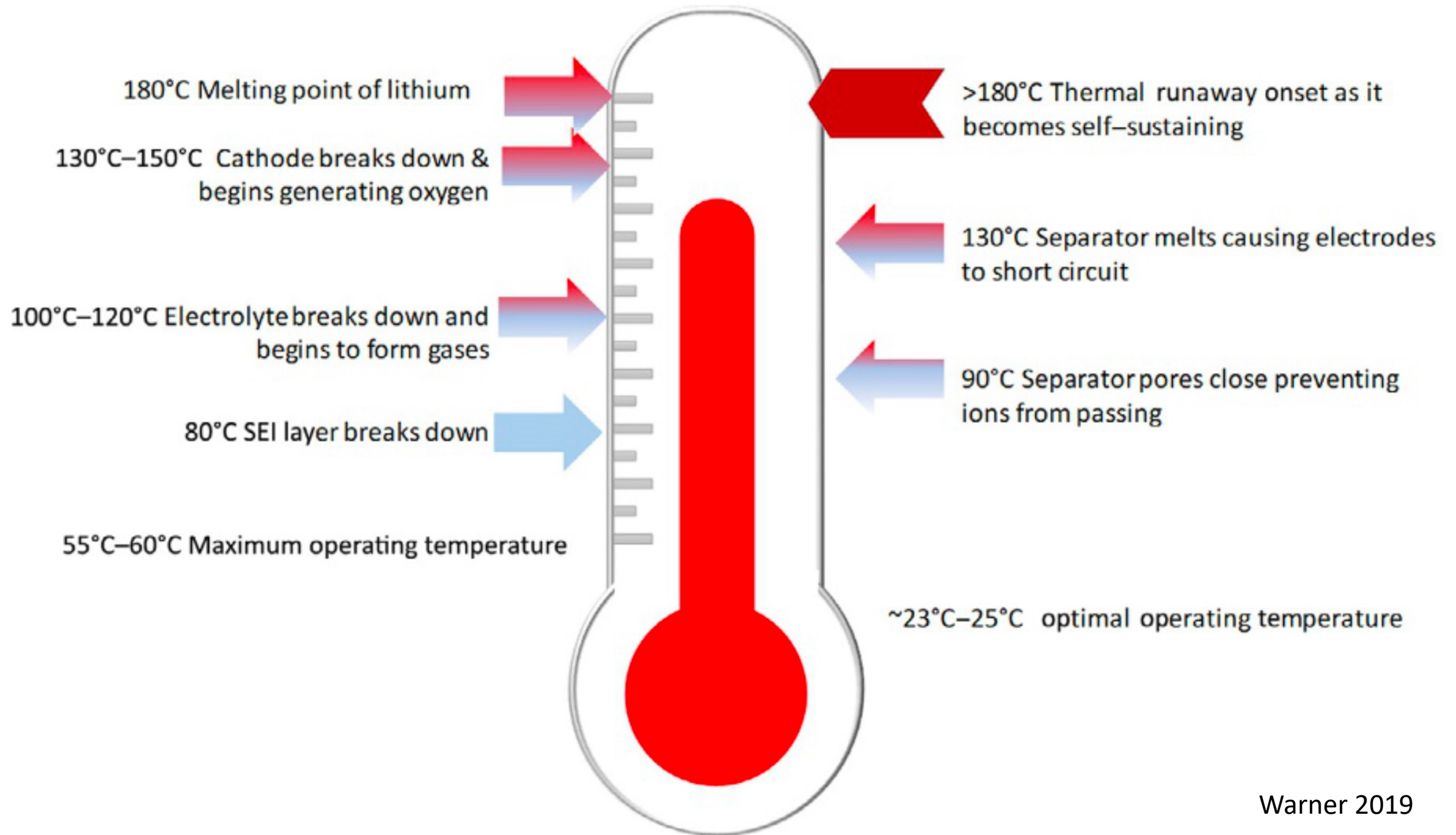
Litiumioniakun kennorakenne

Purkaus

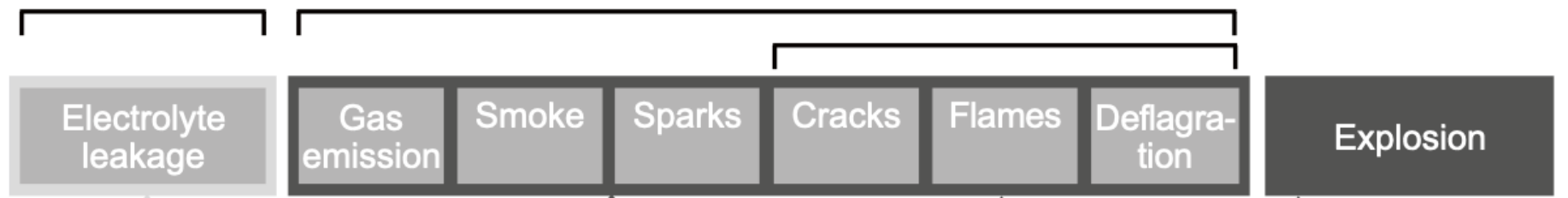


Lataus

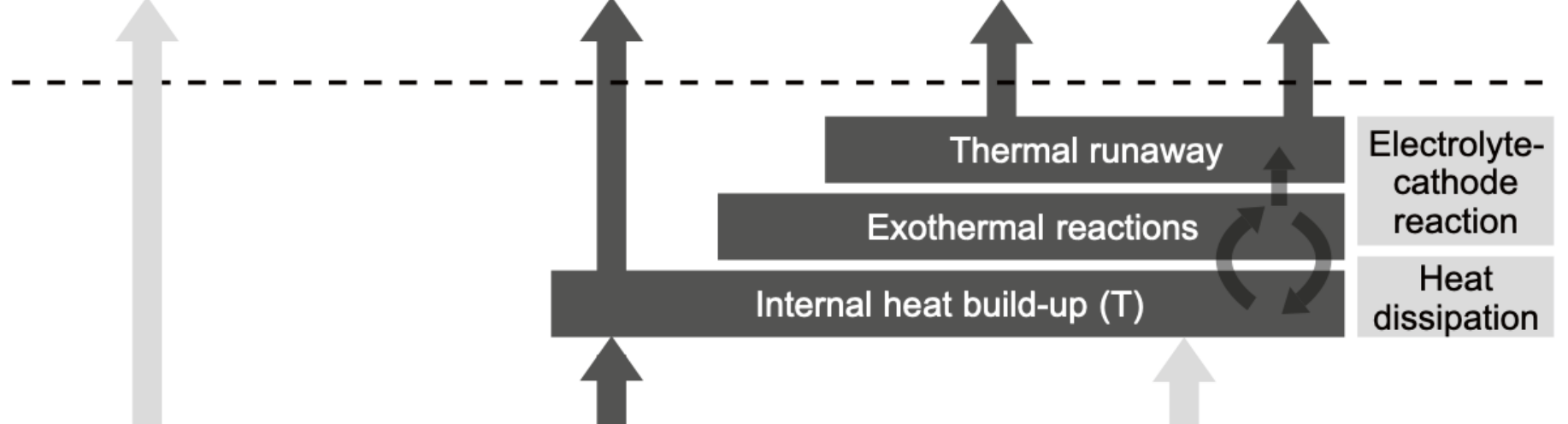




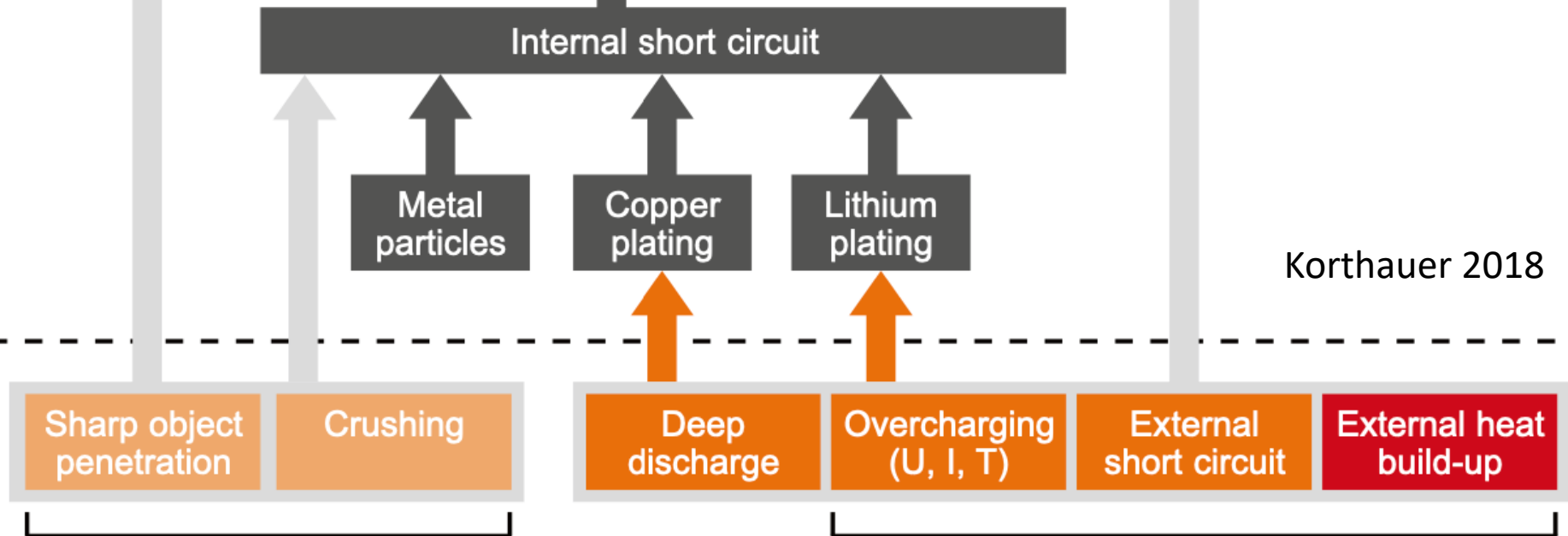
RESULT



REACTION



INFLUENCE



Korthauer 2018



Ninnyd 🇬🇧❤️🇺🇸 **Waiting~4~the Revolution** ✓

@ninnyd101



Look like the battery fire in an electric bus.



<https://twitter.com/ninnyd101/status/1517246555673313281>

Ajoneuvopaloja vuosittain toista tuhatta

