

V O L V O



Volvo Buses, sähköturvallisuus

# TURVALLISUUS JA SÄHKÖLINJA-AUTOT

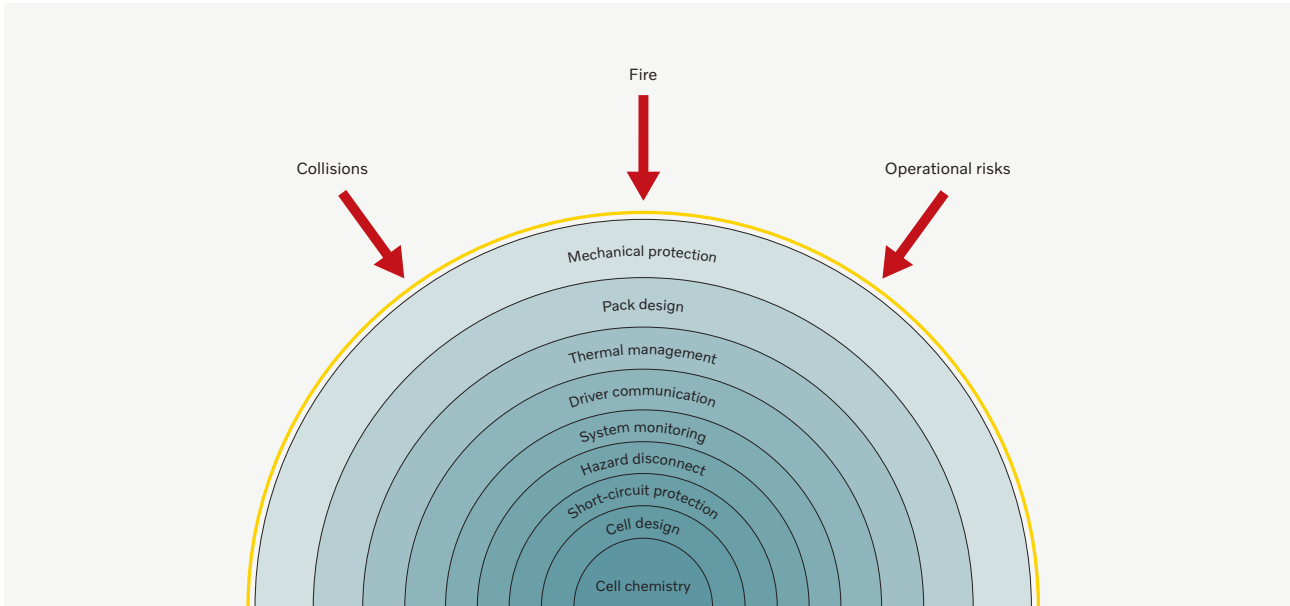
Volvo Buses

## Sisällys

Kokonaisvaltainen turvallisuusarkkitehtuuri	3
Riskitekijät	4
ESS-seurantaprosessi	5
Suojatoimintojen ketju	6
Mekaaninen suojaus	7
Lämpö- ja sähkösuojaus	8
Turvallisuus varikolla ja korjaamolla	9

# Kokonaisvaltainen turvallisuusarkkitehtuuri

Sähköbussien käyttöönotto merkitsee teknologian muutosta, joka tuo mukanaan epävarmuutta – erityisesti uusille käyttäjille. Sähköbusseissa ja perinteisissä linja-autoissa on pääosin samat turvallisuusominaisuudet, mutta tärkeitä eroja ovat voimansiirto ja energian varastointi. Tästä syystä Volvon turvallisuusarkkitehtuuri alkaa ytimeistä ja sisältää kaikki ajoneuvon suunnittelun näkökohdat.



## Integroitu Volvon turvajärjestelmä

Turvallisuus ei koske vain tiettyjä ominaisuuksia ja järjestelmiä, vaan myös sitä, miten ne toimivat yhdessä. Jos jotain ikävää tapahtuu, yksi asia voi johtaa toiseen. Siksi koko ajoneuvoa akkukennojen ytimeistä koko sen muotoiluun tarkastellaan yhtenä järjestelmänä.

