

V O L V O



Elektrische veiligheid Volvo Bus

# VEILIGHEID EN ELEKTRISCHE BUSSEN

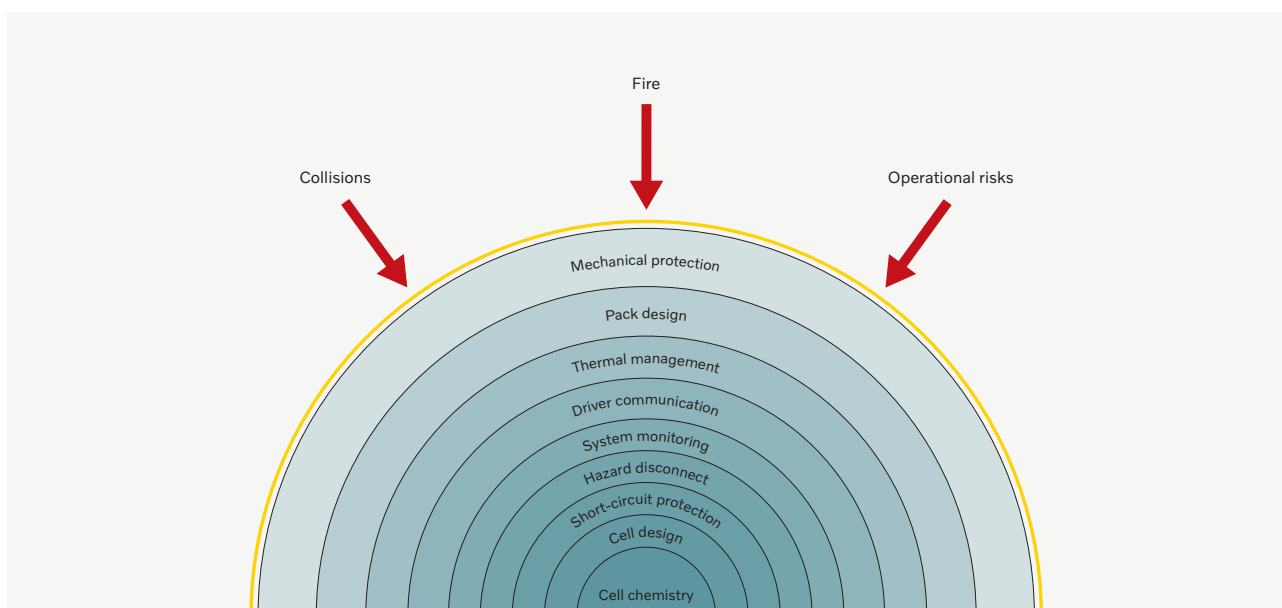
Volvo Buses

## Inhoud

Een holistische veiligheidsarchitectuur	3
Risicofactoren	4
ESS-bewakingsproces	5
Een reeks beveiligingsfuncties	6
Mechanische bescherming	7
Thermische en elektrische bescherming	8
Veiligheid in depot en werkplaats	9

# Een holistische veiligheidsarchitectuur

De introductie van elektrische bussen betekent een technologische verschuiving en dat brengt een zekere mate van onzekerheid met zich mee, vooral voor nieuwe gebruikers. Elektrische bussen en conventionele bussen hebben grotendeels dezelfde veiligheidskenmerken, maar belangrijke verschillen zijn onder meer de aandrijflijn en de energieopslag. Daarom begint de veiligheidsarchitectuur van Volvo bij de kern en omvat alle aspecten van het voertuigontwerp.



## Het geïntegreerde Volvo-veiligheidssysteem

Veiligheid gaat niet alleen over specifieke kenmerken en systemen, maar ook over de manier waarop deze met elkaar interageren. Als er iets vervelends gebeurt, kan het een tot het ander leiden. Daarom wordt het hele voertuig, van de kern van de batterijcellen tot het complete voertuigontwerp, gezien als één systeem.

## Veiligheidsfuncties

Elke batterijcel beschikt al over een preventieve functionaliteit. Op module- en pakketniveau zijn er sensoren en autonome functies die escalatie voorkomen in geval van beschadiging. Op voertuigniveau worden alle functies bewaakt, zodat de bestuurder en de verkeersregelaars gewaarschuwd kunnen worden als er een risico wordt gedetecteerd.

