

gaia 



**Mobiili- ja hajautettu sähkö:
Haasteet henkilöturvallisuudelle ja
turvallisuusvastuut toimijaverkossa**

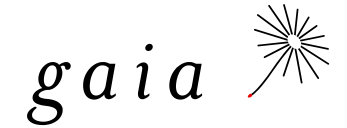
LOPPURAPORTTI

GAIA CONSULTING OY

25.5.2022



Sisältö



1. Viitekehys
2. Litium-ioniakkutekniikan vaarat ja riskit
3. Uusien akkutekniikoiden vaarat ja riskit
4. Uusien sähkön käyttötapojen välilliset vaarat ja riskit
 - 4.1 Elämän akkuistuminen
 - 4.2 Sähkön varastointi
 - 4.3 Liikkumisen sähköistyminen
 - 4.4 Akkujen logistiikka
5. Yhteenveto
6. Vastuukysymykset toimijaketjussa

LIITE 1: Vastuun kohdentuminen akkujen aiheuttamissa vahingoissa

LIITE 2: Akkaturvallisuus ja vastuut case-esimerkit

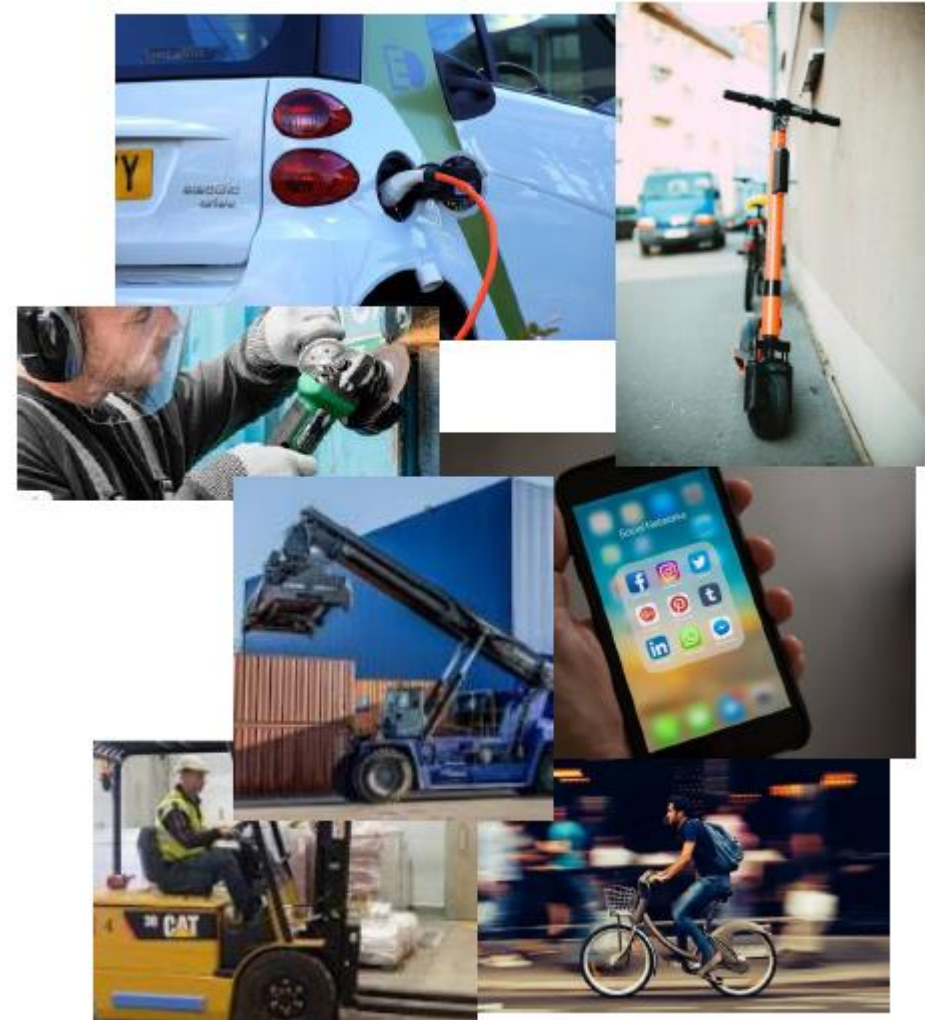
LIITE 3: Viestintämateriaalit

LIITE 4: Haastatellut tahot

1. Viitekehys

Tausta

- Yhteiskunnan sähköistymisellä on pitkä historia. Sähköistyminen jatkuu edelleen teknologisen kehityksen myötä ja etenee uusille alueille. Yksi merkittävä sähköistymisen trendi on mobiilisähkö, joka on akkuihin ja vähävirtaisiin tekniikoihin perustuva tapa toteuttaa langattomuutta.
- Vaikka perinteisiin sähköasennuksiin ja laitteisiin liittyvää sähköturvallisuutta on vuosikymmenten saatossa kehitetty pitkälle, liittyy uusien akkuteknologioiden mahdollistamaan uudentyyppiseen sähköistymiseen vielä paljon turvallisuuskysymyksiä. Turvallisuuskysymyksiä liittyy sekä akkujen suoriin riskeihin (tulipalot, sähköiskut yms.) että niiden mahdollistamiin uusiin liikkumisen ja tekemisen tapoihin.
- Mobiilisähkön turvallisuusnäkökohtien lisäksi esiin on noussut akkujen riskivastuukysymyksiä—miten kannettaviin akkuihin liittyvät vastuut siirtyvät toimijaketjussa ja kenen vastuulla ovat mahdollisten riskitilanteiden seuraukset toimijaketjun eri kohdissa.
- **Kahdesta työpaketista koostuvassa hankekokonaisuudessa selvitettiin uudentyyppisen sähköistymisen vaaroja, riskejä ja vastuukysymyksiä.**



Kokonaiskuva sisällöistä ja tuotoksista

”Hankkeen avulla muodostetaan yleiskäsitys mobiili- ja hajautetun sähkön suorista ja epäsuorista riskeistä ja tarkennetaan tällä hetkellä hyvin epäselviä toimijaketjujen vastuukysymyksiä”

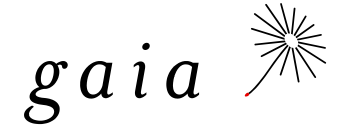
Työpaketti I: Haasteet henkilöturvallisuudelle

Ennakoiva selvitys mobiilisähkön haasteista kuluttajaturvallisuudelle huomioiden akkujen suorien riskien lisäksi akkujen mahdollistamien uusien sähkön käyttömahdollisuuksien riskit.

Työpaketti II: Vastuukysymykset

Kirkastetaan koko akkujen toimijaketjulle ja suurelle yleisölle miten kannettaviin akkuihin liittyvät vastuut siirtyvät toimijaketjussa ja kenen vastuulla ovat mahdollisten riskitilanteiden seuraukset toimijaketjun eri kohdissa.

Tavoitteet ja tuotokset



Työpaketti I: Haasteet henkilöturvallisuudelle

- **Tavoitteet**
 - **Selvittää** keskeiset akkuteknologiat ja niiden **suorat riskit** käyttäjille akun koko elinkaaren aikana sekä riskeihin varautumisen nykytila.
 - **Ennakoida** mobiilisähkön tulevaisuuden käyttötavat ja yleistyminen vuoteen 2030 saakka
 - **Selvittää** mobiilisähkön **välilliset riskit** (esim. uusien liikumisvälineiden riskit kaupunkiympäristössä yms.) ja niihin varautuminen
 - **Tuottaa suosituksia riskeihin varautumisesta** (huomioiden kuluttajille jaettava tieto, oppaat, lainsäädäntö ja viranomaistoiminta) ja eri toimijoiden roolista varautumisessa

- **Tuotokset**
 - Työpaketin tulokset kootaan raporttiin, joka sisältää **perustellun näkemyksen mobiilisähköistymisen etenemisestä yhteiskunnassa vuoteen 2030 saakka ja etenemisen aiheuttamista uusista riskitekijöistä kuluttajille sekä suositukset tarvittavista toimenpiteistä riskeihin varautumiseksi**

Työpaketti II: Vastuukysymykset

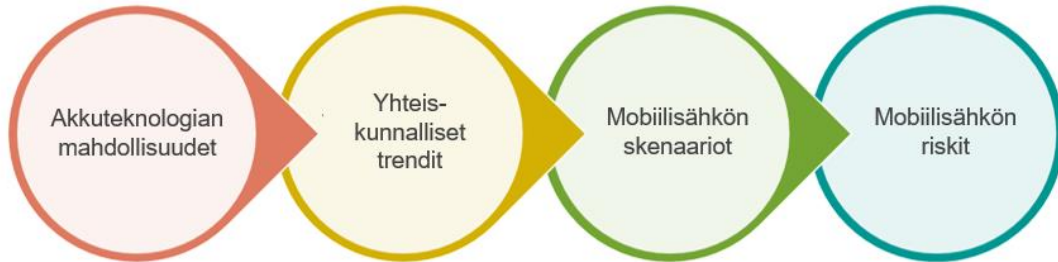
- **Tavoitteet**
 - Selvittää miten kannettaviin akkuihin liittyvät vastuut siirtyvät toimijaketjussa ja kenen vastuulla ovat mahdollisten riskitilanteiden seuraukset toimijaketjun eri kohdissa
 - Käytännössä riskivastuukysymysten tarkastelu tehdään luomalla ja käymällä läpi joukko kuvitteellisia case-esimerkkejä. Samalla tunnistetaan mahdolliset epäselvät vastuutilanteet ja tuodaan esiin riskejä minimoivat turvallisuusnäkökohdat

- **Tuotokset**
 - Työpaketin tulokset kootaan raporttiin, joka case-esimerkkejä hyödyntäen osoittaa selkeästi koko kannettavien akkujen toimijaketjulle ja suurelle yleisölle olennaisimmat vastuunäkökohdat. Samalla tuodaan tapausten olennaisille vastuutahoille turvallisuutta edistäviä suosituksia.
 - Validoidut tulokset edesauttavat yhteisymmärrystä vastuukysymyksistä. Hanke selkeyttää eri osapuolten toimintakenttää ja tuo näin olennaista tietoa eri tahoille hyödynnettäväksi mm. toiminnan suunnitteluun.

Työpakettien välillä on vahva synergia - Työpakettien välillä vaihdetaan tietoa aktiivisesti, mahdollistaen viimeisimpien turvallisuusnäkökulmien huomioimisen riskivastuutarkastelussa ja päinvastoin. Hanke tehdään intressittömästi Gaian eettisiä normeja noudattaen.

Työpaketin I viitekehys

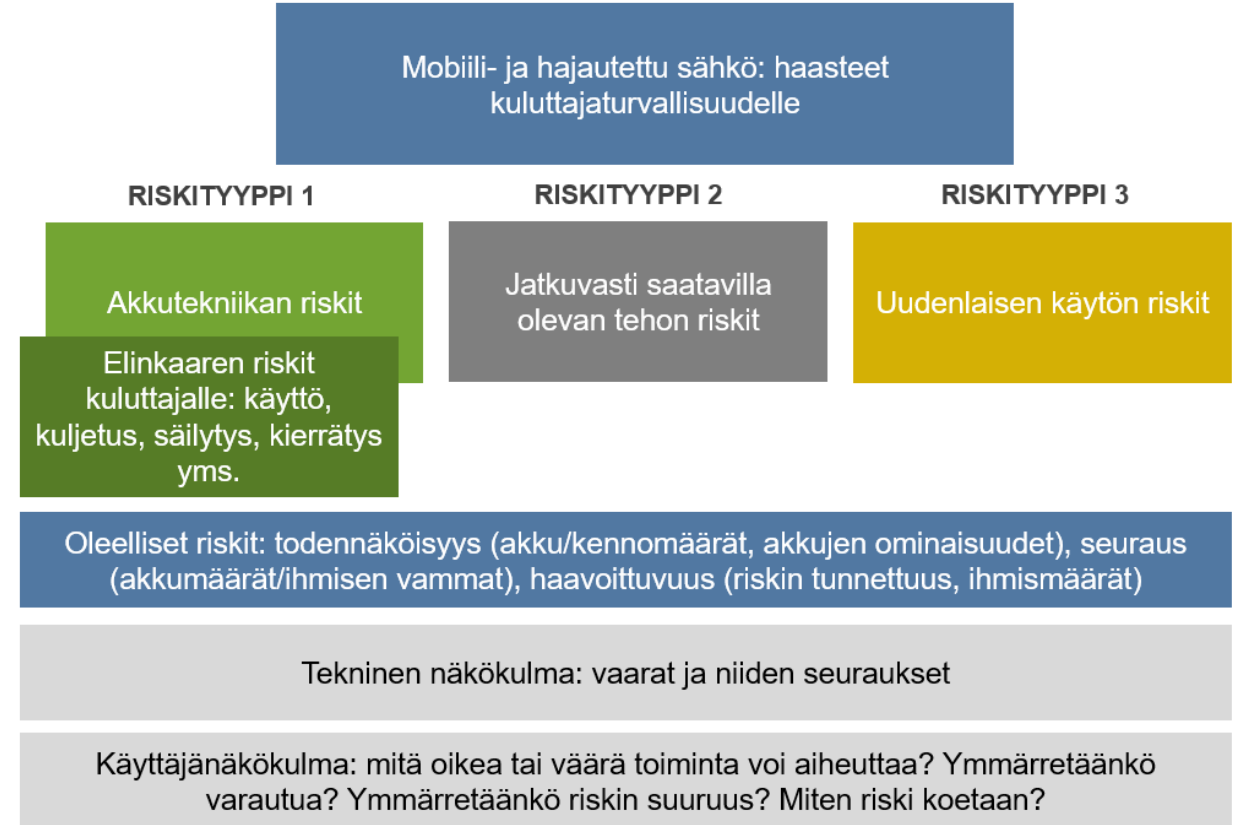
- Työssä tutkittava ilmiö on yhteiskunnan mobiili- ja hajautettu sähköistyminen ja siihen liittyvät uudenlaiset kuluttajaturvallisuusriskit. Tutkimuksen viitekehysten tavoitteina on jäsentää tutkimuksen tarkastelua ja varmistaa turvallisuusriskien kattava ja riittävän monipuolinen käsittely tiedonhankinnassa. Viitekehys on esitetty kuvassa oikealla.
- Selvityksen ennakoituvaiheen viitekehys on esitetty alla



Ennakointityön viitekehys

- Mobiilisähköistyminen perustuu tällä hetkellä käytännössä litiumioniakkuteknikalle. Tässä tekniikassa akkujen tehotehokkuus ja virranantokyky ovat riittävän suuria useimpiin käytännön sovelluksiin. Litiumioniakkuteknikan tuotantoon tehtyjen investointien vuoksi on selvää, että akkutyypit tulevat olemaan ainakin 10 vuotta keskeisin mobiilisähkön virtalähde, mutta myös muita teknologioita kehitetään.

Riskityyppi 2 osoittautui hankkeen aikana suhteellisen vähämerkitykselliseksi, eikä sitä lopulta tutkittu tarkemmin.