## Turvatoiminnot

Jokaisessa akkukennossa on ennaltaehkäisevä toiminto. Moduuli- ja pakkaustasoilla on antureita ja automatisoituja toimintoja, jotka estävät tilanteen pahentumisen vaurioiden sattuessa. Ajoneuvossa kaikkia toimintoja valvotaan, jotta kuljettajaa ja liikenteen ohjausta voidaan varoittaa havaituista vaaroista.

## Kuljettajan viestintä

Kuljettajan päätehtävänä on kuljettaa matkustajat perille turvallisesti ja ajallaan. Volvo sähkölinja-auton integroitu turvajärjestelmä hälyttää tai varoittaa

vain silloin, kun tarvitaan kuljettajan välittömiä toimenpiteitä. Turhien tietojen välttäminen auttaa kuljettajaa keskittymään.

## Säännöt ja standardit

Ajoneuvojen turvallisuuteen liittyy monenlaisia säännöksiä. Sähkökäyttöisten voimansiirtojen osalta R100-standardi eri versioineen on keskeinen autovalmistajille, ja se mainitaan usein tarjousasiakirjoissa. Standardi kuvaa useita huomioitavia ja testattavia parametreja. Kaikki Volvo Buses -sähköajoneuvot ovat R100-yhteensopivia.

Testausmenetelmiä ja -menettelyjä varten on olemassa useita kansainvälisiä standardeja. Yksi esimerkki on SAE J2464. Siinä kuvataan joukko testejä, joita voidaan käyttää tarvittaessa sähkö- tai hybridisähköajoneuvojen uudelleenladattavien energian varastointijärjestelmien (RESS) rasiustestaukseen. <https://unece.org/sites/default/files/2024-01/R0100r3e.pdf> [https://www.sae.org/standards/content/j2464\\_200911/](https://www.sae.org/standards/content/j2464_200911/)

Lisätietoja saat Volvo Buses -jälleenmyyjältäsi.

# Riskitekijät

Ei ole viitteitä siitä, että sähkölinja-autot aiheuttaisivat enemmän riskejä kuin perinteiset linja-autot. Kaikkiin ajoneuvoihin liittyy riskejä, mutta sähkö poikkeaa dieselistä ja kaasusta. Tärkeimmät riskit jakautuvat neljään luokkaan, jotka ovat toiminnot, törmäykset, tulipalot ja huolto.



## Operatiiviset riskit

Li-Ion-akut ovat herkkiä väärinkäytölle, kuten yli lataukselle ja liialliselle purkautumiselle. Ylilataus on mahdollista käytettäessä viallisia tai epäsoivia latauslaitteita tai laiminlyötessä turvatoimenpiteitä. Volvo EV:ssä on kuitenkin useita turvallisuustoimintoja, joiden tarkoituksena on estää tällaisen väärinkäytön haitalliset vaikutukset.

## Törmäykset

Törmäyksen sattuessa voimakas isku voi vaurioittaa suurjännitekaapeleita ja lattiaan asennettuja akkuja. Kattoon asennetut akut voivat vaurioitua onnettomuudessa, jossa ajoneuvo kaatuu. Jos ajoneuvo kaatuu, katolle asennetut akut voivat vaurioitua. Jos tällaiset vauriot ovat riittävän vakavia, seurauksena voi lisäksi olla vuoto ja pahimmillaan sisäisten oikosulkujen aiheuttama tulipalo. Ajoakut painavat satoja kiloja ja voivat olla vaaraksi muille tienkäyttäjille törmäyksessä, ellei niitä ole kiinnitetty tukevasti korin rakenteeseen.

Lisätietoja saat Volvo Buses -jälleenmyyjältäsi.

## Tulipalo

On tärkeää korostaa, että sähköajoneuvot eivät ole alttiimpia syttymään tuleen kuin ICE-ajoneuvot. Itse asiassa saatavilla olevat tiedot viittaavat päinvastaiseen. Raportoidut tiedot\* osoittavat, että sähköajoneuvojen tulipalojen esiintymistiheydet ovat yleensä 8–20 kertaa pienemmät kuin ICE-ajoneuvoissa. Tilastotiedot ovat kuitenkin rajalliset. Jos sähköajoneuvo syttyy tuleen, se palaa pidempään, mutta hitaammin. Lisäksi aika ennen tulipalon voimistumista äärimmilleen on pidempi kuin ICE-ajoneuvoilla. Tämä johtuu siitä, että vaurioituneet akkukennot vapauttavat elektrolyyttiä vähitellen, kun taas rikkoutunut diesel- tai kaasusäiliö voi aiheuttaa erittäin voimakkaan tulipalon tai jopa räjähdysen.