## Communicatie met de bestuurder

De belangrijkste taak van de chauffeur is om de passagiers veilig en op tijd naar hun bestemming te brengen. Het geïntegreerde veiligheidssysteem in een elektrische Volvo-bus waarschuwt alleen wanneer een

directe tussenkomst van de bestuurder vereist is. Door overbodige informatie te vermijden, kan de bestuurder zich beter concentreren.

## Regelgeving en normen

Voor de veiligheid van voertuigen geldt een groot aantal voorschriften. Voor elektrische aandrijflijnen staat de R100-norm, met zijn verschillende varianten, centraal bij autofabrikanten en wordt deze vaak genoemd in aanbestedingsdocumenten. De norm beschrijft een groot aantal parameters die in aanmerking moeten worden genomen en getest. Alle elektrische voertuigen van Volvo Bus voldoen aan de R100-norm.

Er bestaan verschillende internationale normen voor testmethoden en -procedures. Een voorbeeld is de SAE J2464, die een reeks testen beschrijft die kunnen worden gebruikt voor het testen van onjuist gebruik van oplaadbare energieopslagsystemen (RESS) voor elektrische of hybride-elektrische voertuigen. <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/)

Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.

# Risicofactoren

Er zijn geen aanwijzingen dat elektrische bussen meer risico's opleveren dan conventionele bussen. Alle voertuigen brengen risico's met zich mee, maar elektrische voertuigen verschillen van voertuigen op diesel en gas. De belangrijkste risico's kunnen in vier categorieën worden onderverdeeld, met betrekking tot: operaties, botsingen, brand en service.



## Operationele risico's

Li-ionbatterijen zijn gevoelig voor verkeerd gebruik, zoals overladen en overmatig ontladen. Overladen kan optreden als er defecte of ongeschikte laadapparatuur wordt gebruikt of als de veiligheidsprocedures worden verwaarloosd. In een elektrische Volvo zitten echter meerdere lagen aan veiligheidsfuncties, die tot doel hebben de schadelijke effecten van dergelijk verkeerd gebruik te voorkomen.

## Botsingen

Bij een botsing kan aanzienlijke schade ontstaan aan hoogspanningskabels en op de vloer gemonteerde batterijen. Op het dak gemonteerde batterijen kunnen beschadigd raken bij een ongeval waarbij het voertuig kantelt. Als het voertuig kantelt, kunnen de batterijen op het dak beschadigd raken. En als de beschadiging ernstig genoeg is, kan er lekkage ontstaan en in het ergste geval brand door interne kortsluiting. Tractie batterijen wegen honderden kilo's en kunnen bij een botsing een gevaar vormen voor andere weggebruikers, tenzij ze stevig aan de carrosserie zijn bevestigd.

**Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.**

## Brand

Het is belangrijk om te benadrukken dat elektrische voertuigen niet gevoeliger zijn voor brand dan voertuigen met een verbrandingsmotor. De beschikbare gegevens suggereren juist het tegenovergestelde. Uit gerapporteerde gegevens\* blijkt dat de frequentie van brandincidenten bij elektrische voertuigen over het algemeen 8 tot 20 keer lager ligt dan bij voertuigen met een verbrandingsmotor. De statistische gegevens zijn echter beperkt. Als een elektrisch voertuig in brand vliegt, brandt het langer, maar wel langzamer. Bovendien duurt het langer voordat de maximale intensiteit is bereikt dan bij een ICEV. Dit komt doordat beschadigde batterijcellen geleidelijk elektrolyt afgeven, terwijl een gescheurde diesel- of gastank een hevige brand of zelfs een explosie kan veroorzaken.