Selvityksen viitekehys

Hankkeen läpivieminen

- Hanke toteutettiin kesäkuun 2021 ja toukokuun 2022 välisenä aikana
- Työn toteutti Gaia Consulting Oy
- Työtä ohjasi ja rahoitti sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry, Suomen Huolinta- ja Logistiikkaliitto ry, Logistiikkayritysten Liitto ry, Kaupan liitto ry sekä Recser oy



2. Litium-ioniakkutekniikan vaarat ja riskit

Litiumioniakku



- **Li-ion -akku** on varattava sähkövarasto, jonka toiminta perustuu litiumionien liikkeeseen negatiivisen ja positiivisen kohtion välillä. Li-ion akuissa ei ole normaalisti metallista litiumia
- **Akku** koostuu yleensä useista **kennoista**, elektronisesta **akunhallintajärjestelmästä** (BMS, Battery Management System*) sekä suojakuoresta ja liittimistä. Kennot voivat olla sylinterimäisiä tai prismaattisia sekä teräs- tai muovikuoria
- Akunhallintajärjestelmän tärkeä tehtävä on huolehtia akun turvallisuudesta. Se seuraa kennojen virtoja, jännitteitä ja lämpötiloja ja myös usein keskustelee esim. akkulaturin kanssa
 - Jos kennojen turvallinen käyttöalue on ylittymässä, BMS katkaisee virran kennoihin/kennoista ja hälyttää. BMS:llä voi akkukohtaisesti myös olla muita lisätoimintoja
- Li-ion -akuilla on suuri energiatiheys, ei muistiefektejä ja matala itsepurkautumisnopeus



Kuva: <http://www.gsyuasa-lp.com>

Esimerkkejä Li-akkujen hyvistä puolista:

- Suuri energiatiheys
- Vähäinen huollon tarve
- Varautuu nopeasti

Esimerkkejä Li-akkujen huonoista puolista:

- Edellyttävät suojamekanismeja vaarojen vähentämiseksi
- Toimivat huonosti pakkasessa
- Turvallisuuskulmat (mm. sääntely edellyttää panostamista kuljetusten turvallisuuteen)

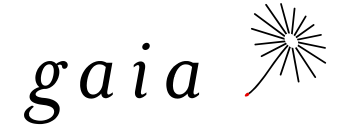
* Pienemmissä akuissa voi olla yksinkertaisempi **suojapiiri**

Toimintaperiaate; akkukemia



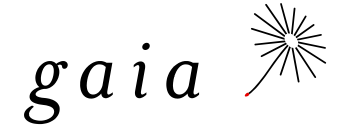
- Litiumkemiaan perustuva akku on huomattavan erilainen verrattuna perinteiseen lyijyakkuun:
 - Tehotiheys ja energiasisältö ovat isommat
 - Virranantokyky on isompi
 - Virrantuottokemia on erilainen
 - **Elektrolyytti on palava neste**
 - **Akkukemia on myrkyllistä**
- Akkukemia viittaa käytännössä katodimateriaaliin; anodimateriaali on useimmiten hiiltä (myös titanaattia) ja elektrolyytti käytännössä karbonaattiseos, jossa on jotain litiumsuolaa, yleensä litiumheksafluorofosfaattia
- Li-akkujen perusvaihtoehdot ovat **koboltti- ja mangaanipohjaiset kemiat**
 - Kobolttipohjaiset akut tarjoavat suuremman kapasiteetin mutta ne sietävät pienemmän lämpötilan kuin magnesiumipohjaiset akut
 - Lisäksi mangaaniakkujen sisäinen resistanssi on pieni ja niistä saadaan suuria virtoja
- Käytännössä metalleja sekoitetaan. Tyypillisiä sekoitusmetalleja ja suoloja ovat **nikkeli, mangaani, alumiini ja rautafosfaatti**
- Erityisesti Litium-rautafosfaattiakut ovat yleistymässä mm. turvallisuusominaisuuksiensa takia
- Litiumioniakut tulivat markkinoille 1990-luvun alussa, ja niiden käyttö erilaisissa laitteissa on nykyään hyvin yleistä. Litiumioniakuille tulee myös jatkuvasti uusia käyttökohteita
- Akkuja on käytetty pitkään pienissä kannettavissa laitteissa
- Akkukokonaisuuksien energiasisällöt saattavat olla merkittäviä
- Akuissa on älykästä elektroniikkaa: akunhallintajärjestelmä (BMS) tai suojaipiiri

Keskeiset vaaramekanismit



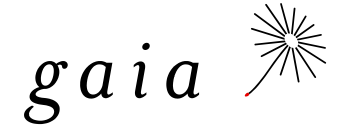
- **Toisin kuin monet muut akkutyypit, litium-ioniakut ovat palavia ja voivat sytyttää itsensä.**
- Tulipalovaaran lisäksi **myrkyllisyysvaarat, räjähdykset ja sähköiskuvaarat**
 1. Akuista lämpökarkaamisessa purkautuvat nesteet ja kaasut ovat myrkyllisiä
 2. Räjähdykset ja heitteet aiheutuvat lähinnä tulipaloista, mutta akut voivat paineistua myös ilman paloa
 3. Sähköisku voi seurata vaurioituneen akun käsittelystä, akkujen väärinkäytöstä tai jos akuista puuttuvat sähköiset turvajärjestelmät (olennaista kun ylitetään pienjännitedirektiivin rajat)
- **Tulipalovaara** perustuu siihen, että pakattaessa paljon energiaa pieneen rakenteiseen tilaan ei voida välttyä siltä riskiltä, että energia pääsee vapautumaan hallitsemattomasti.
- **Lämpökarkaaminen (Thermal runaway):** sarja kemiallisia lämpöä vapauttavia reaktioita, jotka johtavat elektrolyytin syttymiseen
- Erityisesti pienen akun palokuorma ei ole kovin suuri, mutta lämpökarkaamisen aiheuttama kiivas lyhytaikainen palo tekee akusta merkittävän muun palokuorman syttymälähteen

Lämpökarkaaminen



- Akkukemialliset reaktiot ovat eksotermisiä: akku lämpenee sekä varattaessa että purkautuessaan
- Korkea lämpötila tai akun sisäiset viat voivat nostaa akun lämpötilaa yleisesti tai paikallisesti niin korkeaksi, että anodin passivaatiokerros (solid electrolyte interphase) alkaa hajota
- Passivaatiokerroksen hajoaminen johtaa paikalliseen oikosulkuun, joka nostaa lämpötilaa ja tuottaa lisää kaasuja sekä levittää oikosulkua
- Tämän jälkeen anodimateriaali pääsee reagoimaan elektrolyytin kanssa
- Hajoamisreaktiot ovat eksotermisiä ja tuottavat eteeniä ja hiilidioksidia
- Polymeeriseparaattori sulaa
- Katodimateriaali alkaa hajota ja tuottaa happea = **itseään hapettavia palavia kaasuja**
- Lopulta korkea lämpötila (useita satoja asteita) johtaa hiilivety-happiseoksen syttymiseen ja akun palamiseen
- **Liekit, suihkupalot, kipinät ja heitteet voivat sytyttää lähistön palavia materiaaleja, mukaan lukien laitteet joihin akut on kiinnitetty**

Lämpökarkaamiselle altistavia tekijöitä



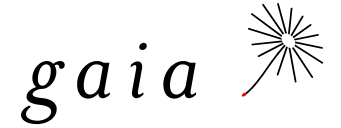
- Fyysiset vauriot, kuten kolhiminen, läpäisy vieraalla esineellä, värinä ja painevaihtelut
 - Muodonmuutokset (esim. Sinopoly ei suosittele isokokoisia kennoja venekäyttöön koska kennorakennetta ei ole mitoitettu kestäämään värinää)
- Tulipalo tai muu väliaikainen korkea lämpötila
- Altistuminen korkealle jännitteelle ja/tai sähkövirralle
- Mikä tahansa sisäinen tai ulkoinen oikosulku
- Ylilataaminen, mikä aiheuttaa litiumin saostumista Li-metallidendriiteiksi ja lisää sisäisen oikosulun mahdollisuutta lämpötilan noustessa
 - Riski on vastaava, jos akkua ladataan pakkasella
 - BMS:n balansointipiirin ja kokoamisen aikaisen balansoinnin tärkeä rooli on tämän estäminen
- Valmistusvirheet / huono laatu, esim. akun elektrodien epäpuhtaudet tai niiden välisessä separaattorissa olevat reiät
- Epävakaat korkean kapasiteetin akkukemiat
- Akkujen vanheneminen – ajan myötä tapahtuvat kemialliset reaktiot vaikuttavat haitallisesti sekä akkujen kapasiteettiin että niiden turvallisuuteen
 - Väärä säilytyslämpötila (erityisesti liian korkea lämpötila) kiihdyttää akun vanhenemista
- Akun varauksen purkaminen kokonaan (esim. pitkä säilytys ilman ajoittaista akun lataamista)
 - BMS rajoittaa tätäkin
- **Laadukas oikein valittu ja asennettu uusi akku ei lämpökarkaa itseksensä**

Litium-ioniakkujen myrkyllisyys ja kaasujen leviäminen

- Lämpökarkaamisesta aiheutuvan palovaaran **lisäksi keskeinen vaaratekijä ovat akkujen sisältämät myrkylliset aineet**, joista palotilanteessa voi muodostua laajalle leviäviä palokaasuja.
- Myrkyllisiä aineita ja yhdisteitä voivat akkukemiasta riippuen olla esimerkiksi
- litiumkobaltiitti, litiumheksafluorofosfaatti, dietyylikarbonaatti, etyleenikarbonaatti, propyleenikarbonaatti, alumiini, kupari, polyvinyylideenifluoridi ja bifenyyl
- CO, CO₂, karbonaatit, bentseeni, tolueni, styreeni, bifenyyl, akroleiini
- Fluorideista fluorivety (HF), fosforyylifluoridi ja fosforipentafluoridi
- Vetykloridi HCl
- Lisäksi kuorimuoveista saadaan mm. häkää, vetykloridia ja syaanivetyä
- **Erityisesti fluorivety on potentiaalisesti hengenvaarallinen**
 - Ominaisuudet hankalia
 - Syntymäärät suuria
 - Polttokokeiden mukaan pienikin akkupalo tuottaa terveydelle hyvin vaarallisia pitoisuuksia suureenkin tilaan



Miten akkupalo sammutetaan?

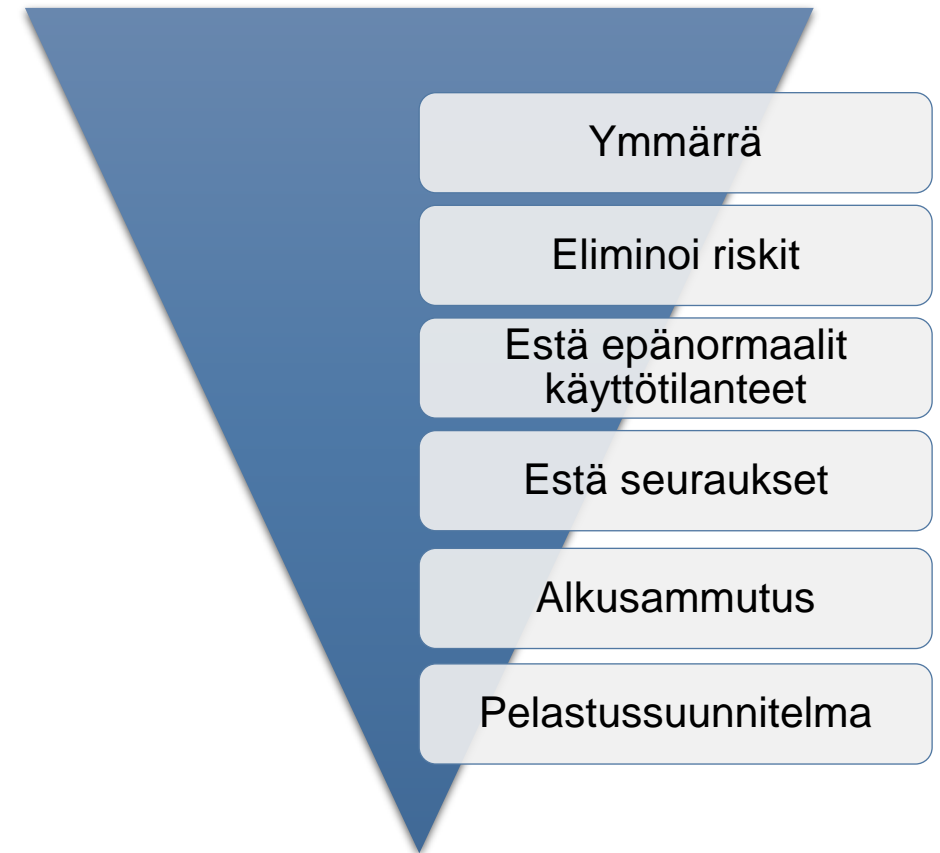


1. **Selvitä mikä palaa. Akku itsessään on esimerkiksi kannettavassa tietokoneessa vain kymmenesosa palokuormasta**
2. Yksittäistä kennoa ei voi sammuttaa tai sammutusraivata, toiminnan tavoitteena on lämpökarkaamisen hidastaminen ja leviämisen estäminen
3. Suojaa hengitys! Suodattimet eivät ole välttämättä riittävä ratkaisu
4. Suojaudu lämmöltä, nopeilta suihkupaloilta ja heitteiltä
5. Jos jännitetaso on korkea, suojaudu sähköiskuvaaralta
6. **Paras sammutusmenetelmä on jäähdyttäminen suurella vesimäärällä lämpökarkaamisen hidastamiseksi. Varaudu useisiin uudelleensyttymisiin**
7. Jauhesammutin tukahduttaa liekit mutta palo syttyy uudestaan; Ei luokan D sammuttimia
 - Litium-ioni-akkupalosammuttimille ei toistaiseksi ole olemassa teho- tai luokitusmerkintöjä

Tukesin ja Pelastusopiston testit osoittavat, että yksikään markkinoilla oleva akkusammuttimena markkinoitu sammutin ei sammuta edes akkuporakoneen akkua

Suojautumisen tasot

- **Ymmärrä:** Nykyiset Li-ion akut tuovat jonkinlaisen paloriskin aina.
- **Eliminoi** riskit: Hanki vain laadukkaita akkuja, asenna oikein
- **Estä epänormaalit käyttötilanteet:** Käytä valmistajan ohjeiden mukaan, suojaa akut ulkoisilta vaurioilta ja lämmöltä
- **Estä seuraukset:** Jos akku lämpökarkaa, huolehdi siitä että reaktio ei leviä kennosta toiseen, palo ei sytytä ympäristöään ja savukaasut tuulettuvat vaarattomaan paikkaan
- **Alkusammutus:** Huolehdi riittävästä alkusammutuskapasiteetista (kymmeniä litroja vettä pienenkin akun jäähtytykseen ja sammutin muun palavan materiaalin sammutukseen) ja henkilöiden osaamisesta. Suunnittele hengityksen suojaaminen
- **Pelastussuunnitelma:** Sisällytä akkuvaarat pelastussuunnitelmaan ja noudata sitä. Kouluta suunnitelma.

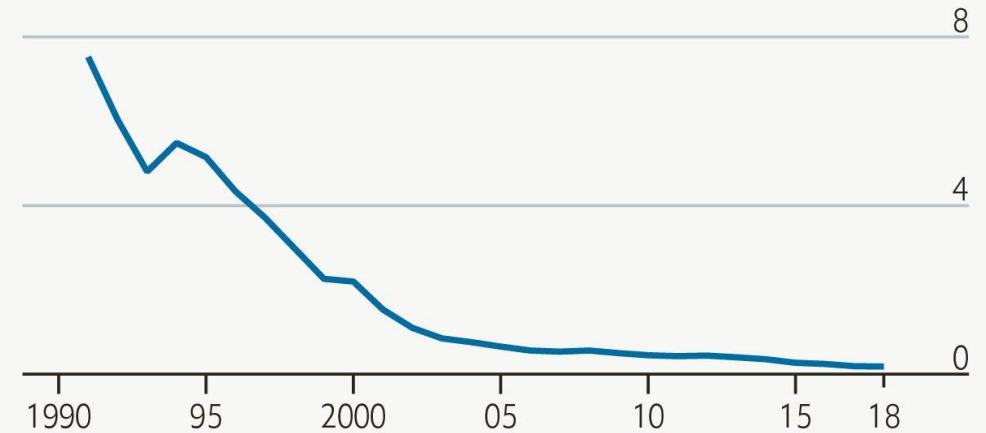


3. Uusien akkutekniikoiden mahdollisuudet, vaarat ja riskit

Nestemäisen elektrolyytin litium-ionitekniikka on vallitseva

- Litium-ioniakkujen läpimurto on tapahtunut, ja tällä hetkellä maailmassa tehdään massiivisia teknologiaan liittyviä akkukemikaali-, kenno- ja akkutehdasinvestointeja
- Litium-ioni -akkuteknologialla saavutetaan ”riittävä toiminnallisuuden taso” kaupallisiin sovelluksiin, esim. sähköautoihin; se mahdollistaa käytettävän langattomuuden
- Litium-ioni -akkuteknologia on tehdasinvestointien kautta niin vakiintunutta että merkittävät teknologiset muutokset ovat seuraavien 10 vuoden aikajänteellä epätodennäköisiä
- Inkrementaalista kehitystä tapahtuu koko ajan
 - Tuotannolliset: akkukustannus per kWh laskee tuotantotapojen kehittyessä ja markkinan kasvaessa
 - Teknologiset: akkujen kapasiteetti per tilavuus- tai painoyksikkö kasvaa n. 5% vuodessa
 - Turvallisuus: Maturiteetin kasvaessa valmistustekniikan kehitys ja erilaiset uudet palonestoratkaisut pidentävät akkujen elinkaarta ja vähentävät **laadukkaiden** akkujen lämpökarkaamismahdollisuutta
 - Koboltti ja muut riskimineraalit: Valmistajat pyrkivät vähentämään riippuvuutta koboltista sen eettisten ongelmien ja hintariskin takia
- Seuraavassa on kuvattu kiinteän elektrolyytin akkujen sekä eräiden muiden akkuteknologioiden turvallisuusriskejä
- Lisäksi on verrattu turvallisuutta polttokennotekniikkaan ja sen vaatimaan vedyn varastoinnin turvallisuuteen