Table 1: Road vehicle fires in Finland 2015-2019 according to PRONTO.

Year	Passenger car	Van or pickup	Truck	Bus
2015	1 303	155	197	53
2016	1 320	150	205	57
2017	1 242	146	209	44
2018	1 296	143	247	51
2019	1 275	161	236	48
Fires total	6436	755	1094	253
Annual average	1287	151	219	51
Vehicles total (2019)	2 720 307	330 671	95 141	12 577
Fires per 10000 vehicles	4.7	4.6	23.0	40.2

Sähkö- ja hybridaajoneuvopalot toistaiseksi harvinaisia Suomessa

Polttomoottoriautoon verrattuna: hankala sammutettavuus ja uudelleensyttymisriski.

Vuosi	Tulipaloja	Täyssähköautot	Lataushybridit	Perinteiset hybridit	Muut
2015	2	0 (614)	0 (1017)	1 (14 055)	1 (hybridibussi)
2016	3	0 (844)	0 (2437)	2 (19 250)	1 (konttilukki)
2017	0	0 (1449)	0 (5719)	0 (28 519)	
2018	3	1 (2404)	1 (13095)	1 (41 696)	
2019	3	1 (4661)	0 (24704)	2 (58 632)	

Lisätietoa:

<https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/linja-aho-paper-FIVE%20Hybrid%20and%20Electric%20Vehicle%20Fires%20in%20Finland%202015%E2%80%932019.pdf>