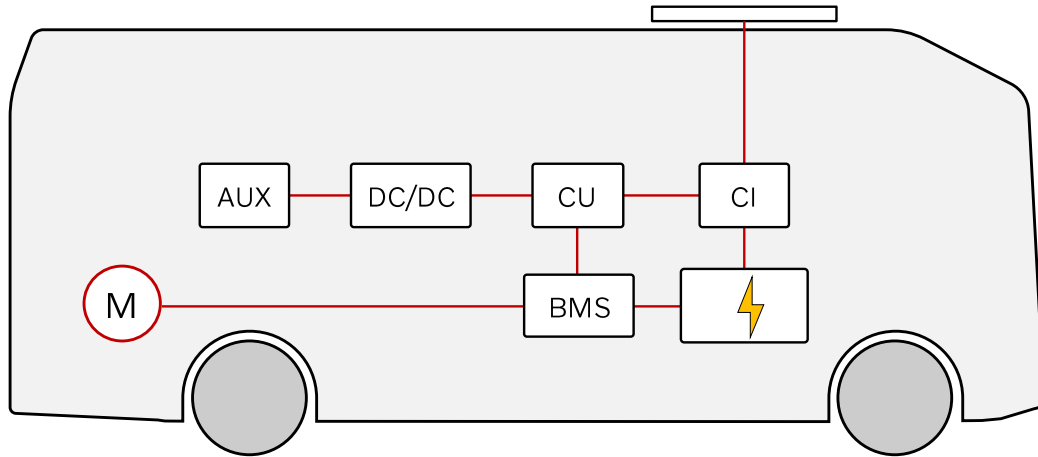
## Huolto

Varikoilla ja korjaamoilla 600 V komponentteihin vain huoltohenkilöstö pääsee käsiksi. Vaikka Volvo linja-autoissa on useita suojaustasoja, sähköiskun vaaraa ei voida jättää huomiotta. Tästä syystä vain valtuutetut teknikot voivat huoltaa suurjännitekomponentteja.

\* RISE:n raportti: Sähkökuorma-autot – paloturvallisuusnäkökohdat, Jonna Hynynen, 26.6.2023.

# ESS-valvontaprosessi

Akun kunto ja suorituskyky ovat tärkeitä tekijöitä sähköbusseissa. Akunhallintajärjestelmä säätelee lataus- ja purkausvirtaa sekä ohjaa akkuasennuksien jäähdytystä ja lämmitystä varmistaakseen optimaaliset olosuhteet akuille.



## Valvonta

Keskusyksikkö (CU) ja akunhallintajärjestelmä (BMS) valvovat jatkuvasti akkujen lämpötilaa, virrankulutusta ja painetasoa akkukkenno- ja järjestelmätasolla. Valvonta suoritetaan useilla rinnakkaisilla järjestelmillä. Jos jokin kynnsarvo ylittyy, virta katkeaa.

## Turvaikkuna

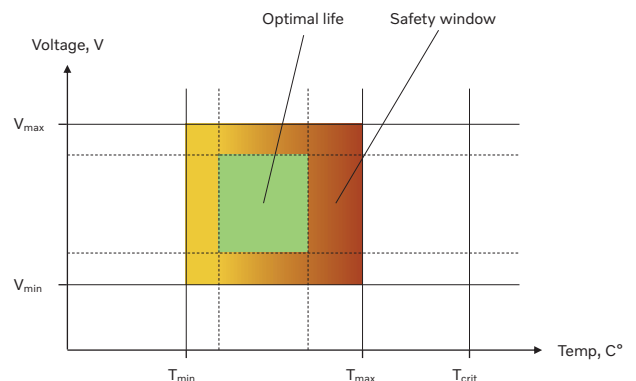
Turvallisuusikkuna on havainnollinen esitys akkukennon toimintaympäristöstä. Siinä on määritelty lämpötila- ja jännitealue, jonka sisällä käyttö on turvallista. Poikkeamat näistä arvoista vaikuttavat sekä suorituskykyyn että käyttöikään:

- Lämpötila: Jos lämpötila pysyy turvarajan yläpuolella tai ylittää sen usein, voi aiheutua kennon sisäinen oikosulku. Tämä puolestaan johtaa kaasun purkautumiseen tai ylikuumentumiseen.
- Jännite: Turvallisuusikkunan ulkopuolella oleva jännite heikentää hitaasti akkukennoa ja voi aiheuttaa turvallisuusrisikin.

## Aktiivinen ohjaus

Jotta akkukkenno pysyy mahdollisimman hyvässä kunnossa ja reilusti turva-alueen sisäpuolella, keskusyksikkö ja akunhallintajärjestelmä tekevät jatkuvasti seuraavaa:

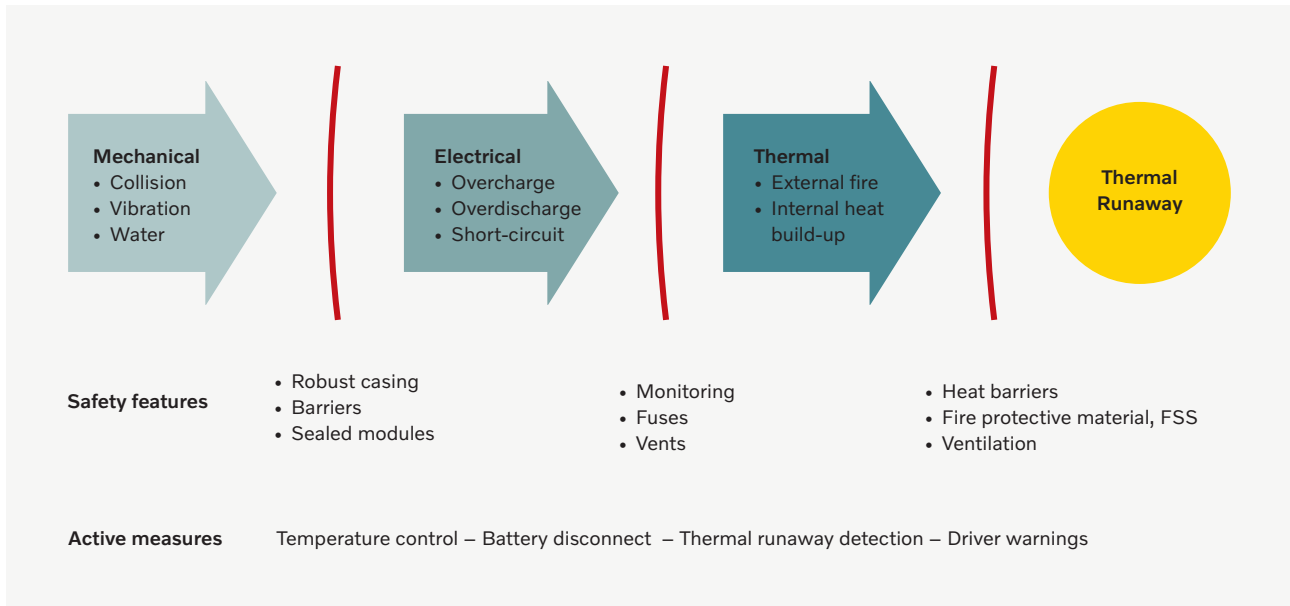
- valvovat lämpötilaa ja jännitettä
- ohjaavat jäähdytystä
- säätelevät jännitettä/virtaa
- aktivoivat varoitus- ja ohjaustoiminnot, jos parametrit ovat turvaikkunan ulkopuolella
- kytkevät akun irti vaaratilanteessa.



Lisätietoja saat Volvo Buses -jälleenmyyjältäsi.