Lithium-ion battery prices, \$ per kWh, '000



Solid state (kiinteän elektrolyytin) akut



- Olennaisimpana erona elektrolyytti on kiinteässä olomuodossa. Kiinteä elektrolyytti voi toimia joissain tapauksissa sekä elektrolyytinä että erottajana. Kiinteät elektrolyytit voidaan jakaa kolmeen luokkaan:
 - Epäorgaaniset (ISE, inorganic solid electrolyte) ovat rakenteeltaan kiteisiä tai keraamisia. Lupaavimpia teknologioita oksidi- ja sulfidipohjaiset elektrolyyttimateriaalit. Näistä sulfidipohjaisilla on saavutettu hyvä ioninjohtavuus, mutta haasteena on rikkivedyn vapautuminen. Oksidipohjaisilla ioninjohtavuus on heikompi ja teoreettiset energiaerot suurempia, mutta ovat turvallisempia.
 - Orgaaniset (SPE, solid polymer electrolyte) ovat polymeerinauhoja joihin on sekoitettu suoloja.
 - Komposiitit (CPE, composite polymer electrolyte) ovat rakenteeltaan edellämainittujen yhdistelmiä.
- **Edut:** Hyvä mekaaninen stabiilius, pitkä käyttöikä, itsepurkautumisnopeus pieni. Mahdollistaa huomattavasti korkeamman energiatiheyden, jopa 500 Wh/kg (Li-ion tyyppillisesti 100-265 Wh/kg). Erona nestemäiseen elektrolyyttiin kiinteä elektrolyytti ei vuoda ja siten aiheuta vaaraa käyttäjille tai ympäristölle. Kiinteä elektrolyytti ei ylikuumene ladattaessa, joten latausvirtaa voidaan kasvattaa ja akun latausaika lyhenee.
- **Turvallisuus:** Tällä hetkellä on evidenssiä siitä, että kiinteän elektrolyytin akut kestävät fysikaalisia vaurioita, ylilatausta ja oikosulkuja syttymättä palamaan tai tuottamatta vaarallisia kaasuja. Teknologia kehittyy kuitenkin koko ajan, eikä lopullisten kaupallisten ratkaisujen ominaisuuksia tunneta. Todennäköisimmin vaarat ovat huomattavasti vähäisemmät.
- **Haasteet:** Toistaiseksi ei teollisen mittakaavan tuotantoa, haasteena lataus-purkaussyklin aikana tapahtuva tilavuuden muutos joka rikkoo kennon toimintakyvyttömäksi
- **Tekniikan valmiusaste:** Tuotannon aloituksesta ilmoitettu, tutkimus on vilkasta. Joidenkin arvioiden mukaan teknologia olisi käyttökelpoista vasta 2030. Investoinnin valtavirran akkutehtaisiin hidastavat todennäköisesti käyttöönottoa

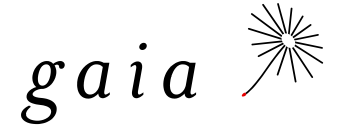
Muita mahdollisesti yleistäviä akkutekniikoita

Akkuteknologia	Edut	Haasteet	Teknologian valmiusaste
Natrium-ioni (kuten litium-ioni, mutta varauksen kantajana natriumionit)	Raaka-aineiden saatavuus ja edullisuus, turvallisuus	huonompi energiatiheys Li-ioniakkuun verrattuna	Kaupallisia ja laboratorioprototyyppinä kehitetään
Litium-rikki (litium-ioniakku, jossa katodilla rikkiä)	Kevyt, alhaiset tuotantokustannukset, katodimateriaali saadaan teollisuuden sivuvirtana, hyvä energiatiheys	Akun kestävydessä vielä haasteita; rikin tilavuusmuutokset rikkovat katodin, turvallisuushaasteena lämpökarkaaminen	Kaupallisia ja laboratorioprototyyppinä kehitetään
Litium-pii (litium-ioniakku, jossa anodilla piitä)	Edullisuus, suuri energiakapasiteetti; jopa 9x enemmän kuin grafiitti	Piin tilavuusmuutokset anodilla latautuessa, latautuneen piin reaktiivisuus, alhainen diffuusiokerroin ja korkea resistanssi	Perus- ja soveltava tutkimus, piipohjaisia yhdisteitä käytetään jo anodin aktiivimateriaaleina.

Muita perus- ja soveltavan tutkimuksen tasolla kehitettäviä akkutekniikoita esim. nestemäiset akut, magnesium-pohjaiset akut, fluoridi- ja kloridi-ioniakut sekä metalli-ilma -akut.

Kiinteisiin lähteisiin soveltuvia jo markkinoilla olevia mutta mahdollisesti yleistäviä akkutyyppinä ovat virtausakut esim. vanadiiniakut sekä natrium-rikki (NaS) akut.

Vety ja polttokennotekniikka



- Polttokenno on laite, joka tuottaa kemiallisen katalyyysin avulla sähkövirtaa ja lämpöä
- Yleensä polttokennojen polttoaine on vety, jota käytetään joko sellaisenaan tai reformoidaan metaanista, metanolista tai muusta hiilivedystä
- Anodilla katalyytti pilkkoo vetymolekyylit elektroneiksi ja protoneiksi, jotka johdetaan katodille eri reittejä
 - Elektronit muodostavat sähkövirran
 - Protonit (vety-ytimet) kulkeutuvat katodille elektrolyytin läpi ja hapettuvat vedeksi
- Erilaisia polttokennotyyppejä:
 - Emäksinen, rikki/fosforipohjainen, ioninvaihtokalvopohjainen, kiinteä polymeeri, karbonaatti, kiinteä oksidi
- Polttokennon turvallisuusriskit liittyvät pääasiassa polttoaineen ominaisuuksiin
 - Palavat nesteet tai paineistettu vety (700 bar autoissa) tai paineistettu metaani (200 bar autoissa)
- Lisäksi katalyyttien ominaisuudet ja mahdollinen sivutuotteena syntyvä hiilimonoksidi kun polttoaineena on metaani

Li-ion akku

- Lataaminen on vaara akulle
- Kolhut ja käyttöolosuhteet altistavat palolle
- Sisältää myrkyllisiä aineita
- Palaa
- Tuottaa palaessaan hyvin myrkyllisiä savukaasuja
- Voi paineistua ja hajota räjähdyksenomaisesti
- Sammuttaminen hyvin vaikeaa

Polttokenno

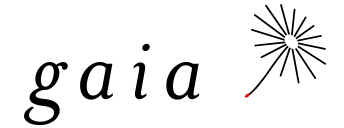
- Tankkaus on vaara koska käsitellään palavaa kaasua
- Kolhut altistavat vuodoille ja palolle
- Voi sisältää myrkyllisiä aineita
- Polttoaine palaa
- Voi tuottaa jossain määrin myrkyllisiä savukaasuja
- Paineistettu polttoaine voi aiheuttaa ison räjähdysen ja palon
- Voidaan sammuttaa (mutta sammuttaminen johtaa syttymättömän kaasun kertymiseen)

Yhteenveto uusien akkutekniikoiden vaaroista ja riskeistä

- Litium-ioniakkujen keskeisimmät haasteet tällä hetkellä ovat kyky sytyttää itsensä, palava elektrolyytti ja fluori- sekä muut myrkylliset yhdisteet, jotka itse ja joiden palot tuotteet vapautuvat lämpökarkaamisessa
- Tällä hetkellä näyttää siltä, että kiinteän elektrolyytin akuissa lämpökarkaaminen on huomattavasti epätodennäköisempää, eikä energiaa vapaudu samalla tavalla kuin nestemäisen elektrolyytin akuissa
 - Lämpökarkaaminen ilmiönä liittyy nestemäisen elektrolyytin akkuihin
 - Kiinteä elektrolyytti ei välttämättä pala
- Muut akkuteknologiat ovat liian aikaisessa kehitysvaiheessa jotta niiden vaaroja ja riskejä voitaisiin arvioida
- Polttokennojen riskit ovat samantyyppisiä kuin nestemäisen elektrolyytin akkujen, mutta
 - savukaasut ovat todennäköisesti vähemmän myrkyllisiä
 - Vuodon sattuessa palo on huomattavasti pidempikestoinen koska koko polttoainevarasto palaa ellei sitä sammuteta
 - Paineistettuihin kaasuihin liittyy uutena vaarana paineastian repeämisen riski

4. Uusien sähkön käyttötapojen välilliset vaarat ja riskit

Akkuistumisen teemat



- 1. Elämän akkuistuminen:** Akkuja on kotona, työpaikoilla, ranteessa, taskussa, leluissa, akkujen vaarat vähenevät tekniikan kehittyessä, mutta niin kauan kuin akkujen perusarkkitehtuuri on nykyisenlainen, pienikin akku voi sytyttää tulipalon ja aiheuttaa muita vaaroja.
- 2. Sähkön varastointi:** Energiamurros arkipäiväistää sähkön varastoinnin. Suuria akkupaketteja on kodeissa ja julkisissa tiloissa, mutta sijoittamisen sääntelyä ei käytännössä ole. Millaisen riskin yhteiskunta ottaa?
- 3. Liikkumisen sähköistyminen** (maa, vesi, ilma): Erityisesti uusia sähkön mahdollistamia liikkumismuotoja ovat sähköpotkulaudat ja kokonainen kirjo ajoneuvoja, joissa lainsäädäntö ei pysy mukana. Esim. sähköpotkulaudat tappavat käyttäjiään ja aiheuttavat myös välillisiä vaikutuksia muihin tienkäyttäjiin. Dronet ovat mullistaneet ilmailun ja Litium-ioniakut korvaavat akkuja veneissä. Sähköpropulsio pakottaa venesuunnittelun uudelaisiin ratkaisuihin, joiden turvallisuus ei ole selvää.
- 4. Akkujen logistiikka:** Siitä että kaikki akkuistuu ja verkkokauppa yleistyy, seuraa että logistiikkaketjut ovat akkuja täynnä. Akkuihin liittyviä riskejä ja vaarallisten aineiden kuljetussäädöksiä ei tunneta, mistä seuraa riskejä logistiikkatoimijoiden lisäksi myös vastaanottajille ja muulle yhteiskunnalle

4. UUSIEN SÄHKÖN KÄYTTÖTAPOJEN VÄLILLISET VAARAT JA RISKIT

4.1 Elämän akkuistuminen

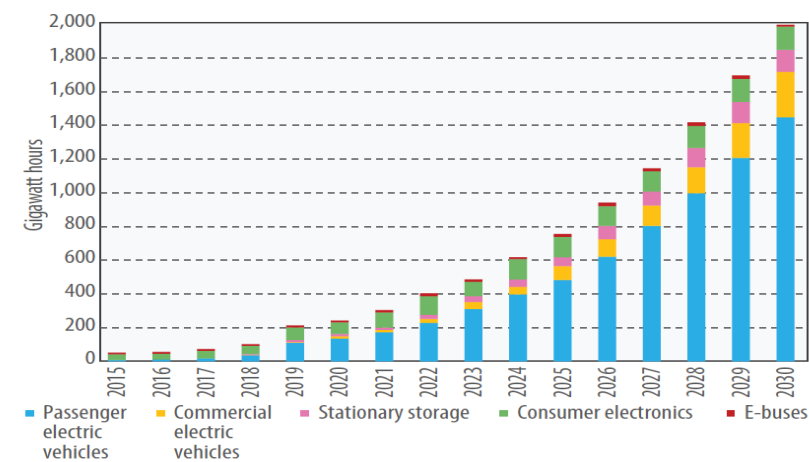
Elämän akkuistuminen



- Akkujen tarve tulee lisääntymään erityisesti sähköisen liikenteen ja uusiutuvan energian tarpeiden ajamana. Akkujen kysynnän ennusteet vaihtelevat 2 000–2 900 GWh välillä vuoteen 2030. Tuotannosta kolmanneksen odotetaan olevan Euroopassa ja noin puolet Kiinassa.
- Akkujen kysynnästä 80–90% odotetaan kohdentuvan sähköisiin kulkuneuvoihin, noin 5–10% energian varastointiin ja 5–10% kuluttajaelektroniikkaan.
- Jos kuluttajaelektroniikkalaitteiden akkujen yhdistetyn kapasiteetin oletetaan olevan 70–200 GWh vuonna 2030, pienehköllä (10 Wh) kuluttajaelektroniikkalaitteita olisi maailmassa 7–20 miljardia kappaletta.
- Vuonna 2030 Suomessa ennustetaan olevan 740 000 sähkökäyttöistä henkilöautoa.

Figure 2

Uses of lithium-ion batteries in the world, 2015–2030



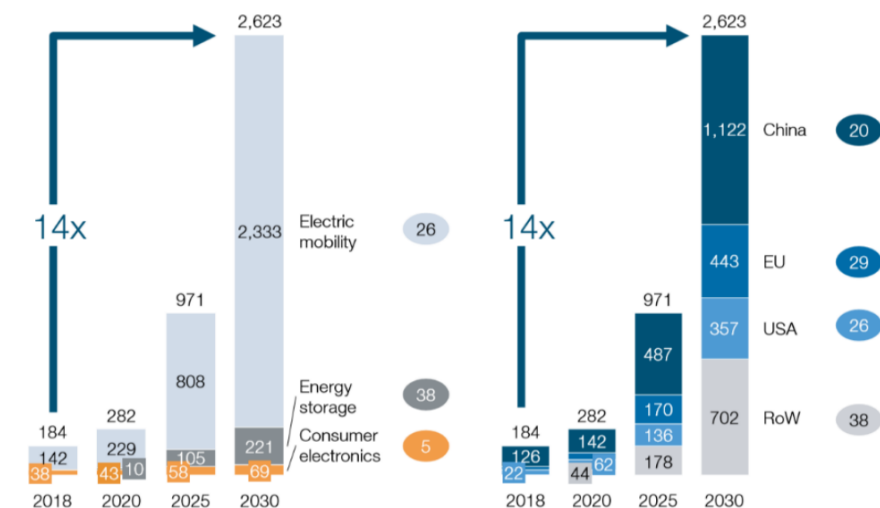
Source: Wang (2020).

Global battery demand by application
GWh in 2030, base case

CAGR,
% p.a.

Global battery demand by region
GWh in 2030, base case

CAGR,
% p.a.



Kuvat: Battery EU 2030+ roadmap (2021). Inventing the sustainable batteries of the future, Research needs and future actions McKinsey Company (2021). Unlocking growth in battery cell manufacturing for electric vehicles.

4.1 ELÄMÄN AKKUISTUMINEN

Akkuja on aivan kaikkialla – ymmärrämmekö edes missä?



Tapahtuneita onnettomuuksia - poimintoja

- ”Akkuparistolaturi räjähti ja tappoi 26-vuotiaan Hampurissa”
Iltalehti 23.8.2018
- ”Latauksessa ollut potkulaudan akku räjähti Lopella” YLE
26.5.2021
- ”Sähkötupakan akku räjähti taskussa” Seiska 11.8.2018
- ”Trukin akku räjähti Lahdessa” Etelä-Suomen sanomat
28.10.2021
- ” Sähköpolkupyörän akku roihahti tuleen [elektroniikkaliikkeessä]”
Iltalehti 29.10.2020
- ” SPEK varoittaa palovaarasta: sähköpolkupyörän akkupalo
syöksee tulta kuin plasmaleikkuri” Ilta-Sanomat 13.12.2021
- ”Sähköauto syttyi kolmesti – akkupalo on arvaamaton ja vaikea
sammuttaa” Pelastustieto 28.6.2019
- ” Sähköauto roihahti ilmiliekkeihin – äiti ja lapsi pakenivat viime
hetkellä” Tivi 24.8.2021



Akkumäärän kasvaminen lisää paloriskiä

Todennäköisyys / Seuraus	Pieni todennäköisyys	Keskisuuri todennäköisyys	Suuri todennäköisyys
Suuri seuraus	<ul style="list-style-type: none"> • Suuria yksiköitä • Vähän akkuja • Uusia • Ei toimenpiteitä • Paljon kouluttamattomia ihmisiä • Palokuormaa samassa tilassa /ei sammutuskykyä 		<ul style="list-style-type: none"> • Suuria yksiköitä • Paljon akkuja • Käytettyjä • Toimenpiteitä • Paljon kouluttamattomia ihmisiä • Palokuormaa samassa tilassa /ei sammutuskykyä
Keskisuuri seuraus			
Pieni seuraus	<ul style="list-style-type: none"> • Pieniä yksiköitä • vähän • uusia • ei toimenpiteitä • Vähän ihmisiä jotka koulutettu • ei palokuormaa aivan lähellä/nopea sammutuskyky 		<ul style="list-style-type: none"> • Pieniä yksiköitä • paljon • käytettyjä • Toimenpiteitä • Vähän ihmisiä jotka koulutettu • ei palokuormaa aivan lähellä/ nopea sammutuskyky

On kuitenkin huomattava, että akkujen paloturvallisuus paranee tekniikan kehittyessä

Akkujen vaarallisuusarvio

Luokka	Vapautuva lämpöenergia, noin	Arvioitu seuraus, palo	Arvioitu seuraus, savukaasut
1. Pienet litium-ioniakut	< 200 kJ = <50 Wh	Vaarallisia mikäli lähellä palokuormaa (liekkikosketus)	Vaarallisia lähietäisyydellä
2. Pienet alle 10 Wh litium-ioniakut	50-200Wh	Voivat sytyttää pakkauksensa ja voivat sytyttää palokuorman lähellä tai yläpuolellaan (lämpösäteily, liekkikosketus)*	Vaarallisia huonetilassa
4. Keskisuuret 10-100 Wh litium-ioniakut	500-2000 Wh	Voivat sytyttää pakkauksensa ja voivat sytyttää palokuorman ympäristössään ja yläpuolellaan (lämpösäteily, liekkikosketus, heitteet)	Vaarallisia isossa hallissa
6. Isot > 100 Wh litium-ioniakut	>2 kWh	Voivat sytyttää pakkauksensa ja voivat sytyttää palokuorman ympäristössään ja kauempana (lämpösäteily, liekkikosketus, heitteet)	Vaarallisia aina

Arviot perustuvat Gaian kokemukseen ja ovat suuntaa-antavia.