22. <https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/five-linja-aho-version-3.pdf>

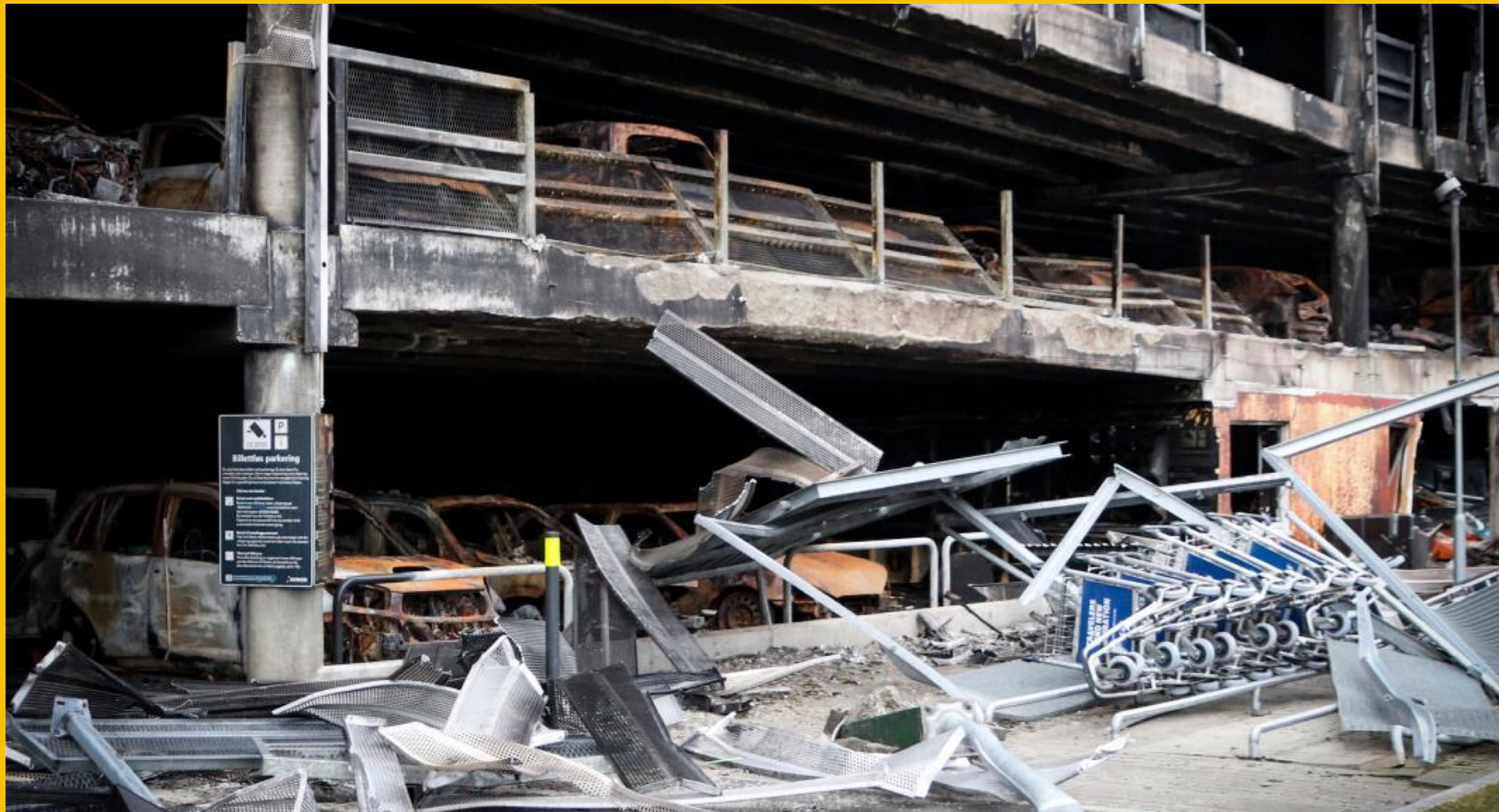
2020 ja 2021

- 2020 ei sähköautopaloja
- Tapaninpäivänä 26.12.2021 ladattava hybridauto syttyi kesken ajon moottoritilasta ennen kolmea iltapäivällä eteläsuomalaisessa kaupungissa. Kuljettaja pysäytti auton kauppakeskuksen pysäköintipaikalle ja paikalla olleet saivat auton sammumaan neljällä nestesammuttimella. Palokunnan tullessa paikalle moottoritila enää savusi.
- Pelastuslaitos avasi konepellin ja vaahdotti moottoritilan ja irrotti 12 voltin akun kaapelin. Palo ei levinnyt muualle autoon. **Pelastuslaitos sai uuden hälytyksen samana iltapäivänä viideltä: auto oli syttynyt uudelleen.** Sammutusvaahdon haihduttua oranssit korkeajännitejohdot olivat kipinöineet ja sytyttäneet moottoritilan uudestaan. Palokunta sammutti liekit vedellä, minkä jälkeen auto tehtiin kokonaan virrattomaksi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tämän jälkeen kipinöinti lakkasi.