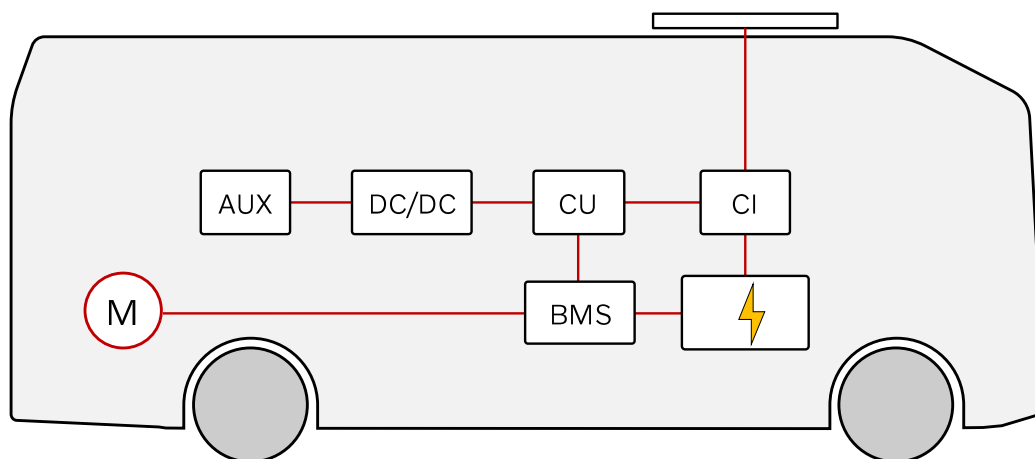
## Onderhoud

In depots en werkplaatsen zijn de 600V-componenten toegankelijk voor het servicepersoneel. Hoewel Volvo-bussen zijn voorzien van meerdere beschermingslagen, moet het risico op een elektrische schok in een Volvo-bus niet worden genegeerd. Daarom mogen alleen gecertificeerde technici onderhoud uitvoeren aan hoogspanningscomponenten.

\* Rapport van RISE: Elektrische vrachtwagens – Brandveiligheidsaspecten Jonna Hynynen, 2023-06-26.

# ESS-bewakingsproces

De conditie en prestaties van de batterij zijn cruciale factoren bij elektrische bussen. Het batterijbeheersysteem regelt de laad- en ontladestroom en regelt de koeling en verwarming van de batterij-installaties om optimale omstandigheden voor de batterijen te garanderen.



## Toezicht

De centrale CU-eenheid en het BMS-batterijbeheersysteem voeren continu functionele monitoring uit op temperatuur, stroom en druk op cel-, pakket- en systeemniveau. De monitoring wordt uitgevoerd door meerdere parallelle systemen. Indien een drempelwaarde wordt overschreden, wordt de stroom uitgeschakeld.

## Het veiligheidsframe

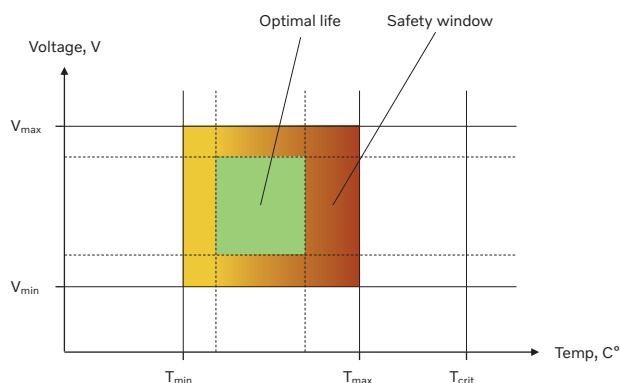
Het veiligheidsframe is een visualisatie van de functionele omgeving van de batterijcel. Er is een gedefinieerd temperatuur- en spanningsbereik waarbinnen de werking veilig is. Afwijkingen van deze waarden hebben invloed op zowel de prestaties als de levensduur:

- **Temperatuur:** Als de temperatuur boven de veiligheidslimiet blijft of deze regelmatig overschrijdt, kan er een interne kortsluiting in de cel ontstaan, wat kan leiden tot gasontsnapping of thermal runaway.
- **Spanning:** Spanning buiten het veiligheidsframe zorgt ervoor dat de cel langzaam verslechtert en kan daardoor een veiligheidsrisico vormen.