* Tutkimuksissa on todettu, että tyypillisesti pakatut isotkaan akut eivät välttämättä aiheuta lämpökarkaamista muissa akuissa ellei myös pakkaus pala

Vakuutusyhtiöiden näkökulma

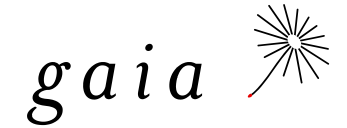


- Yleisesti vakuutusyhtiöt tuntevat hyvin akkuihin liittyvät riskit ja seuraavat riskejä tiiviisti. Varsinkin isoilla kansainvälisillä vakuutusyhtiöillä on paljon resursseja akkuriskien selvittämiseen. Suomessa seurataan kansainvälisten toimijoiden tutkimuksia.
- Yleisesti ottaen vakuutusala ei ole toistaiseksi lähtenyt rajaamaan akkuihin liittyviä riskejä ulos korvattavista vahingoista.
- Suurasiakkailla vakuutuksen peruskaava on: tunnistetaan omaisuuslaji, määritellään minkä riskin varalta vakuutetaan sekä annetaan mahdolliset lisärajoitukset eli suojeleohjeet. Suurasiakkaiden vakuutukset tehdään asiakaskohtaisesti, ja usein vakuutusyhtiön edustaja käy paikan päällä tekemässä riskikartoituksen. Vakuutusyhtiöiden edustajat on koulutettu tunnistamaan myös akkuihin liittyviä riskejä.
- Yksityisasiakkaiden kotivakuutuksissa on periaatteessa yksityiskohtia, jotka voivat rajata akkuvahingot välillisesti pois vakuutuksen piiristä, kuten ”juomaa ei saa olla kannettavan tietokoneen vieressä”.
- Toistaiseksi annetuissa yksityisasiakkaiden suojeleohjeissa ohjeistetaan asiakkaita lähinnä akkujen turvalliseen pysäköintiin ja lataamiseen antamalla voimakkaita suosituksia mm. latauspisteen sijoittamisesta ja sen ympäristöstä, turvavarusteista, huollosta ja ilmanvaihdosta.

4. UUSIEN SÄHKÖN KÄYTTÖTAPOJEN VÄLILLISET VAARAT JA RISKIT

4.2 Sähkön varastointi

Sähkön varastointi - Yleistä

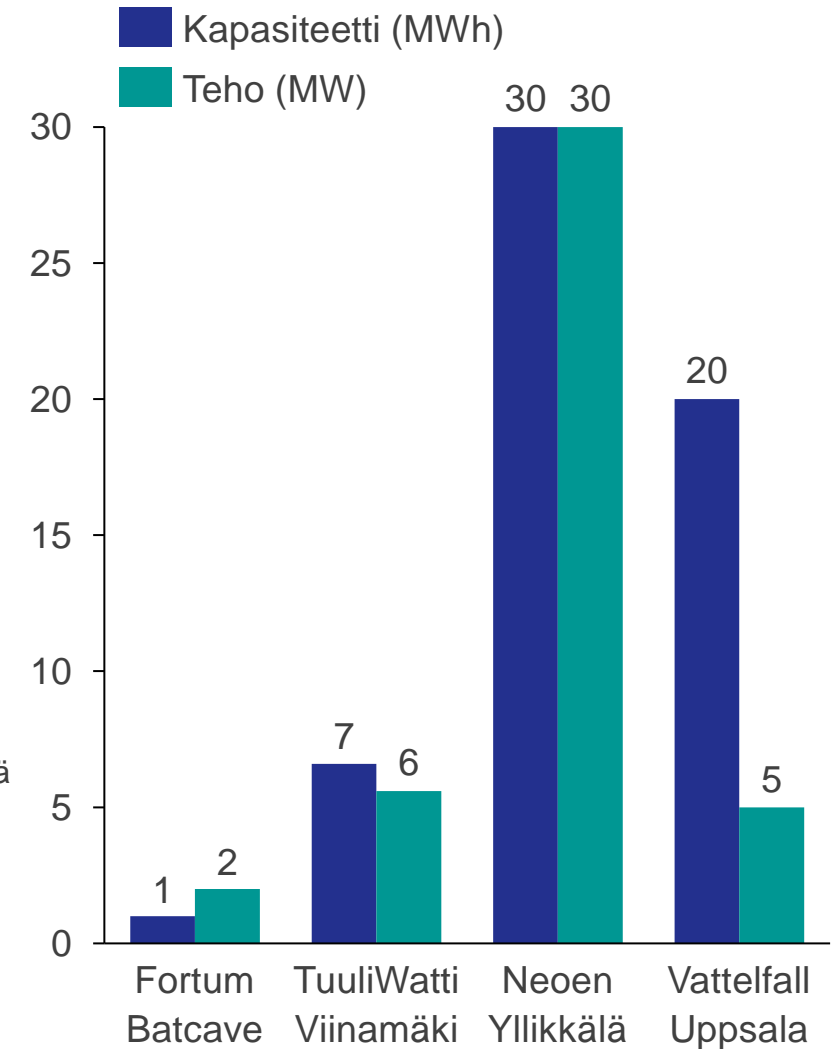


- Sähkövarastot ovat yleistymässä. Aiemmin sähkövarastoja hankkivat pääosin sähkö-alan asiantuntijat (esim. energiayhtiöt). Käyttökohteiden monipuolistuessa käyttäjinä on myös tahoja joilla ei ole sähköalan erityisasiantuntemusta (kiinteistönomistajat ym.).
 - Sähköverkon kysyntäpiikkien tasaukseen kaavailtu kulutusjoustokannustin saattaa johtaa akkujen hyödyntämiseen sähköverkon paikalliseen tasaukseen nopeallakin aikataululla. Muutokset tulisivat voimaan todennäköisesti 1.1.2024 alkavalle valvontajaksolle.
- Sähkövarastoihin liittyvät turvallisuusohjeet eivät vielä ole pitkälle kehittyneitä eikä tehokkaista sammutusmenetelmistä ole kertynyt kovin paljon kokemuksia. Sähkövarastojen teknologia kehittyy samalla nopeasti.
- Sähkövaraston turvallisuutta on tarkasteltava kokonaisuutena huomioiden sen käyttötarkoitus, akun tekniset ominaisuudet, turvallisuusjärjestelmät sekä sähkövaraston sijaintiin liittyvät näkökohdat.
 - Sähkövarastoja on erikokoisia ja niitä voidaan toteuttaa teknisesti eri tavoin. Turvajärjestelmien toteuttamisessa on erilaisia vaihtoehtoja. Akkuihin liittyvät riskit ja kuinka tehokkaasti riskit pystytään eliminoimaan riippuu myös siitä millaiseen tilaan akku on sijoitettu.
- Li-akkupohjaiset sähkövarastokohteet voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan:
 - A. Kohteisiin joissa akkujärjestelmä on sijoitettu rakennukseen, jossa asuu tai työskentelee ihmisiä. Esimerkkejä ovat kerrostalon tekninen tila tai ostoskeskuksen parkkihalli. Akkukontti on mahdollista sijoittaa rakennukseen.
 - B. Erillissijoitettuihin akkujärjestelmiin, kuten kontteihin tai erillisiin rakennuksiin sijoitettuihin akkuihin.

Teollisen kokoluokan akustot Pohjoismaissa



- Nordpoolin alueella on teollisen kokoluokan akustoratkaisuja pääasiassa Suomessa ja Ruotsissa. Valmistuneita projekteja ovat mm:
 - Fortum, Batcave, 2017, Teho 2 MW, kapasiteetti 1 MWh, litiumioniakusto
 - TuuliWatti, Viinamäen tuulipuiston akusto, 2019, Teho 5.6 MW, kapasiteetti 6.6 MWh, litiumioniakusto
 - Neoen, Yllikkälä Power Reserve, 2020, Teho 30 MW, Kapasiteetti 30 MWh, litiumioniakusto.
 - Vattenfall, Uppsala 2020, Teho 5 MW, kapasiteetti 20 MWh, akusto hyödyntää Vattenfallin mukaan BMW:n valmistamia sähköauton akkuja (litiumioni)
- Selvityksessä tunnistetut teollisen kokoluokan akkuvarastot hyödyntävät kaikki litiumioniakkuteknologiaa.
- Akkuja hyödynnetään pääasiassa sähkön säätö- ja reservimarkkinoilla. Uppsalan akuston rooli säätömarkkinoihin osallistumisen lisäksi on ehkäistä pullonkaulojen muodostumista paikallisessa sähköverkossa mahdollistaen verkon laajenemisen.
- Lisäksi sähkön jakeluverkon haltijat hyödyntävät akkuteknologiaa tasapainottamaan verkkoa. Tästä kerrotaan tarkemmin kalvolla 23.
- Norjassa sähkön akkuvarastoinnille ei ole teollisessa mittakaavassa toistaiseksi tarvetta, vaan sähkön varastoinnissa hyödynnetään pääosinpumppuvoimaa.
- Tanskassa ei toistaiseksi ole sähkön varastointia teollisessa mittakaavassa. Sen sijaan Tanskan sähköjärjestelmä on vahvasti sidoksissa Norjan sähköverkkoon.



Sähköautojen akkujen uudelleenkäyttö

- Sähköautojen akkujen kapasiteetti laskee latauskertojen myötä. Kapasiteetin laskettua noin 80 %:iin, ne poistetaan liikennekäytöstä. Akkuja voidaan hyödyntää uudelleen stationaarisena energiavarastona ennen kuin akkumateriaalit laitetaan uudelleen kiertoon.
- Norjan Oslossa sijaitsevassa Bislett-stadionissa hyödynnetään käytöstä poistettuja Nissan Leaf –sähköautojen litium-ioniakkuja, jotka on yhdistetty paikalliseen aurinkoenergiantuotantoon. Varaston kokonaiskapasiteetti on 109 kWh ja maksimiteho 100 kW. Järjestelmän on toimittanut Eaton, jonka mukaan¹ järjestelmää on mahdollista skaalata helposti suuremmaksi vastaamaan tulevaisuuden tarpeita.
- Suomalainen start-up Cactus rakentaa käytetyistä Teslan akuista sähkövarastoja.
- Yhdysvaltain NSF:n mukaan² nykyisin sähköautojen akut suunnitellaan kestävyys sijaan suorituskyky edellä, mikä tekee akun kestävästä uusiokäytöstä ja kierrätyksestä haastavampaa. NSF:n laskelmien mukaan käyttämällä akku uudelleen uusiutuvan energian varastona voi laskea akun hiilijalanjälkeä jopa 17 %.
- Sähköauton akun käyttöikä on noin 10 vuotta. Nopeasti keittyvän teknologian vuoksi on mahdollista, että tehokkaan kierrätysjärjestelmän rakentaminen mahdollistaisi raaka-aineiden tehokkaamman hyödyntämisen, kuin uusiokäyttö.

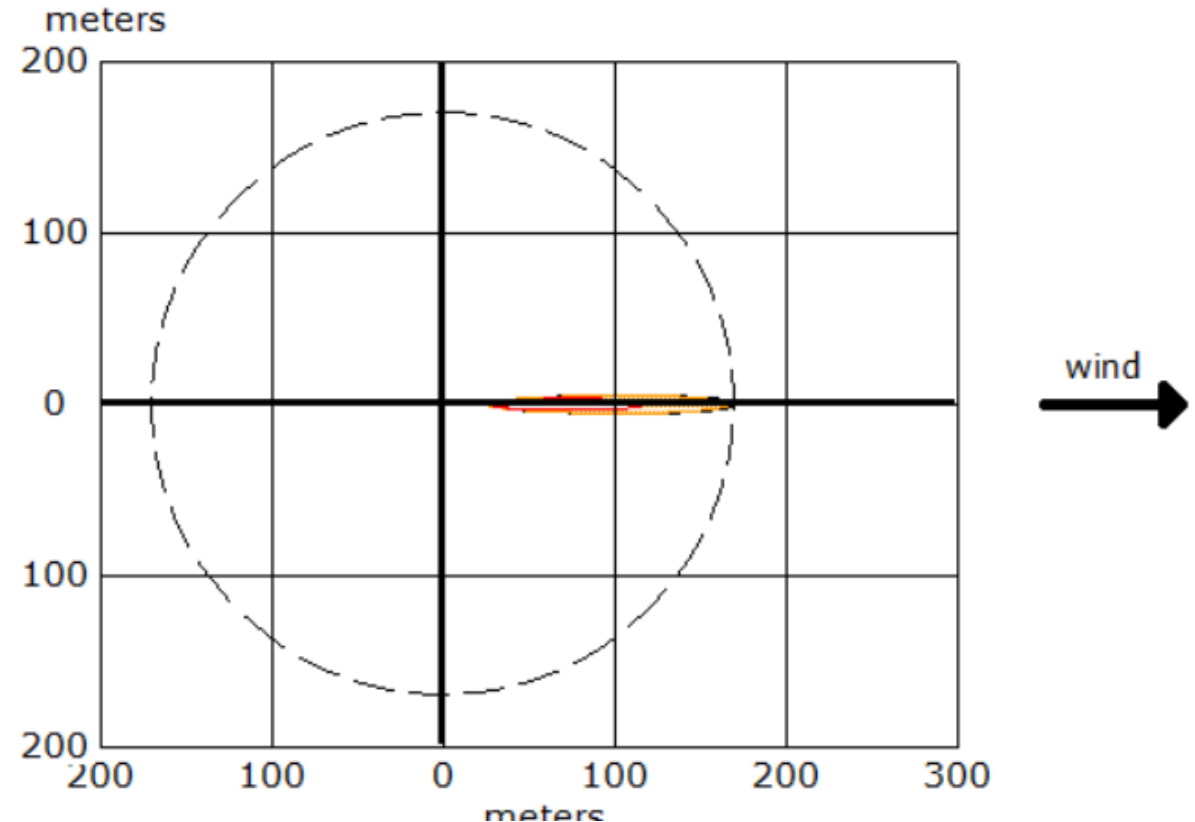


1) <https://www.eaton.com/gb/en-gb/products/energy-storage/bislett-stadium-success-story.html>

2) https://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=304070&org=NSF&from=news

Sähkövarastot muodostavat suuronnettomuusvaaran

- Polttokokeissa litium-ioniakut ovat tuottaneet fluorivetyä 20-200 mg/Wh
- Tarkastellaan esimerkiksi 500 kWh:n litium-ioniakuston paloa ulkona:
 - Oletetaan että fluorivedyn tuotto on 200 mg/Wh ja että palo kestäisi 2 tuntia, jona aikana kennot palavat tasaista vauhtia
 - Tällöin palonopeus on noin 70 Wh/s joten fluorivetyä syntyisi 14 g/s
- Tarkastellaan tynehköä iltaa:
 - Olettaen että savukaasut lähtevät sivulle päin 5-10 m korkeudesta fluorivety tuottaa kuolemanvaaran populaatiolle 100 m etäisyydellä ja pysyvän haitan vaaran lähes 200 m etäisyydellä tuulen alapuolella
 - Savukaasuissa on lisäksi PALJON muita komponentteja
- Palo sisätiloissa, esim. kauppakeskuksessa, olisi hyvin vaarallinen



Akkujen vaarat ja vaaroilta suojautuminen lopputuotteissa – vaaramekanismit ja riskienhallinta

- Sähkövarastoissa tärkeimpiä vaaramekanismeja ovat lämpökarkaaminen sekä sähköisku, jonka voi saada etenkin kun akku kytketään irti verkosta, huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai mikäli ei- auktorisoitu henkilö koskee akkuun tai siihen liitettyihin muihin laitteistoihin.
- Akkujen riskejä voidaan hallita useilla eri keinoilla:
 - Turvallisen akkujärjestelmän suunnittelu ja hankinta luotettavalta toimittajalta, joka huomioi kohteen vaatimat turvajärjestelyt
 - Akun sijoittaminen oikein suunniteltuun tilaan sekä mm. suojaetäisyyksien ja paloturvallisuusmääräysten noudattaminen
 - Riittävä ohjeistus ja koulutus asennuksessa, käyttöönotossa, käytössä, akuston alasajossa, poikkeama- ja hätätapauksissa
 - Riittävät tekniset turvajärjestelyt (mm. ilmastointi, tarvittaessa vesikiertoinen akun jäähdytys, BMS, ohjaus, valvonta ja hälytysjärjestelyt)
 - Riittävät sammutusjärjestelyt, kaasujen poisohjaaminen sekä evakuointisuunnitelma
 - Akkujen selkeästä merkinnästä huolehtiminen sekä yhteistyö pelastuslaitoksen kanssa
- Mahdolliset järjestelmän vikatilanteet, joihin on hyvä varautua:
 1. Lämpökarkaaminen kennossa, sen leviäminen ja hallintaan saaminen; sammuttaminen
 2. Akunhallintajärjestelmän (BMS) vikaantuminen tai pettäminen
 3. Ilmastointijärjestelmän vikaantuminen tai pettäminen
 4. Jännitepiikki primäärissä sähkönsyötössä tai oikosulku akkuvaraston kuormituspuolella.
 5. Savunhavaitsemis-, palonsammutus- tai kaasuilmaisinjärjestelmän toiminnan pettäminen.