# Suojatoimintojen ketju

Energian varastointi on aina suojattava kaikilta väärinkäytöksiltä. Akun vaurioituminen voi johtaa useisiin riskiskenaarioihin ja tapahtumien eskaloitumiseen. Tästä syystä Volvo sähkölinja-autoissa on useita turvatoimintojen tasoja, jotka estävät ongelmien pahentumisen.



## Vaarallinen tapahtumaketju

Akkukkenno on sähköturvallisuuden keskiössä. Mekaaniset vauriot voivat johtaa sähköongelmiin aiheuttaen sisäistä kuumentumista, pahimmassa tapauksessa ylikuumenemisen ja lopulta tulipalon.

## Mekaaniset esteet

Akkukkenno on mekaanisesti suojattu törmäyksiltä, tärinäältä ja vedeltä. Tärkeimmät ominaisuudet ovat tiivistetty moduulikotelo, akun tukeva teräskotelo sekä runkorakenteen törmäyssuojat ja energiaa vaimentavat rakenteet.

## Sähköiset esteet

Jos akkukennon paine nousee, se kytkeytyy automaattisesti pois päältä eikä ole enää osana energiavarastoa. Näin käy myös, jos havaittu jännite on sallitun alueen ulkopuolella. Korkeassa paineessa avautuu turvaventtiili. Akkupaketin sulakkeet irrottavat akun virtapiiristä.

## Lämpöesteet

Akkukennossa on määritelty lämpötila- ja jännitealue, jonka sisällä käyttö on turvallista. Käytön aikana koko energian varastointijärjestelmän lämpötilaa ohjataan erillisellä jäähdytys/lämmitysnestepohjaisella järjestelmällä. Jos lämpötila nousee, viereiset kennot ja moduulit suojataan kuumuutta kestäväillä materiaaleilla.