”Jos yksi syttyy niin palaa koko rivi”

- Ulkopuolinen lämmönlähde **ei** tyypillisesti sytytä sähköauton ajoakkua
 - E-sääntö nro 100:n vaativa liekkimeritesti (vapaa liekki 70 s + ritilällä vaimennettu 60 s)
- Vrt. Stavangerin lentoaseman pysäköintilaitoksen palo, jossa paloi satoja autoja (myös sähköautoja), mutta akkupaloista **ei** löytynyt todisteita
 - Ei akkupaloon viittaavia näköhavaintoja pelastajilta.
 - Ei litiumjäämiä sammutusjätevesissä.

Stavangerin lentoaseman tulipalo 2020

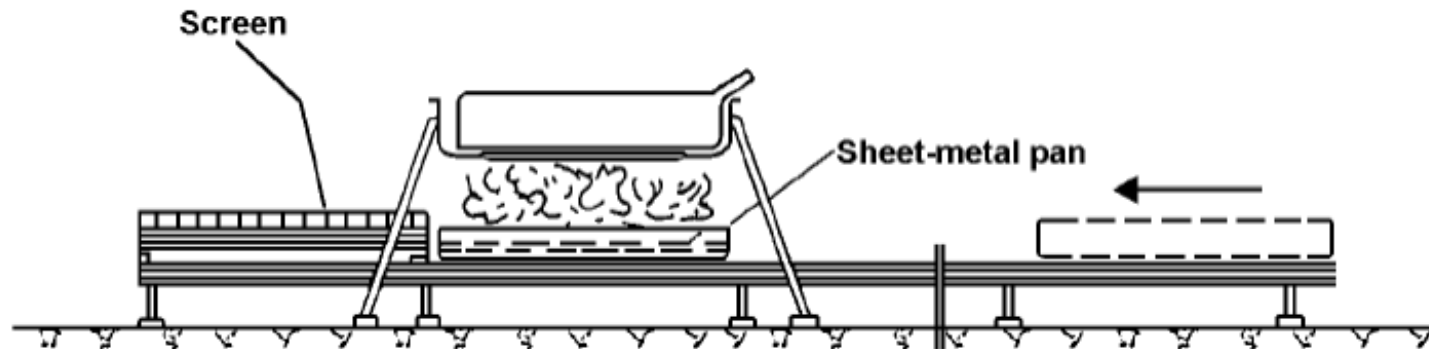


Kaikki sähköautopalot eivät ole akkupaloja



Tyypitesti (UNECE R100 Liite 9E)

- Suojaus ulkopuoliselta lämmöltä
 - 60 sek esilämmitys
 - 70 sec suora allaspaloaltistus
 - 60 sec vaimennettu allaspaloaltistus
 - Tarkkailu 3 tuntia.