Sähkövarastojen turvallisuuden sääntely



- Sähkövarastojen turvallisuusvaatimukset ovat erityisesti USA:ssa varsin kehittyneitä:
 - NFPA: Fire Code, Building Code, 855-X ” Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems”
 - NECA 416-17 – Recommended Practice for Installing Stored Energy Systems
 - IEEE: National Safety Code; 1653-2012 – Guide for Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications, IEEE P1578 Recommended Practice for Stationary Battery Electrolyte Spill Containment; P1697.1 Guide for the Characterization and Evaluation of Lithium-Based Batteries in Stationary Applications
 - UL 9540: Safety of ES Systems and Equipment; UL 1973 Batteries for Use in LER and Stationary Applications; UL 1974 – Evaluation of Batteries for Repurposing
 - New Yorkin pelastuslaitos on antanut kansallisiin säädöksiin nojaavaan viranomaisohjeen sähkövarastojen turvallisuudesta
- Euroopassa sähkövarastoa ei ole määritelty käsitteenä sähkömarkkinadirektiivissä (eikä sähkömarkkina- laissa Suomessa), eikä Euroopassa ei ole kattavaa sähkövarastoinnin sääntelyä
 - Turvallisuus perustuu pääasiassa olemassa oleviin standardeihin: esim. Saksalainen TÜV testaa energiavarastoja YK:n kuljetusmääräyksiä ja standardeja IEC 62619 (Safety requirements for secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes as well as secondary lithium cells and batteries ja EN 50272-2 (Safety requirements for secondary batteries and battery installations) vasten
- Suomessa vain pelastuslaki huomioi sähkövarastot yleisesti

Sähkövarastojen turvallisuuden sääntely



- Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017), on keskeinen säädös, jota tulee noudattaa uutta rakennusta rakennettaessa, kun siihen sijoitetaan sähkövarasto.
- Akustoja saatetaan sijoittaa rakennuksiin jo rakennusvaiheessa. Uudisrakennusta valvovan rakennusvalvontaviranomaisen tulee olla tietoinen sähkövaraston sijoittamisesta rakennukseen.
- Pelastuslain 9§ edellyttää että rakennuksen omistaja, haltija ja toiminnanharjoittaja huolehtii siitä että:
 1. tulipalon syttymisen, tahallisen sytyttämisen sekä leviämisen vaara on vähäinen
 2. rakennuksessa olevat henkilöt pystyvät tulipalossa tai muussa äkillisessä vaaratilanteessa poistumaan rakennuksesta tai heidät voidaan pelastaa muulla tavoin
 3. pelastustoiminta on tulipalon tai muun onnettomuuden sattuessa mahdollista
 4. pelastushenkilöstön turvallisuus on otettu huomioon
 5. Helposti syttyvää materiaalia tai muuta tavaraa ei saa säilyttää ullakolla, kellarissa, rakennuksen alla tai sen välittömässä läheisyydessä niin, että siitä aiheutuu tulipalon syttymisen tai leviämisen vaaraa tai että tulipalon sammuttaminen vaikeutuu
- Tämän voidaan tulkita koskevan myös sähkövarastoja ja laajemmin litium-ioniakkuja
- **Tietoisuus näistä säädöksistä ei todennäköisesti ole Suomessa riittävällä tasolla**
- Tuotevastuulaki (1990/694): Jos tavarasta aiheutuu vahinkoa muulle kuluttajan omaisuudelle kuin myydylle tavaralle, tuottaja on vastuussa vahingosta
- Yritysten välisiä tuotevastuukysymyksiä säätelevät tehdyt sopimukset ja vahingonkorvauslaki (412/1974)

4. UUSIEN SÄHKÖN KÄYTTÖTAPOJEN VÄLILLISET VAARAT JA RISKIT

4.3 Liikkumisen sähköistyminen

Eri liikkumismuodot ja akkuistuminen

Maaliikenne:
Sähköautot ja uudet
ajoneuvot



Vesiliikenne:
Vesikulkuneuvojen
sähköpropulsio ja lyijyakkujen
korvaaminen



Ilmaliikenne:
Dronet ja sähkölentokoneet



4.3 LIIKKUMISEN SÄHKÖISTYMINEN

Maaliikenne

SÄHKÖAUTOT JA UUDET AJONEUVOT

Sähköautot ja uudet ajoneuvot: Sähkö- ja hybridiautojen tyypit

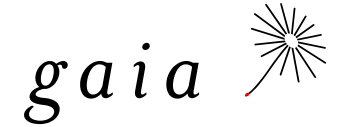


- Sähköautot jaetaan täyssähköautoihin ja ladattaviin hybrideihin^{1,2}
 - **Täyssähköautoissa** on sähkömoottori ja sen energianlähteenä akusto. Niissä ei yleensä ole erillistä vaihteistoa, vaan sähkömoottori (tai – moottorit) on kytketty suoraan tasauspyörästöön tai ajoneuvon pyöriin alennusvaihteen välityksellä. Täyssähköautoissa on polttomoottoriautoihin verrattuna noin kolme kertaa vähemmän erillisiä osia, mistä johtuen ne ovat polttomoottoriautoja yksin kertaisempia rakentaa¹. Moottoreita voi kuitenkin olla useampi ja kullakin omat vaihteensa, joissa on erilaiset välitykset².
 - **Ladattavissa hybrideissä** on sähkömoottorin ja akuston lisäksi polttomoottori. Ladattavia hybridejä on kahdenlaisia: **rinnakkaishybrideissä** polttomoottori on rinnan sähkömoottorin kanssa; **sarjahybrideissä** polttomoottori on irrallaan voimansiirrosta ja sitä käytetään vain akuston lataamiseen. Rinnakkaishybridit edellyttävät kaksinkertaista tekniikkaa (sähkö- ja polttomoottori) ja niissä on usein samaa kokoluokkaa oleva moottori ja samankaltainen voimansiirto kuin polttomoottoriautoissa, mistä johtuen ne eivät yleensä mahdollista valmistusteknisiä kustannussäästöjä. Kustannussäästöt valmistuksessa verrattuna polttomoottoriautoihin ovat mahdollisia sarja hybridien osalta.
- Akkuja ja sähkömoottoreita hyödynnetään myös **ei-ladattavissa hybrideissä**
 - Myös niissä on sähkömoottori, akusto ja polttomoottori, mutta ko. autojen akkuja ei voi ladata ulkopuolisella sähköenergialla, vaan niiden akut latautuvat hyödyntäen jarrutusenergiaa ja/tai polttomoottorin energiaa. Ko. autoissa sähkömoottorien tehtävä on lähinnä avustaa polttomoottoria liikkeellelähdössä tai mahdollistaa lyhyiden matkojen ajamisen akuston energian turvin sekä säästää polttoainetta kaupunkiajossa.
 - Ei-ladattavat hybridit jakautuvat kevythybrideihin, joissa sähkömoottori ei ole milloinkaan ainut käyttövoima, ja täyshybrideihin, jotka voivat lyhyen matkaa kulkea pelkällä sähköllä.
- Hybridiautoja pidetään laajalti liikenteen sähköistymisen välivaiheena

<https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/cars-2025/index.html>

<https://cleantechnica.com/2019/07/22/ev-transmissions-are-coming-and-its-a-good-thing/>

Sähköautojen yleistyminen



- Suomessa oli vuonna 2021 liikenteessä 22 892 täyssähköautoa, 77 045 ladattavaa hybridiä ja 105 651 ei-ladattavaa hybridiä. Bensiiniajoneuvoja oli 1 784 279 kpl, dieselkäyttöisiä 746 132 kpl ja muita käyttövoimia kuten maakaasua ja etanolia hyödyntäviä oli yhteensä 18 963 kpl.
- Ensirekisteröidyistä ajoneuvoista vuonna 2022 tammi-maaliskuussa 14% oli täyssähköautoja, 20,4% ladattavia hybrideitä ja 32,8% ei-ladattavia hybrideitä.
- Käytettyjä täyssähköautoja tuodaan jonkin verran Suomeen: 120 täyssähköautoa vuonna 2021 ja 96 ladattavaa hybridiä.
- Vuonna 2018 Suomen liikennekäytössä olevien henkilöautojen keskimääräinen arvo oli 3600 euroa4
- Sipilän hallituksen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena vuodelta 2016 oli, että vuoteen 2030 mennessä Suomessa on liikenteessä 250 000 sähköautoa. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän toteuttamassa ja Liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) julkaisemassa ”Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045”-ohjelman tavoitteena on, että vuonna 2030 Suomessa olisi 670 000 sähköautoa. Tavoitetta päivitettiin syksyllä 2021 jopa 700 000 sähköautoon vuoteen 2030 mennessä.
 - Em. arviot perustuvat kunnianhimoisiin tavoitteisiin, ja esim. LVM:n tavoitteiden realistisuutta on kritisoitu voimakkaasti mm. Autoliiton toimesta, joka piti Sipilän hallituksen tavoitetta 250 000 sähköautosta vuonna 2030 jo varsin suurena tavoitteena.
- Noin vuonna 2025 sähköautojen hintojen arvioidaan olevan lähellä polttomoottoriautoja, mikä osaltaan vaikuttaa niiden yleistymiseen
- Käytännössä sähköautojen yleistymiseen vaikuttaa teknologian kehitys ja hintojen laskeminen sekä sähköautoihin kohdistetut poliittikatoimet, joiden toteutumisesta ei ole tällä hetkellä vielä varmuutta.
- Viimeaikainen polttonesteiden hinnannousu on vauhdittanut sähköautojen kysyntää, mutta toisaalta teknologian saatavuusongelmat ovat pienentäneet tarjontaa
- Raskaan liikenteen sähköistymisen arvioidaan kestävän pitkään.

Sähköautojen akkaturvallisuuden sääntely-ympäristö

Ajoneuvoakkujen turvallisuus 1/2



- Sähköajoneuvoille löytyy kattavia turvallisuusstandardeja. Tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen vaatimusten sääntelyn keskeiset lähtökohdat ovat EU:ssa direktiivit, erityisesti ajoneuvojen puitedirektiivi ja kansallisella tasolla Suomen ajoneuvolaki, asetus ajoneuvojen rakenteesta sekä asetus hyväksymisestä.
- Ajoneuvojen vaatimuksia sääntelee myös mm. ajoneuvojen puitedirektiivi ja kansallisella tasolla Suomen ajoneuvolaki (1090/2002) sekä sen nojalla annetut asetukset. Lisäksi direktiivein säädellään mm. EMC-yhteensopivuutta, sähköturvallisuutta, materiaaleja, jätetuottoa ja päästöjä, mutta akkujen sähkökemialliselle turvallisuudelle ei ole olemassa erillistä direktiiviä.
- Direktiivien ja asetusten lisäksi keskeinen säätelijä ovat UNECE:N Geneven sopimus 1958 (E-säännöt; mm. ajoneuvoista ja niiden komponenteista) sekä UNECE:n 1998 globaalisopimus (Global Technical Regulation; GTR-säännöt)
- E-sääntö 100.02 (2013) antaa määräyksiä akkaturvallisuudesta sähköturvallisuusmielessä
- Käynnissä olevan Electric Vehicle safety -työryhmän tehtävänä on tuottaa GTR-sääntö sähköautojen turvallisuudesta. Keskeiset teemat ovat:
 - Toiminnallinen turvallisuus ja merkinnät
 - Akkaturvallisuus ja alhaisen latauksen varoitus
 - Altistuminen vedelle, tärinälle, korkeille lämpötiloille
 - Post-crash: sähköiskut ja akun eheys
 - Sähköiskujen välttäminen
 - BMS:n toiminta auto- ja akkupakettitasolla, lämpökarkaamisen eteneminen

Sähköautojen akkaturvallisuuden sääntely-ympäristö

Ajoneuvoakkujen turvallisuus 2/2



- Suurin osa standardeista on johdettu konventionaalisten ajoneuvojen sääntelystä. Alla on esitelty eräitä sähköautojen akkujen kannalta relevantteja turvallisuusstandardeja.
- **ISO-standardeja**
 - SFS-EN 50604-2:2016 : Secondary lithium batteries for light EV (electric vehicle) applications - Part 1: General safety requirements and test methods
 - SFS-EN 62660-3:2016:en; Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 3: Safety requirements
 - ISO 12405-3:2014 Electrically propelled road vehicles -- Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems -- Part 3: Safety performance requirements
 - ISO 12405-4:2018; Electrically propelled road vehicles --Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems -- Part 4: Performance testing
 - ISO 6469-4: Electrically propelled road vehicles – Safety Specifications – Part 4: Post Crash Electrical Safety
- **SAE-standardeja:**
 - SAE J2288: Battery Life Cycle testing
 - SAE J2929: Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery System Safety Standard
 - SAE J2344: Guidelines for Electric Vehicle Safety
 - SAE J1797: Recommended Practice for Packaging of Electric Vehicle Battery Modules
 - SAE J 2464: Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System Safety and Abuse Testing
- **Muita:**
 - IEC 62660
 - UL 2580: Batteries for Use in Electric Vehicles

Sähköauto tulipalossa

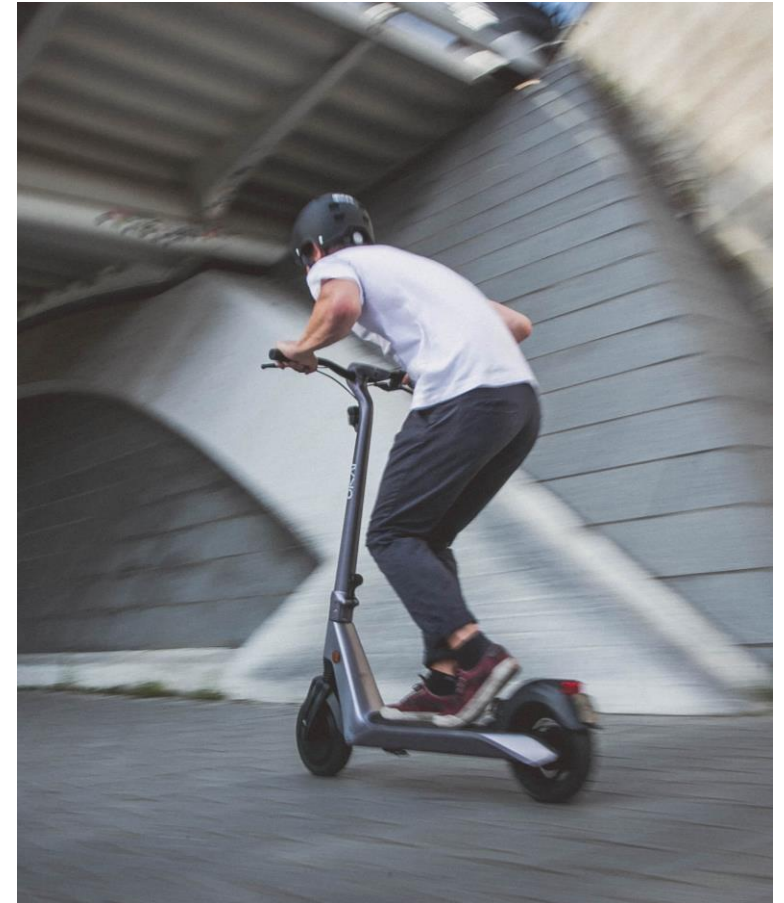
- Sähköautojen tulipalot eivät ole yhtä yleisiä kuin bensiini- tai dieselautojen
 - On arvioitu, että auton elinkaaren aikana sähköauton palotodennäköisyys on 0.03%, polttomoottoriauton 1.5 % ja hybridauton 3.4%
- Palo on kuitenkin erittäin vaikea hallita
 - Akkukennoja ei voi sammuttaa
 - Kennojen jäähdyttäminen ja lämpökarkaamisen etenemisen pysäyttäminen on vaikeaa
 - Palon lähestyminen on vaarallista
- Autopalo aiheuttaa savukaasujen takia vaaraa ympäröivillä alueilla
- Viime aikoina on yleistynyt sammutustekniikka, jossa koko auto nostetaan erityiseen sammutusvesialtaaseen jäähtymään
 - Vesi myös absorboi fluori- ja muita yhdisteitä kaasuista



Norjassa on tapahtunut useita parkkihallipaloja. Palot ovat saaneet alkunsa polttomoottoriautoista, mutta sähköautot ovat hankaloittaneet sammutusta huomattavasti.