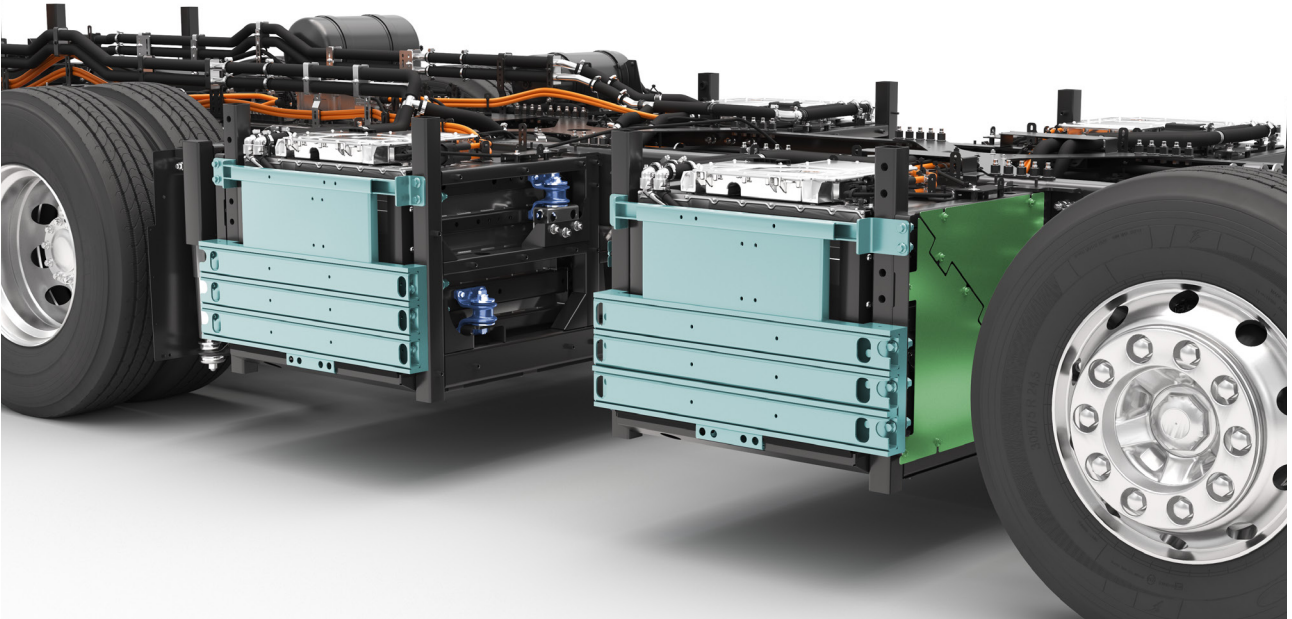
## Aktiiviset toimenpiteet

Akkujen lämpötilan säätö vähentää aktiivisesti toimintahäiriöiden riskiä. Lisäksi turvajärjestelmä valvoo useita parametreja ja kytkee akut irti, jotta tilanne ei pahene. Järjestelmä havainnoi aktiivisesti myös ylikuumenemisen merkkejä ja antaa kuljettajalle varoituksia.

Lisätietoja saat Volvo Buses -jälleenmyyjältäsi.

# Mekaaninen suojaus

Mekaaninen suojaus on ensimmäinen turvataso ajoneuvon yleisen arkkitehtuurin jälkeen. Suojaus iskuilta törmäystilanteessa on keskeinen suunnitteluparametri, kuten myös hallittu mekaaninen toiminta esimerkiksi kaatumisonnettomuudessa.



## Suojaava rakennesuunnittelu

Koko voimansiirtolinja ja energiavarasto on sijoitettu ja suunniteltu maksimoimaan suoja törmäystilanteessa. Elektroniikka ja kaapelointi on suojattu alustan pääpalkeilla, jotta vältetään altistuminen törmäysvoimille. Akuissa on omat teräshäkit, jotka ympäröivät ja suojaavat akkuja. Akkuja ympäröivät rakenteet on testattu kestäämään kaksitonnisen auton aiheuttama energia nopeudella 60 km/h.

## Turvallinen asennus

Akut on kiinnitetty tukevasti alustarunkoon tarkkaan lasketun lujuus-/joustavuustasapainon mukaan. Tilanteessa, jossa toinen ajoneuvo törmää linja-autoon akkujen kohdalle, mekaaninen rakenne on riittävän tukeva estämään suorat vauriot, mutta myös vaimentamaan törmäysvoiman. Kattoon asennettujen

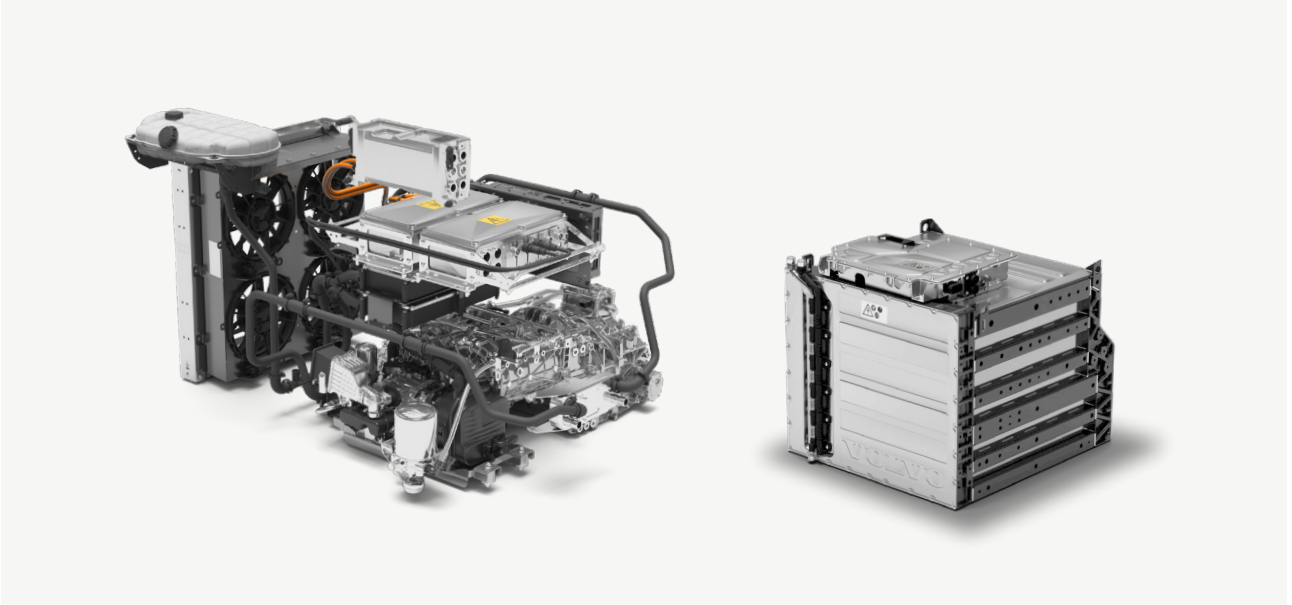
akkujen kiinnitys täyttää samat mekaaniset turvallisuusstandardit kuin kaasulinja-autoissa käytettävissä korkeapaineisissa CNG-säiliöissä.