Tuoreempia tapauksia Suomesta

- Marraskuussa 2022 omakotitalon varastorakennus kärsi palovahinkoja Pyhäjoella. Toimiva palovaroitin ja asukkaan ripeä toiminta pelasti suuremmilta vahingoilta. Palo sai todennäköisesti alkunsa sähköauton latauspisteen **syöttökaapelin jakorasiasta**.
- Helmikuussa 2022 sähköauton latausjohto paloi autoliikkeessä, kun se oli vaurioitunut yliajon seurauksena.
- Niinikään helmikuussa sähköautoilija huomasi lataustolpan käryävän ja soitti hätäkeskukseen. Pelastuslaitoksen saapuessa paikalle lataustolpan johdot kärysivät tolpan alapuolelta. Pistoke ja tolppa ylempää olivat ehjät.

Tuoreempia tapauksia Suomesta

- Näitä edellinen tapaus löytyy vuodelta 2020, kun niinikään autoliikkeessä oli sähköauto latauksessa sukolatausjohdon päässä. Latausjohto oli ”kärähtänyt” ja tästä levinnyt savu aiheutti automaattisen palohälytyksen, ilman varsinaista tulipaloa.


Törmäysturvallisuus

- Kaupunkinopeuskolareissa akku harvoin syttyy
- Rajussa törmäyksessä akkupalo on mahdollinen ja jopa todennäköinen
- Keulassa vähemmän tavaraa ja enemmän suunnitteluvapauksia

6. In Case of Fire



 **DO NOT SUBMERGE VEHICLE TO EXTINGUISH/COOL BATTERY FIRE**

 **USE LARGE AMOUNTS OF WATER TO COOL THE BATTERY ENCLOSURE**

 **POSSIBLE BATTERY RE-IGNITION!**

MONITOR HV BATTERY TEMPERATURE FOR AT LEAST 24 HOURS



7. In Case of Submersion

Treat a submerged vehicle like any other submerged vehicle. Wear appropriate PPE for water rescue. Remove the vehicle from the water and continue with normal high voltage disabling. Vehicles submerged in salt water should be handled with a greater potential risk of an HV battery fire. Tilt the vehicle to side to side to allow water to drain out and store flat.

8. Towing / Transportation / Storage



 **HV BATTERY TEMPERATURE SHOULD BE CHECKED BEFORE TRANSPORT**

  **POSSIBLE BATTERY RE-IGNITION! AFTER A FIRE INCIDENT, STORE OUTSIDE AT A SAFE DISTANCE (AT LEAST 50 FT/15 M) FROM OTHER VEHICLES AND STRUCTURES!**

9. Important Additional Information

First Responders and Second Responders with emergencies, call Tesla Roadside Assistance. Refer to <https://www.tesla.com/roadside-assistance> for applicable hotline number.

First Responder information can be found at <https://www.tesla.com/firstresponders>. First Responders and training officers who have questions, contact firstrespondersafety@tesla.com.



10. Explanation of Pictograms



TIC/IR - thermal imagery camera / infrared

 TESLA MODEL S PLAID FROM 2021 - PRESENT	ID No.	Version No.	Page No.
	TESLA-202101-001	02	04/04



Nissan Leaf
75 km/h
Kuva: Dekra

Kyberturvallisuus ja yksityisyys

- Kyberturvallisuus: pääosin hyvällä tasolla
 - Tunnetulla autovalmistajalla erilaiset resurssit **ja motiivi** huolehtia kyberturvallisuudesta kuin leivänpaahdinvalmistajalla
 - Löydetyt puutteet korjattu nopeasti, kun autoja hakkeroitu
- Auto kerää sinusta tietoa – miten ja millä ehdoilla?
 - Rikollinen väärinkäyttö
 - Itsekriminointisuoja
 - Automaailman Vastaamo?

Tesla workers shared 'intimate' car camera images, ex-employees allege: 'Massive invasion of privacy'

Cameras affixed on cars sent videos of customers and their property to the EV maker's offices and spread 'like wildfire'