Muut ajoneuvot – sähköpotkulaudat

- Sähköiset liikkumisvälineet ovat yleistyneet nopeasti liikenteessä. Riippuu liikkumisvälineen ominaisuuksista, katsotaanko liikkumisvälinettä käytävä jalankulkijaksi, pyöräilijäksi vai moottoriajoneuvon kuljettajaksi. Sähköpotkulaudat ovat erityisesti nuorten aikuisten matkaketjujen täydentäjiä.
- Kevyet sähköiset liikkumisvälineet voidaan jaotella karkeasti kolmeen luokkaan:
 - Kävelyä avustavat tai korvaavat liikkumisvälineet (esim. leijulauta/tasapainolauta)
 - Sähköavusteiset tai moottorilla varustetut polkupyörät
 - Kevyet sähköajoneuvot (Segway, useimmat sähköpotkulaudat)
- Kutakin liikkumismuotoa koskevat liikennesäännöt ovat osin tulkinnanvaraisia - jos liikkumisvälineellä mennään kävelyvauhtia (alle 15 km/h), sitä koskevat jalankulkijoiden säännöt. Kovemmassa nopeudessa koskevat pyöräilijöiden liikennesäännöt. Esimerkiksi sähköpotkulauta määritellään maksiminopeudesta riippuen joko kävelyä avustavaksi liikkumisvälineeksi tai kevyeksi sähköajoneuvoksi. Vaikka sähköpotkulaudoissa on 1kW moottori ne luetaan silti moottorittomiksi ajoneuvoiksi. Liikennejuopumus moottorittomalla ajoneuvolla on rikosoikeudellisesti rangaistavaa vasta, jos aiheutetaan vaaraa muille.
- Tutkimuksissa on todettu kasvaneiden nopeuksien seurauksena onnettomuuksien olevan vakavampia kuin polkupyörillä. Sähköpotkulaudalla tapahtuneista onnettomuuksista merkittävä osuus tapahtuu yöaikaan ja alkoholin vaikutuksen alaisena. Sääntely-ympäristö ei ole pysynyt perässä vaan yritykset ovat itse asettaneet esimerkiksi nopeusrajoituksia yöaikaan, lisänneet suojarusteita mm. kypäriä ja tiedottaneet haitoista.



Uusi liikkumistapa aiheuttaa hallitsemattoman riskin

- **Töölön sairaalan sähköpotkulautojen onnettomuustutkimus (2019)**
 - Sähköpotkulauta onnettomuustiheys 66 onnettomuutta / milj. matkaa. Alkoholikorjattuna 32 onnettomuutta / milj. matkaa
 - Polkupyörillä alkoholikorjattu onnettomuustiheys Helsingin kantakaupungissa 20-29 onnettomuutta / milj. matkaa, ja koko Helsingin alueella 7-10 onnettomuutta / milj. matkaa.
 - Onnettomuustiheys on 2-6,5 kertainen pyöräilytapaturmiin verrattuna. Norjassa vastaava luku on 10.
- Pelkästään Meilahden yhteispäivystyksessä HUSissa on hoidettu 1.5.-21.6.2021 välisenä aikana 143 sähköpotkulautaonnettomuudessa loukkaantunutta. Vastaavalla ajanjaksolla hoidettiin 72 pyöräilyonnettomuudessa loukkaantunutta henkilöä.
- Vakavina vammoina on syntynyt aivoverenvuotoja sekä vaikeita leikkaushoitoa vaativia kasvojen luiden murtumia, kuten leukamurtumia.
- Helsingissä on hiljattain tiukennettu sähköpotkulautojen yksityisoikeudellista sääntelyä. Sääntelyllä pyritään puuttumaan sekä holtittomaan pysäköintiin että sähköpotkulautojen käyttäjien onnettomuuksiin.
 - Helsingin ydinkeskustaan luodaan pysäköintialueet sähköpotkulaudoille. Jatkossa pysäköidystä sähköpotkulaudasta on otettava kuva jotta matka päättyy. Helsingissä alkaa päivittäin kulkea pysäköintipartio joka tarvittaessa siistii pysäköityjä sähköpotkulautoja
 - Nopeusrajoitukset ja viikonloppuöiden ajokielto. Liikenneturvallisuusstrategiassa on ehdotettu mahdollisuutta asettaa promilleraja sähköpotkulautoihin ja muuhun mikroliikkumiseen.



4.3 LIIKKUMISEN SÄHKÖISTYMINEN

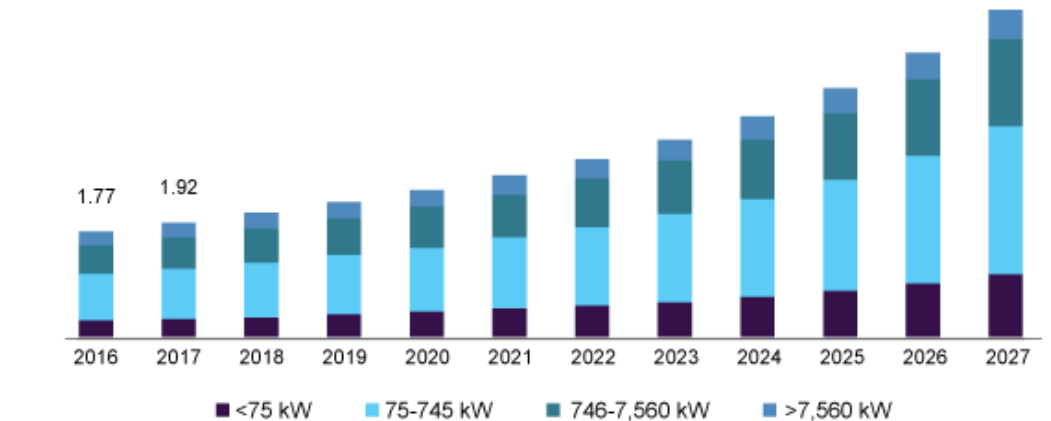
Vesiliikenne

SÄHKÖPROPULSIO JA LYIJYAKKUJEN KORVAUTUMINEN

Laivojen sähköistyminen on hidasta

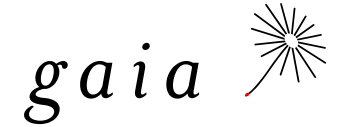
- Laivaliikenne tuottaa 2,5 % maailman kasvihuonekaasupäästöistä, ja laivakuljetusten määrä kasvaa koko ajan
- Päästövähennystavoitteet asettavat paineita myös vesiliikenteen sähköistymiselle ja akkuistumiselle.
- Lisäksi pakokaasuissa on useita paikallisvaikutuksia aiheuttavia ainesosia, jotka ovat merkityksellisiä erityisesti satamissa
- IMO on päättänyt puolittaa laivaliikenteen CO₂-päästöt 2008 tasoon verrattuna
- Sähkökäytöllä on tässä merkittävä rooli
- Myös LNG:tä käytetään sen pienemmän hiilisisällön vuoksi, mutta merkittävä ongelma on palamattoman metaanin pääsy pakokaasuihin
- Pitkällä tähtäyksellä merkittävä rooli on myös öljyn hinnalla ja tarjonnan ehtymisellä
- 80 % laivoista on jo nyt voimalinjaltaan sähköisiä: sähkömoottorit tuottavat propulsiotehon, ja dieselkoneet tuottavat sähköä
- Hybridilaivoja ja täysin akkukäyttöisiä laivoja on jo olemassa
- Pitkän matkan suurten laivojen täyssähköistyminen on lyhyellä tähtäyksellä kuitenkin epärealistista laivojen tehontarpeen ja rajallisten latausmahdollisuuksien vuoksi
- Sähkökäyttö yleistynee ensin sisävesillä joissa paikallisvaikutusten eliminointi on tärkeää ja jossa latausmahdollisuudet ovat paremmat
- Tämä edellyttää kuitenkin satamilta autojen latauspisteverkoston tyyppistä infrastruktuuria

Europe electric ship market size, by power output, 2016 - 2027 (USD Billion)



Source: www.grandviewresearch.com

Case Elektra



- Nauvo Elektra on hybridilautta joka liikennöi Nauvon ja Paraisten välillä. Etäisyys on noin 1,6 km joka taittuu 8-10 minuutissa. Lautta on täyssymmetrinen, ja molemmissa päissä on 900 kW sähkömoottorit jotka pyörittävät 360 astetta pyöriviä potkurilaitteita. Tarvittaessa lisävoimaa saadaan kolmesta 420 kW dieselgeneraattorista.
- Akut ovat litium-ioniakkuja.
- Akkujen kapasiteetti on 1 MWh. Kapasiteetti riittäisi kulkemaan välin kuusi kertaa, mutta jokaisella rantautumisella ladataan akkuja 5-6 minuuttia. Lataus tapahtuu suoraan sähköverkosta, laiturissa laivan sähkövastakkeeseen laskeutuu suuri töpseli jolla ladataan akkuja 1 800 kW teholla.
- Akusto on nestejäähdytteinen ja se pidetään 18 °C lämpötilassa ympäri vuoden. Turvallisuussyistä akusto on jaettu kahteen akkuhuoneeseen. Siemensin toimittamalla akustolla on 10 vuoden takuu, ja lautan 50 vuoden käyttöiän aikana se tullaan vaihtamaan useaan kertaan.
- Keväällä 2022 liikenteeseen tulee Elektran rinnalle uusi tekniikaltaan samantyyppinen Altera-lautta.

Huviveneiden kiinteät akustot



- Suomessakin litium-ioniakut ovat alkaneet korvata lyijyakkuja veneissä. Lisäksi sähköpropulsio on alkanut jossain määrin korvata polttomootoreita. Yhteistä näille on massiivisten litium-ioniakustojen tuominen veneeseen
- Akut ovat usein litium-rautafosfaattityyppisiä, jotka eivät välttämättä pala liekillä, mutta synnyttävät kyllä myrkyllisiä kaasuja
- Vene käyttöympäristönä altistaa akun vaurioille ja lämpökarkaamiselle
 - Jotkut valmistajat jopa kieltävät suurikokoisten kennojen käytön veneessä rakenteellisen kestävyuden takia
- Vene ympäristönä on äärimmäisen haavoittuva
 - Sammumaton tulipalo merellä on äärimmäinen katastrofi
 - Myrkylliset kaasut – mihin miehistö menee?
- Varautuminen veneessä on varsin vaikeaa
 - Jäähdytys
 - Myrkyllisiltä kaasuilta suojautuminen
- Veneilijöiden suosima itse rakentelu altistaa riskille
 - Esim. kennojen oikea balansointi edellyttää hyvin tarkkaa jännitemittausta
 - Kytkenät
- Minkäänlaista akkuspesifiä sääntelyä ei tällä hetkellä ole Suomessa tai EU:ssa
 - Norjassa sikäläinen venealan keskusjärjestö on julkaissut standardityyppiset litium-ioniakkujen asennusohjeet
 - Huvivenedirektiiviä ollaan uudistamassa

Alusympäristö on äärimmäisen haavoittuva, ja akkupalo merellä on mahdoton sammuttaa



- Akut rahtina voivat johtaa äärimmäisen vaikeaan tilanteeseen
- Felicity Ace -rahtialuksen rahtiosasto syttyi tuleen tuntemattomasta syystä Pohjois-Atlantilla 16.2.2022. Alus oli matkalla Saksasta Yhdysvaltoihin. Kyydissä oli noin 4 000 sähköautoa
- Aluksen hallinta menetettiin nopeasti.
- Koko miehistö saatiin evakuoitua onnistuneesti.
- Sähköautojen litiumakut pitivät paloa yllä eikä paloa saatu sammutettua yrityksistä huolimatta.
- Palon oletetaan sammuneen 25.2.2022 kun palokaasuja ei ollut enää nähtävissä.
- Alusta yritettiin tuoda rantaan mutta se upposi Portugalin Azorien edustalle 1.3.2022. Ympäristöhaittojen lopullinen laajuus ei ole tiedossa.
- Myös matkustajilla voi olla mukanaan merkittäviä määriä litium-ioniakkuja
 - Risteilyaluksessa voi matkustajilla olla tuhansia litium-ioniakulla varustettuja älylaitteita
 - Matkaveneessä perheellä voi olla 4 kännykkää, 2 läppäriä, 2 tablettia ja pari navigointilaitetta joissa on litium-ioniakku
- Näiden akkujen kemia on tyypillisesti NMC (Lithium-Nickel-Manganese-Cobalt Oxide) tai NCA (Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium Oxide) , joiden tuottama palo on kuuma
- Conception-sukellustukialuksen palossa 2020 kuoli 34 ihmistä - palo sai ilmeisesti alkunsa litium-ioniakusta tai sellaisen lataamisesta
 - "Boats made at the time the Conception was built were not installed with electrical systems that could handle the number of rechargeable devices carried by current passengers, who often bring cell phones, cameras, and lighting systems for their dives."

4.3 LIIKKUMISEN SÄHKÖISTYMINEN

Ilmaliikenne

DRONET JA SÄHKÖLENTOKONEET

Sähkölentokoneet

- Lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat joitain prosentteja globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä. Siksi myös lentoliikenteeseen kohdistuu ilmastotavoitteita, joihin pyritään vastaamaan muun muassa lentoliikenteen sähköistymisellä.
- Sähkölentokoneet ovat ilmailun sääntelyn piirissä. Yhdysvaltain ilmailuhallintoviranomainen (Federal Aviation Administration, FAA) hyväksyi ensimmäisen sähkölentokoneen ilmailukelpoiseksi vuonna 2018. Kyseessä on kaksipaikkainen lentämiskoulutukseen suunnattu lentokone.
- Myös EASA (European Union Aviation Safety Agency, Euroopan Unionin lentoturvallisuusvirasto) hyväksyi saman yrityksen sähkölentokonemallin ilmailukäyttöön vuonna 2020.
- Useat yritykset kehittävät 10–20-paikkaisia sähkölentokoneita matkustajakäyttöön lyhyille lennoille, ja näiden odotetaan tulevan markkinoille 2020-luvun lopussa. 40-paikkaisten sähkölentokoneiden odotetaan tulevan markkinoille pian sen jälkeen, noin vuoteen 2035 mennessä.