## Tukeva akun kotelo

Volvon akuissa kennot on koottu moduuleiksi, mikä tarjoaa mekaanisen suojan, värinänvaimennuksen ja lämmöneristyksen. Jokaisessa moduulissa on useita kennoja, ja useat moduulit muodostavat akkupaketin. Moduulit on asennettu yhteen rakenteeseen lämmityksen ja jäädytyksen mahdollistamiseksi, jotta optimaalinen suorituskyky saavutettaisiin. Akun tukeva teräskotelo on olennainen osa mekaanista suojausta.

# Lämpö- ja sähkösuojaus

Sähkölinja-autossa on huomattava määrä energiaa, jota käytetään korkeajännitteisen ajojärjestelmän kautta. Jos energian vapautumisessa on häiriöitä, seurauksena on ensisijaisesti kuumentumista. Tästä syystä sähkö- ja lämpösuojatoiminnot ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa.



## Sähkösuojaus

Akunhallintajärjestelmä ja keskusyksikkö valvovat jatkuvasti akkuja ja kaikkia sähkökomponentteja. Jos ilmenee poikkeama, akkukennot, paketit ja koko vetojärjestelmä voidaan irrottaa. Suurjännitekaapelointia valvoo HVIL (Hazardous Voltage Interlock Loop) -piiri. Jos piiri katkeaa, akku irrotetaan lähteestä. Lisäksi eristysvastusta valvotaan, ja jos arvot ovat liian alhaiset, virta katkeaa.

Koska ylilataus on riskitekijä, Volvon sähköbussit kommunikoivat latauslaitteiden kanssa. Lisäksi kaikkia asiaankuuluvia ajoneuvon parametreja seurataan latausprosessin aikana. Kuljettajaa varten on hätäkatkaisin.

## Lämmönsäätö

Energian varastointijärjestelmä, joka sisältää akut, ja koko voimansiirto ovat valvottuja ja lämpötilaohjattuja. Akkujen kannalta on ratkaisevan tärkeää, että kaikki parametrit pysyvät turvaikkunan sisällä - sekä turvallisuussyistä että akun pitkäaikaisen kestävyysvuoksi. Lämmönsäätö tapahtuu erillisillä nestepohjaisilla jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmillä. Nämä järjestelmät ovat riippumattomia LVI-asennuksesta maksimaalisen luotettavuuden ja häiriöttömän toiminnan takaamiseksi.