Dronet

- Harrastuskäytössä dronet ovat yleistyneet 2010-luvulta alkaen. Kaupallisella puolella droneja käytetään mm. lähetysten kuljetukseen ja lääkinällisiin tarkoituksiin.
- Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA on nopeasti muuttanut asetuksia dronejen yleistyessä. EU:n drone-asetusta on sovellettu Suomessa vuoden 2021 alusta alkaen. Kaikkia käyttäjiä ja kauko-ohjaajia koskee rekisteröintivelvollisuus ja velvollisuus noudattaa UAS-ilmatilavyöhykkeitä.
 - Rekisteröintivelvollisuuden ulkopuolelle jäävät alle 250g dronet jotka on määritelty leluiksi. Kaikki kamerallisia droneja lennättävät käyttäjät kuuluvat rekisteröinnin piiriin.
 - Suomessa rekisteröityneitä oli vuoden 2022 alussa 14 000 henkilöä. Määrän odotetaan kasvavan noin 50 000 henkilöön.
 - 2022 helmikuusta alkaen painavampia 500–2 000 g painavaa dronea lennättävien tulee lisäksi suorittaa A2 teoriakoe jos lennättäminen tapahtuu alle 150 m päässä asuin-, liike-, teollisuus- tai virkistysalueista.
- Suomessa tapahtui vuosittain keskimäärin 10 läheltä piti tai vakavaa vaaratilannetta dronejen ja miehitettyjen ilma-alusten välillä vuosina 2014–2020. Vuonna 2021 läheltä piti tilanteita tapahtui enää 4 kpl.
- Ilmailuala on turvallisuudeltaan voimakkaasti säädelty, ja sekä sähkölentokoneet että dronet ovat tulleet sujuvasti osaksi tätä kokonaisuutta



4. UUSIEN SÄHKÖN KÄYTTÖTAPOJEN VÄLILLISET VAARAT JA RISKIT

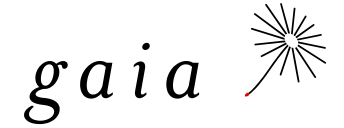
4.4 Akkujen logistiikka

Akut kuljetusketjuissa



- Maailman akkuistumiseen tarkoittaa, että logistiikkaketjuissa on litium-ioniakkuja hyvin paljon - kaikki akulliset tuotteet täytyy kuljettaa myytäväksi tai asiakkaille
- Sähköautoja kuljetetaan rahtina kohta todennäköisesti enemmän kuin polttomoottoriautoja
- Koska litium-ioniakut voivat aiheuttaa vaaraa, niiden kuljetus kuuluu vaarallisten aineiden kuljetuksen säädösten ja kansainvälisten sopimusten alaisuuteen
- Säädökset asettavat erityisesti lähettäjälle velvollisuuden pakata akut tietyllä tavalla ja merkitä pakkaukset asianmukaisesti
- Pakkaus- ja merkintämääräykset ovat monimutkaisia ja vaihtelevat kuljetusmuodoittain ja sen mukaan, missä kunnossa akku on
 - Lähettävillä yrityksillä tulee olla käytössä tutkinnon suorittanut turvallisuusneuvonantaja sen varmistamiseksi, että vaaralliset aineet pakataan ja merkitään oikein
 - Kuluttajien ei tarvitse tuntea määräyksiä, mutta heidän tulisi ilmoittaa kuljetusyriykselle että paketti sisältää litium-ioniakun
- Kaikki lähettäjät ja erityisesti kuluttajat (esimerkiksi tuotepalautukset, takuupalautukset, C2C kauppa yms.) eivät ymmärrä velvollisuuksiaan, jolloin syntyy vaaroja sekä logistiikkaketjuun että vastaanottajalle
- Tällä hetkellä sähköinen kauppa muodostaa maailmassa noin 20% kaikesta vähittäiskaupasta, ja osuus on kasvussa. Verkkokauppa lisää kuluttajien tuotepalautusten määrää. Palauttava kuluttaja saattaa pakata palautuksen eri pakkaukseen kuin missä se toimitettiin, jolloin merkinnät akusta häviävät.
- Takuupalautuksissa kuluttaja ei välttämättä ollenkaan edes ymmärrä, että viallista akkua ei saa lähettää missään tapauksessa postitse

Tapahtuneita onnettomuuksia



- Edellä kuvattu laivapalo Atlantilla 2022
- Elektroniikkaromukuljetuksen palo Tapiolassa helmikuussa 2021
- Tulipalo Cosco Pacific -aluksella 2020
- FedEx:n jakeluauton palo 2016 Kanadassa
- Useita paloja rahtilentokoneissa (283 tapausta USA:ssa 2010-2020), joiden seurauksina useita lentokoneita on menetetty
- FAA on listannut yhteensä 357 tapausta 23.1.2006-1.4.2022 sekä rahti- että matkustajalentokoneissa
- Yleensä syynä on laaduton akku, akun kolhiintuminen tai se, että akkuja ei ole ilmoitettu vaarallisten aineiden kuljetukseksi ja/tai ne on pakattu määräysten vastaisesti
- Lentokoneet korostuvat aineistoissa, koska tapaukset lentokoneissa ovat aina vaarallisia ja ne tutkitaan tarkasti

<https://www.iltalehti.fi/kotimaa/a/650e9212-c6b8-4049-9ca9-8604f7d17134>

<https://container-news.com/fire-cosco-pacific-video-shocks-dockers/>

https://www.iata.org/contentassets/05e6d8742b0047259bf3a700bc9d42b9/lithium_battery_risk_assessment_guidance_for_operators.pdf

Akkuvastuuraportissa on tarkemmin määräyksistä

<https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-04/April%201%202022%20Li-Batt.%20Thermal%20Events.pdf>

<https://trid.trb.org/view/1713366>

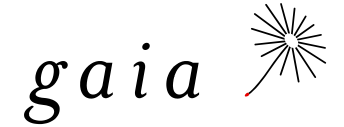
Määräyksiä ja lähettäjän vastuu

- Kaupallisesti akkuja saadaan antaa kuljetettavaksi vain, jos akut kestävät YK:n testikäsikirjan kohdan 38.3 mukaiset tyyppitestit ja ne valmistetaan laatujärjestelmän alaisuudessa
- Lisäksi kuljetettava tavara tulee pakata ja merkitä voimassa olevien määräysten mukaisesti
- Eri kuljetusmuodoilla on lisäksi muita rajoituksia
- Määräyksiä antavat mm. seuraavat:
 - Tieliikenne: ADR-määräys
 - Junaliikenne: RID-määräys
 - Lentoliikenne: IATA:n, ICAO:n määräykset
 - Laivaliikenne: IMO:n IMDG-koodi
- Nykyään useat kuljetusyhtiöt vaativat kaupallisissa kuljetuksissa testauslaitoksen koeselosteet nähtäväksi sen osoittamiseksi, että akut todella on testattu
- Kaikissa tilanteissa kuljetusvaatimustenmukaisuuskaan ei kuitenkaan ilmeisesti riitä takaamaan turvallisuutta, erityisesti mikäli akut on pakattu tai merkitty väärin
- Kasvavana ongelmana pidetään myös akkuväärennöksiä
- Kierrätysvaiheessa esim. SER:n sekaan jääneet akut saattavat erityisesti kolhiutua ja vahingoittua.

- *Kaiken kuljettamisen peruseriaate on, että rahdinkuljettajan tulee tietää rahdin mahdollisista vaaroista kuljetussopimusta tehtäessä jo ennen tavarán lastaamista*
- *Hankkeen case-analyyseissä todetaan, että vahinkotilanteessa vastuu on varsin selkeästi lähettäjällä, joka ei ole ilmoittanut akkuja VAK-kuljetukseksi*
- *Kuljetuslainsäädännössä lähettäjän korvausvastuuta ei juurikaan rajoiteta, joten käytännössä voi syntyä isojaakin korvausvelvollisuuksia.*

5. Yhteenveto

Yhteenveto



- Uudet, laadukkaat akut eivät syty spontaanisti palamaan, mutta käytetyt, kolhiintuneet ja laaduttomat akut muodostavat yhteiskunnassa alati kasvavan riskin
 - Litium-ioniakkuja on ympärillämme kaikkialla
 - Litium-ioniakkuja myös lähetetään kuljetusketjuissa valtavia määriä
 - Ihmiset eivät tunne mahdollisia vaaroja tai eivät välitä siitä, jolloin haavoittuvuus akun ympäristössä saattaa olla korkea eikä varautumista ole
- Muutenkin voimakkaasti säädellyillä aloilla, esim. autoissa ja lentolaitteissa, myös akkaturvallisuus ja uudet käyttötavat tulevat nopeasti sääntelyn piiriin
- Sen sijaan nopeasti kehittyvillä uusilla aloilla sääntely syntyy hitaasti ja reaktiivisesti
 - Uudet liikkumismuodot aiheuttavat merkittäviä välillisiä riskejä
 - Uusissa liikennevälineissä ja sähkövarastoissa sääntely ei pysy perässä tai on välillistä, ja ala itse joutuu ottamaan kantaa
 - Huviveneissä sääntely tulee standardien kautta valmistuksessa, ja esim. lyijyakkujen tai dieselmoottoareiden korvaamista ei säädellä mitenkään
- Nähtäväksi jää, missä määrin akkaturvallisuuden kehittyminen ja sääntelyn syntyminen kompensoivat akkujen yleistymistä
- Niin kauan kuin akkuriskejä on, niiden ymmärtäminen jollain tasolla olisi hyvä saada jonkinlaiseksi kansalaistaidoksi

6. Vastuukysymykset toimijaketjussa

Työpakettin II tarkastelukehikko

Tarkastelun perusidea ja case-esimerkit

- Työpakettin II tavoitteena oli selvittää miten kannettaviin akkuihin liittyvät vastuut siirtyvät toimijaketjussa ja kenen vastuulla ovat mahdollisten riskitilanteiden seuraukset toimijaketjun eri kohdissa
- Käytännössä riskivastuukysymysten tarkastelu tehtiin luomalla ja käymällä läpi joukko kuvitteellisia case-esimerkkejä. Samalla tunnistettiin mahdolliset epäselvät vastuutilanteet ja tuotiin esiin riskejä minimoivat turvallisuuskohdat

Tapaus 1: esim. sähköpolkupyörän akun lämpökarkaaminen

Ydinkysymys: kenellä on vastuu?



Maahantuonti



Kuljetukset



Jakelu
Myynti
Varastointi



Käyttö
Lataaminen
Säilytys



**Lämpökarkaaminen
latauksen aikana:**
seurauksena tulipalo ja
pyörän omistajalle
omaisuusvahinkoja

Esimerkkejä tarkasteltavista riskivastuukysymyksistä:

- Miten tuotteen, latauslaitteiden ja sähköjärjestelmien laatu/vaativuuden mukaisuus vaikuttaa vastuuseen?
- Miten tuotteen käytön, lataamisen ja säilytyksen asianmukaisuus vaikuttaa vastuuseen?
- Onko kyse tuotevastuusta vai tuottajavastuusta?
- Mitkä muut tekijät vaikuttavat vastuukysymykseen?
- Miten turvallisuutta olisi voinut parantaa?

Vastuun kohdentuminen akkujen aiheuttamissa vahingoissa



- Erillisessä raportissa (Liite 1) on selvitetty yleisesti korvausvastuun kohdentumista akun sytyttämästä tulipalosta
 - Tyyppitilanne on sellainen, että akkua hallinnassaan pitänyt henkilö on kärsinyt tulipalon aiheuttamat vahingot ja pyrkii saattamaan akun valmistajan tai akun tälle luovuttaneen korvausvastuuseen.
 - Usein vahingosta kärsii myös kolmas osapuoli, kuten naapuri, vuokranantaja tai vakuutusyhtiö, jotka pyrkivät löytämään toimijaketjusta korvausvastuullisen toimijan.
- Selvityksen näkökulma on rajattu siihen, mihin toimijoihin korvausvastuu voi ulottua.
- Selvityksessä ei käsitellä laajemmin yleisiä korvausoikeudellisia periaatteita, kuten syy-yhteyden arviointia, korvattavia vahinkolajeja, vahinkojen arvostamista ja korvauksen määräämistä tai vastuuta alentavia seikkoja.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yleinen vahingonkorvausvastuu	2
2.1	Tuottamus yleisen vahingonkorvausvastuun perustana	2
2.2	Isännänvastuu.....	3
2.3	Omatoiminen varautuminen	4
3	Ankara vastuu	5
3.1	Yleistä ja ankara vastuu oikeuskäytännössä	5
3.2	Tuotevastuu	6
3.2.1	Mitä jos markkinoille saattaja toimii EU:n ulkopuolella?	7
3.2.2	Tuottajavastuu ja sen ero tuotevastuuseen	7
3.3	Sähkövahingot	8
4	Vastuu elinkeinonharjoittajalle aiheutuneesta esinevahingosta	9
5	Kuljetukset	10
5.1	Kuljetusten vastuuta ohjaava lainsäädäntö	10
5.2	Vaarallisten aineiden merkintä ja kuljetukset.....	13
6	Esimerkkitapauksia vastuun kohdentumisesta	17
7	Johtopäätökset	18
8	Lähteet	19

Case-esimerkit ja niiden raportointi

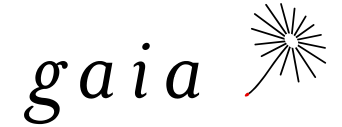


- Case-esimerkit valittiin yhdessä hankkeeseen osallistuvien tahojen kanssa
 - Aluksi laadittiin pitkä lista kartoittamalla osapuolten keskeisinä pitämiä haasteita
 - Pitkästä listasta valittiin 8 kiinnostavinta case-esimerkkiä
- Case-esimerkit on raportoitu erillisinä tästä raportista (Liitteet 2.1-2.8).
 - Lyhyt yhteenveto jokaisesta case-esimerkistä on esitetty seuraavassa osiossa
- Suosituksia turvallisuudesta annetaan hankkeessa muotoiltujen ydinviestejä välittävien viestintämateriaalien avulla (Liite 3)

Käytetty jäsenitys:

- 1) Tapahtuman kuvaus
- 2) Keskeiset käsitteet ja säädökset
- 3) Osapuolet ja heidän mahdolliset vastuunsa
- 4) Arvio vastuiden jakautumisesta kyseisessä tapauksessa
- 5) Yhteenveto

Tarkasteluun valitut case-esimerkit



A. Tuottajavastuu vs. jakelijan vastuu	A1. Käytettyjen akkujen ja paristojen keräyspisteeseen tuotu litium-ioniakku (esim. sähköpyörän) lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon, josta seuraa merkittäviä vahinkoja. Keräyspiste voi olla EU:n akkuasetusehdotuksen mukaisesti esim. kivijalkaelintarvikekauppa.
	A2. Kuluttaja palauttaa myyjäliikkeeseen takuunalaisen tuotteen, jossa on akku. Akku lämpökarkaa myyjän tiloissa ja aiheuttaa tulipalon myyjäliikkeessä. Tulipalosta seuraa vahinkoja kiinteistölle ja myyjäliikkeen varastolle, mikä keskeyttää liikkeen toiminnan pitkäksi aikaa.
B. Logistiikkatoimijan vs. lähettäjän vastuu	B3. VAK-määräysten vastaisesti pakattu ja merkitsemättä jätetty asianmukaisesti markkinoille saatettu litium-ioniakku vaurioituu logistiikkaketjussa tai vastaanottajalla; akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon, josta merkittäviä vahinkoja.
C. Jakelijan ja kaupan vastuu	C4. Jakelija myy tuotetta, joka ei ole vaatimusten mukainen; tuotteessa oleva akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon loppukäyttäjällä (kuluttaja/yritys), josta merkittäviä vahinkoja.
D. Tuoteturvallisuus	D5. Ulkomaisesta verkkokaupasta tilatun akullisen tuotteen akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon kuluttajan käytössä.
	D6. Kuluttaja tai yritys käyttää EU- jakelijalta ostettua akullista tuotetta esim. sähköpolkupyörää väärin/oikein, minkä seurauksena akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon.
	D7. Kuluttaja käyttää kotimaiselta jakelijalta ostettua kunnostettua (esim. uudelleenkennotettua) tai korjattua akkua oikein (esim. sähköpyörässä); akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon. Mikä on alkuperäisen valmistajan vs. kunnostajan vastuun suhde?
E. Keräys ja kierrätys	E8. SER:n seassa oleva akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon kierrätyspisteessä esim. kaupassa tai operaattorin tiloissa.