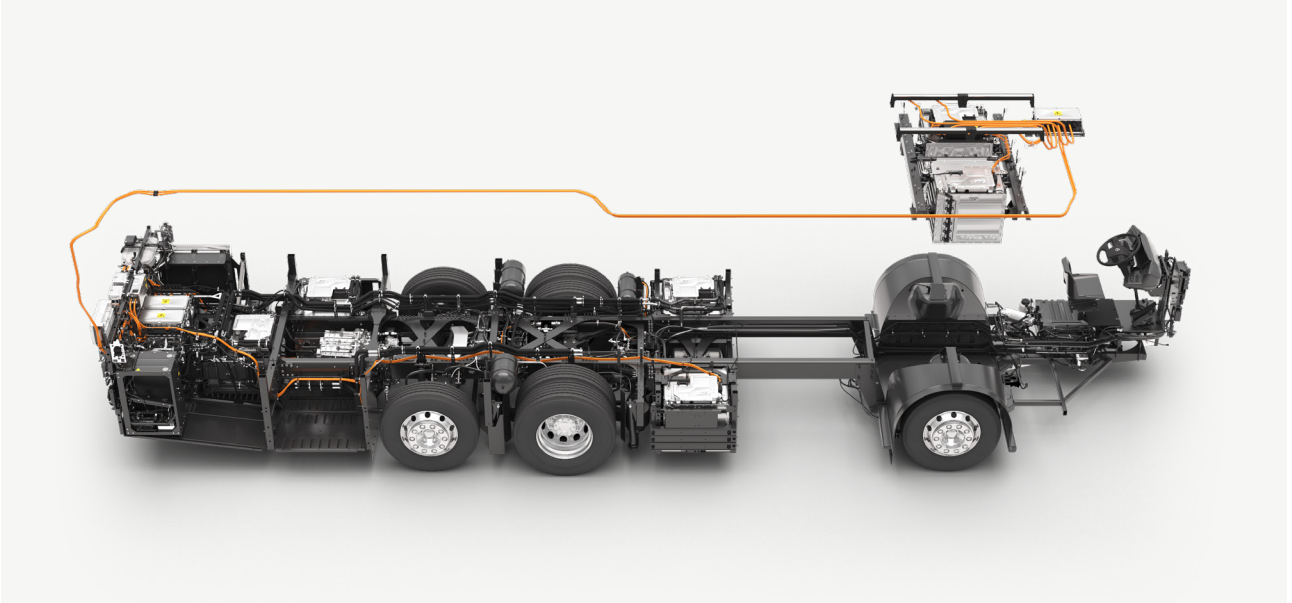
Akkujen sisällä on lämpösulkukerroksia estämään lämmön siirtyminen viallisesta kennosta. Jos lämpöä kertyy ja se aiheuttaa korkean sisäisen paineen, kenno tuuletetaan ja irrotetaan sähköisesti. Jos lämpötila ylittää sallitun arvon jossakin, järjestelmä toimii automaattisesti. Lopulta virta katkeaa ja kuljettaja saa hälytyksen. Ylikuumentuminen yhdessä akkukennossa johtaa koko paketin irrotukseen, eikä yhden kennon ylikuumentuminen aiheuta ylikuumentumista muissa kennoissa.

Lisätietoja saat Volvo Buses -jälleenmyyjältäsi.



# Turvallisuus varikolla ja korjaamolla

Sähkölinja-auton huollossa ja korjauksessa on paljon samaa kuin perinteisten linja-autojen kanssa työskentelyssä. Erona on voimansiirto, akut ja sisäinen energianhallinta. Korkeajännitejärjestelmien kanssa työskentely vaatii erityistä koulutusta ja sertifiointia.



## Tiukat menettelyt

Useita sähköisen ajojärjestelmän osia ei voida korjata, mutta ne on vaihdettava ja palautettava Volvolle. Kaikenlainen ajojärjestelmän käsittely edellyttää käytöstäpoistomenettelyä, ja käyttöönotonmenettely palauttaa ajoneuvon käyttökuntoon töiden jälkeen.

Tarjoilla menettelyillä varmistetaan, ettei mekaanikko voi altistua vaaralliselle jännitteelle, kun osa tai kaapeli irrotetaan ja jännitteiset osat tulevat esille.

## Valtuutus ja delegoitu vastuu

Vain valtuutetut henkilöt eli "työtoiminnasta vastaava teknikko" saavat tehdä käytöstäpoiston ja käyttöönoton. Kyseisellä henkilöllä tulee myös olla esimiehen myöntämät valtuudet työhön. Ajovirtajärjestelmää koskevien töiden suorittaminen ilman asianmukaista käytöstäpoistoa voi aiheuttaa vakavia vammoja tai kuoleman.

## Turvallisuusstandardiasiakirjat

Lisätietoja ajojännitejärjestelmän ja ajojännitteen komponenttien käsittelyyn ja huoltoon liittyvistä työtehtävistä löytyy kohdista Volvo STD 871-0003 ja 871-0004. Lue erityiset turvallisuusohjeet IMPACT-dokumentaatiosta ja noudata niitä.

**V O L V O**