6. VASTUUKYSYMYKSET TOIMIJA-KETJUSSA

Yhteenvedot käsitellyistä case-esimerkeistä

Case-esimerkki A1



Case-esimerkin kuvaus	Käytettyjen akkujen ja paristojen keräyspisteeseen tuotu litium-ioniakku (esim. sähköpyörän) lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon, josta seuraa merkittäviä vahinkoja. Keräyspiste voi olla EU:n akkuasetusehdotuksen mukaisesti esim. kivijalkaelintarvikekauppa.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, sopimusvastuu, tuotevastuu, tuottajavastuu
Yhteenveto	<p>Keräyspisteen järjestäjä voi joutua vastuuseen vahingosta, mikäli kyetään osoittamaan, että vahinko on aiheutunut tämän tuottamuksellisesta toiminnasta. Mikäli keräyspisteen järjestäjän toiminta katsotaan tulipalovaarallisen toiminnan harjoittamiseksi, keräyspisteen järjestäjä voi olla vastuullinen aiheutuneista vahingoista tuottamuksesta riippumatta.</p> <p>Kuluttaja tai myyjäliike voivat joutua vastuuseen vahingosta, mikäli kyetään osoittamaan, että vahinko on aiheutunut heidän tuottamuksellisesta toiminnastaan. Tällaista myyjäliikkeen tuottamuksellista toimintaa voi olla esimerkiksi virheellisen tavaran markkinoille saattaminen tahallisesti tai huolimattomuudesta. Kuluttajan tuottamusvastuu syntyy lähinnä tilanteissa, joissa kuluttajalla oli tieto tai aihetta epäillä tavaran muodostavan turvallisuusriskin.</p>

Case-esimerkki A2



Case-esimerkin kuvaus	Kuluttaja palauttaa myyjäliikkeeseen takuunalaisen tuotteen, jossa on akku. Akku lämpökarkaa myyjän tiloissa ja aiheuttaa tulipalon myyjäliikkeessä. Tulipalosta seuraa vahinkoja kiinteistölle ja myyjäliikkeen varastolle, mikä keskeyttää liikkeen toiminnan pitkäksi aikaa.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Takuu, vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite
Yhteenveto	<p>Kuluttaja voi joutua vastuuseen vahingosta, mikäli kyetään osoittamaan, että vahinko on aiheutunut tämän tuottamuksellisesta toiminnasta. Kuluttajan tuottamusvastuu syntyy lähinnä tilanteissa, joissa kuluttajalla oli tieto tai aiheita epäillä tavaran muodostavan turvallisuusriskin ja asiasta ei ole ilmoitettu tuotteen vastaanottavalle myyjäliikkeelle.</p> <p>Valmistaja voi joutua vastuuseen vahingosta, mikäli kyetään osoittamaan, että vahinko on aiheutunut tämän tuottamuksellisesta toiminnastaan tai myyjän ja valmistajan välillä on sopimus, jossa käsitellään korvausvastuita.</p> <p>Myyjäliike lähtökohtaisesti vastaa omassa liiketoiminnassaan itselleen aiheutuneista vahingoista.</p>

Case-esimerkki B3

Case-esimerkin kuvaus	VAK-määräysten vastaisesti pakattu ja merkitsemättä jätetty asianmukaisesti markkinoille saatettu litiumioniakku vaurioituu logistiikkaketjussa tai vastaanottajalla; akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon, josta merkittäviä vahinkoja.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, sopimusvastuu, laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta, valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä, tiekuljetussopimuslaki, kansainväliset kuljetusmuotokohtaiset konventiot ja niiden kansallinen säätely
Yhteenveto	<p>Myyjäliike (tuottaja, markkinoille saattaja): Koska tässä skenaariossa akku on saatettu markkinoille asianmukaisesti (eikä palo siten voi johtua myyjäliikkeestä), ei myyjäliikkeelle voi syntyä vastuuta, paitsi milloin myyjäliike on suorittanut pakkaamisen.</p> <p>Lähettäjä, pakkaaja, kuljettaja, vastaanottaja: Mikäli lähettäjä, pakkaaja, kuljettaja tai vastaanottaja on laiminlyönyt huolellisuusvelvoitteen, hänelle voi syntyä vahingonkorvausvastuu vahingosta, joka aiheutuu tämän huolellisuusvelvoitteen laiminlyönnistä. Mikäli lähettäjä, pakkaaja, kuljettaja tai vastaanottaja on laiminlyönyt sopimusvelvoitteen, voi tälle syntyä sopimusvastuun mukainen vastuu.</p>

Case-esimerkki C4

Case-esimerkin kuvaus	Jakelija myy tuotetta, joka ei ole vaatimusten mukainen; tuotteessa oleva akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon loppukäyttäjällä (kuluttaja/yritys), josta merkittäviä vahinkoja.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, sopimusvastuu, tuotevastuu
Yhteenveto	<p>Markkinoille saattaja, valmistaja: Mikäli markkinoille saattaja tai valmistaja on laiminlyönyt huolellisuusvelvoitteen, tälle voi syntyä vahingonkorvausvastuu tuottamusvastuun perusteella. Tuotevastuun laajuus riippuu siitä, onko vahingonkärsijä kuluttaja vai joku muu.</p> <p>Jakelija: Ensisijaisesti vastuu virheellisestä tuotteesta suhteessa vahingonkärsijään on tuotteen jakelijalla myyjänä, pois lukien tuotevastuulain nojalla syntyvä valmistajan lähtökohtainen vastuu. Jakelijan vahingonkorvauslain mukainen vastuu syntyy silloin, jos tämä tietoisesti tai huolimattomuudesta laskee liikkeelle virheellisen akun, ja lämpökarkaamisesta aiheutuvat vahingot johtuvat tästä. Myös jakelija saattaa tietyin edellytyksin joutua tuotevastuulain nojalla vastuulliseksi, jolloin vastuu on samanlainen kuin markkinoille saattajan tai valmistajan osalta.</p>

Case-esimerkki D5

Case-esimerkin kuvaus	Ulkomaisesta verkkokaupasta tilatun akullisen tuotteen akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon kuluttajan käytössä.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Tuotevastuu, vahingonkorvauslaki, sopimusvastuu
Yhteenveto	<p>Korvausvastuun syntyminen riippuu sovellettavasta laista. EU:ssa lähtökohtana on kuluttajan asuinpaikan valtion lain soveltaminen. Jos tuote on tilattu EU:n ulkopuolella sijaitsevasta verkkokaupasta, eikä kolmannessa maassa sijaitsevaa myyjää tai valmistajaa saada korvausvastuuseen, kuluttaja vastaa lähtökohtaisesti itse aiheuttamistaan vahingoista. Jos kuluttaja aiheuttaa akulla vahinkoja kolmannelle osapuolelle, noudatetaan vahingonkorvauslakia, jonka mukaan korvausvastuun edellytyksenä on vahingon aiheuttajan huolimattomuus.</p> <p>Tuotteen valmistajalle voi syntyä vahingonkorvausvastuu tuottamusvastuun perusteella. Tuotevastuun laajuus riippuu siitä, onko vahingonkärsijä kuluttaja vai joku muu.</p> <p>Tuotteen jakelija tuotteen myyjänä on ensisijaisessa vastuussa virheellisestä tuotteesta suhteessa vahingonkärsijään, pois lukien tuotevastuulain nojalla syntyvä valmistajan lähtökohtainen vastuu. Jakelijan vahingonkorvauslain mukainen vastuu syntyy siinäkin tapauksessa, että tämä tietoisesti tai huolimattomuudesta laskee liikkeelle virheellisen akun, ja lämpökarkaamisesta aiheutuvat vahingot johtuvat tästä. Myös jakelija saattaa tietyin edellytyksin joutua tuotevastuulain nojalla vastuulliseksi, jolloin vastuu on samanlainen kuin valmistajan osalta.</p>

Case-esimerkki D6



Case-esimerkin kuvaus	Kuluttaja tai yritys käyttää EU- jakelijalta ostettua akullista tuotetta esim. sähköpolkupyörää väärin/oikein, minkä seurauksena akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, tuotevastuu
Yhteenveto	<p>Tuotteen käyttäjä: Jos tuotteen käyttäjä käyttää tuotetta oikein, hän ei voi olla korvausvastuussa. Mikäli tuotteen käyttäjä käyttää tuotetta tahallaan tai huolimattomuudesta väärin, vastuu kohdistuu lähtökohtaisesti tuotteen käyttäjään.</p> <p>Tuotteen valmistaja: Mikäli valmistaja on laiminlyönyt huolellisuusvelvoitteensa, tälle voi syntyä vahingonkorvausvastuu tuottamusvastuun perusteella. Tuotevastuun laajuus riippuu siitä, onko vahingonkärsijä kuluttaja vai joku muu. Lähtökohtaisesti vastuu virheellisestä tuotteesta on valmistajalla.</p> <p>Jakelija: Ensisijaisesti vastuu virheellisestä tuotteesta suhteessa vahingonkärsijään on tuotteen jakelijalla myyjänä, pois lukien tuotevastuulain nojalla syntyvä valmistajan lähtökohtainen vastuu. Jakelijan vahingonkorvauslain mukainen vastuu syntyy silloin, jos tämä tietoisesti tai huolimattomuudesta laskee liikkeelle virheellisen akun, ja lämpökarkaamisesta aiheutuvat vahingot johtuvat tästä. Myös jakelija saattaa tietyin edellytyksin joutua tuotevastuulain nojalla vastuulliseksi, jolloin vastuu on samanlainen kuin markkinoille saattajan tai valmistajan osalta.</p>

Case-esimerkki D7



Case-esimerkin kuvaus	Kuluttaja käyttää kotimaiselta jakelijalta ostettua kunnostettua (esim. uudelleenkennotettua) tai korjattua akkua oikein (esim. sähköpyörässä); akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon. Mikä on alkuperäisen valmistajan vs. kunnostajan vastuun suhde?
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, sopimusvastuu, tuotevastuu
Yhteenveto	<p>Korvausvastuun jakautuminen valmistajan ja kunnostajan kesken riippuu siitä, kuka vahingon on aiheuttanut. Korvausvastuu voi myös olla yhteisvastuullista.</p> <p>Tuotteen valmistajalle voi syntyä vahingonkorvausvastuu tuottamusvastuun perusteella. Tuotevastuun laajuus riippuu siitä, onko vahingonkärsijä kuluttaja vai joku muu.</p> <p>Tuotteen kunnostaja-myyjä tuotteen myyjänä on ensisijaisessa vastuussa virheellisestä tuotteesta suhteessa vahingonkärsijään.</p> <p>Tuotteen kunnostajalle voi syntyä vahingonkorvausvastuu tuottamusvastuun perusteella. Kunnostaja on ensisijaisesti vastuussa tekemästään työstä ja työn aiheuttamista mahdollisista seuraamuksista. Myös kunnostaja saattaa tietyin edellytyksin joutua tuotevastuulain nojalla vastuulliseksi, jolloin vastuu on samanlainen kuin valmistajan osalta.</p>

Huom. Mikäli laitteen markkinoille saattaja käyttää tuotteessa toisen toimittajan akkua, on akku tuotevastuun kannalta laitteen osatuote. Akun lämpökarkaaminen osana tuotetta saattaa aiheuttaa tuotevastuun akun valmistajalle jos tapaus johtuu osatuotteen puutteellisesta turvallisuudesta. Jos turvallisuuspuute on tuotteen suunnittelussa, akkuvalmistaja ei joudu tuotevastuuseen. Jos sopimusta ei ole, yleinen vahingonkorvausvastuu edellyttää tuottamista. Jos vahinko tapahtuu laitteen valmistajalle, akun tuotevastuu voi kattaa henkilövahingot, esim. työtapaturmat

Case-esimerkki E8

Case-esimerkin kuvaus	SER:n seassa oleva akku lämpökarkaa ja aiheuttaa tulipalon kierrätyspisteessä esim. kaupassa tai operaattorin tiloissa.
Keskeiset käsitteet ja säädökset	Vahingonkorvauslaki, tuottamusvastuu, huolellisuusvelvoite, sopimusvastuu, tuotevastuu
Yhteenveto	<p>SER-keräyspisteen järjestäjä Lähtökohtaisesti keräyspisteen järjestäjä on vastuussa vahingosta, ellei tämä kykene osoittamaan, että vahinko on aiheutunut jonkun muun toimesta. Mikäli keräyspisteen järjestäjän toiminta katsotaan tulipalovaarallisen toiminnan harjoittamiseksi, keräyspisteen järjestäjä voi olla vastuullinen aiheutuneista vahingoista tuottamuksesta riippumatta.</p> <p>Kuluttaja tai myyjäliike voivat joutua vastuuseen vahingosta, mikäli kyetään osoittamaan, että vahinko on aiheutunut heidän tuottamuksellisesta toiminnastaan. Tällaista Myyjäliikkeen tuottamuksellista toimintaa voi olla esimerkiksi virheellisen tavarankäynnin markkinoille saattaminen tahallisesti tai huolimattomuudesta. Kuluttajan tuottamusvastuu syntyy lähinnä tilanteissa, joissa kuluttajalla oli tieto tai aihetta epäillä tavarankäynnin turvallisuusrisikin ja toimii ohjeistuksien vastaisesti.</p>

Yhteenveto



- Myös **kuluttajalla** on vastuuta **huolellisuusvelvoitteen** kautta: ohjeita ja vakiintuneita menettelyjä on noudatettava, ja tuotteita on käytettävä oikein. Myös tuotepalautuksissa ja kierrätystoiminnassa kuluttajalla voi olla vastuuta jos toiminta on tuottamuksellista (navat jätetään teippaamatta tai SER:n sekaan laitetaan kielloista huolimatta tietoisesti akku)
 - Tuottamuksen osoittaminen voi olla vaikeaa
- **Kauppoihin** kohdistuu akkuriskejä monesta suunnasta: uudet akut itsessään, tuotevastuu (ellei valmistajaa saada vastuuseen), kuljetukset, tuotepalautukset, huolto, tuottajavastuu
 - Takuulla ei ole tuotevastuukysymyksiä minkäänlaista merkitystä; takuu on yksityisoikeudellinen sopimus
 - Myyjällä on ensisijainen vastuu ei-vaatimustenmukaisten akkujen vahingoista, mutta myös valmistajalla/markkinoille saattajalla voi olla tuotevastuu
- Jos **EU:n ulkopuolelta** tilatun tuotteen valmistajaa tai jakelijaa ei saada vastuuseen, vastuu on **kuluttajalla**. Vastuu kolmansille osapuolille aiheutetuista vahingoista edellyttää kuitenkin tuottamusta
- Akkujen **tuottajavastuuperusteisessa** vastaanotossa päävastuu on keräyspisteen järjestäjällä, ja jos järjestäminen perustuu sopimukseen, sopimuksessa on syytä sopia riskeistä tarkkaan
- Akkujen ilmoittamatta jättämisestä tai määräysten vastaisesta pakkaamisesta johtuvat vahingot **kuljetuksissa** ovat melko yksikäsitteisesti **lähettäjän** vastuulla
- Käytännössä akkuihin liittyvien vastuukysymysten selvittäminen varsinkin jälkikäteen on äärimmäisen hankalaa, ja myös tästä näkökulmasta vahinkojen estäminen ja varautuminen etukäteen on tärkeää

Eräitä turvallisuussuosituksia



- **Kauppa ja myymälät:**

- Akkuriskien tuntemusta ja ymmärrystä on syytä parantaa – erityisesti käytettyjen historialtaan tuntemattomien akkujen osalta (tuotepalautukset, takuu, tuottajavastuu, huolto)
- Akkuriskeihin varautumista olisi selkeästi parannettava. Tämä ja muut tekemämme hankkeet osoittavat, että kaupan alalla akkuihin suhtaudutaan useasti ikään kuin riskejä ei olisi – suhtautuminen on hyvin vaihtelevaa.
- Teknisen varautumisen lisäksi tarvitaan organisatorista varautumista sekä sen varmistamista, että riskien kohdentumisesta, siirtämisestä ja rajaamisesta on sovittu riittävän tarkasti

- **Kierrätys ja kuluttajat:**

- Tulosten perusteella myös kuluttajia olisi perusteltua kuljetuksissa ja kierrätysasioissa patistaa kiinnittämään enemmän huomiota akkujen VAK-statukseen ja vaaroihin. Erityisesti kierrätyksessä todennäköisesti suurin osa akuista tulee lopulta kuluttajilta, joten vaikutukset riskimaisemaan ovat merkittävät
- EU:n ulkopuolelta akkuja tilattaessa on hyvin epätodennäköistä, että markkinoille saattajaa saadaan minkäänlaiseen tuotevastuuseen. Kuluttaja voi joutua vastuuseen akkujen aiheuttamista vahingoista.

OUR CLIENTS MAKE THE WORLD
CLEANER AND SAFER.

gaia 

LIITE 1

Vastuun kohdentuminen akkujen aiheuttamissa vahingoissa

ERILLINEN LIITE

LIITE 2

Akkuturvallisuus ja vastuut case-esimerkit

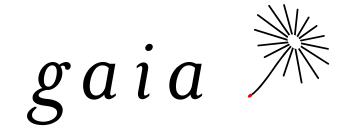
ERILLISET LIITTEET 2.1-2.8

LIITE 3

Viestintämateriaalit

ERILLINEN LIITE

Liite 4: Haastatellut tahot



- Tanja Kallio (Professori, sähkökemian, Aalto)
- Pekka Peljo (Apulaisprofessori, materiaalitekniikka, Turun Yliopisto)
- Lasse Murtomäki (Professori, fysikaalinen kemia, Aalto)
- Kai Vuorilehto
- Seppo Niemi (Tukes)
- Sheba Nair (sähköautojen ekosysteemi, akkuasiat)
- Jari Kaivo-oja (tulevaisuudentutkija)
- Sanna Ahvenharju (tulevaisuudentutkija)
- Matti Sjögren (vakuutusyhtiöiden asiantuntija)
- Case-esimerkit on valmistellut Gaian alihankkijana asianajotoimisto Borenius