## Actieve controle

Om de cel in optimale conditie te houden, en ruim binnen het veiligheidsframe, moeten de CU en BMS continu:

- temperatuur en spanning bewaken
- koeling regelen
- voltage/stroom regelen
- waarschuwings- en controlefuncties activeren als parameters buiten het veiligheidsframe vallen
- de batterij ontkoppelen bij gevaar

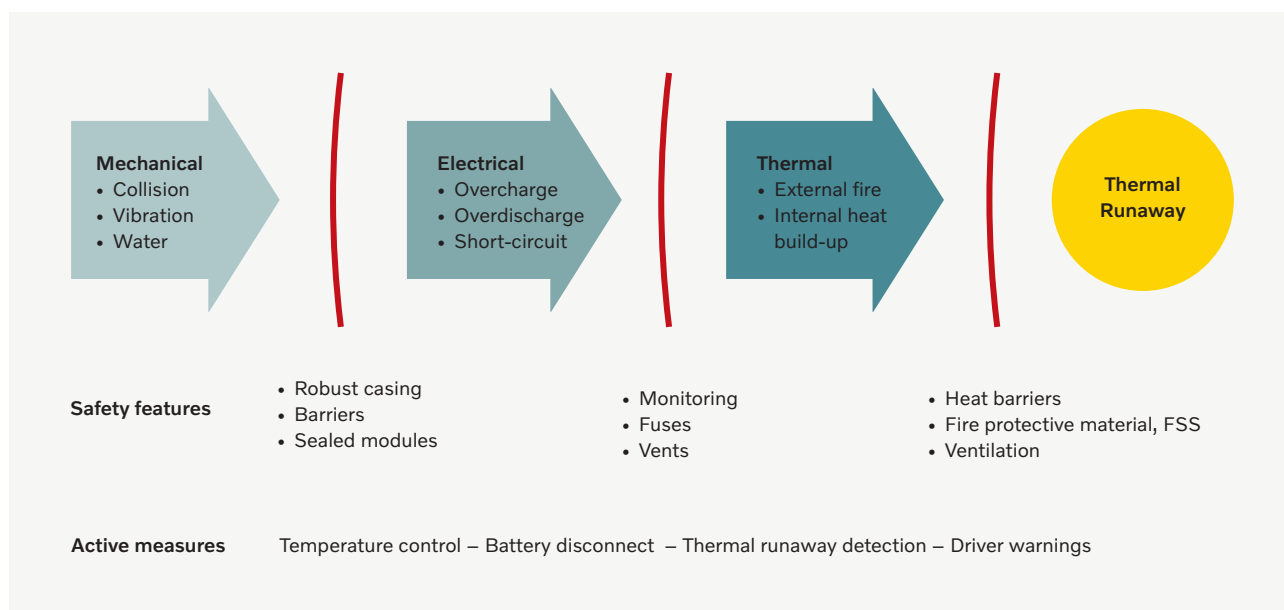


Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.



# Een reeks beveiligingsfuncties

Energieopslag moet altijd worden beschermd tegen alle vormen van misbruik. Schade aan een batterij kan leiden tot verschillende risicoscenario's en escalatie van gebeurtenissen. Daarom zijn de elektrische bussen van Volvo voorzien van verschillende veiligheidsfuncties die de escalatie van problemen voorkomen.



## De gevaarlijke aaneenschakeling van gebeurtenissen

De batterijcel staat centraal als het gaat om elektrische veiligheid. Mechanische schade kan leiden tot elektrische problemen, wat kan leiden tot interne hitte en in het ergste geval tot thermal runaway en uiteindelijk brand.

### Mechanische barrières

De batterijcel is mechanisch beschermd tegen stoten, trillingen en onderdompeling in water. Belangrijkste kenmerken zijn de gesloten modulebehuizing, de robuuste stalen behuizing van het batterijpakket en de botsbescherming en energieabsorberende constructie van het chassisontwerp.

### Elektrische barrières

Als de druk in een batterijcel oploopt, wordt de cel automatisch ontkoppeld en maakt deze geen deel meer uit van de energieopslag. Dit gebeurt ook als er een spanning buiten het toegestane interval wordt gedetecteerd. Bij hoge druk gaat er een

veiligheidsventiel open. Voor het gehele batterijpakket geldt dat zekeringen het batterijpakket van het circuit zullen loskoppelen.

### Thermische barrières

Een batterijcel heeft een gedefinieerd bereik voor temperatuur en spanning waarbinnen de werking veilig is. Tijdens de werking wordt de temperatuur van het gehele energieopslagsysteem geregeld door een apart koel-/verwarmingssysteem op basis van vloeistof. Als de temperatuur stijgt, worden aangrenzende cellen en modules beschermd door hittebestendige materialen.

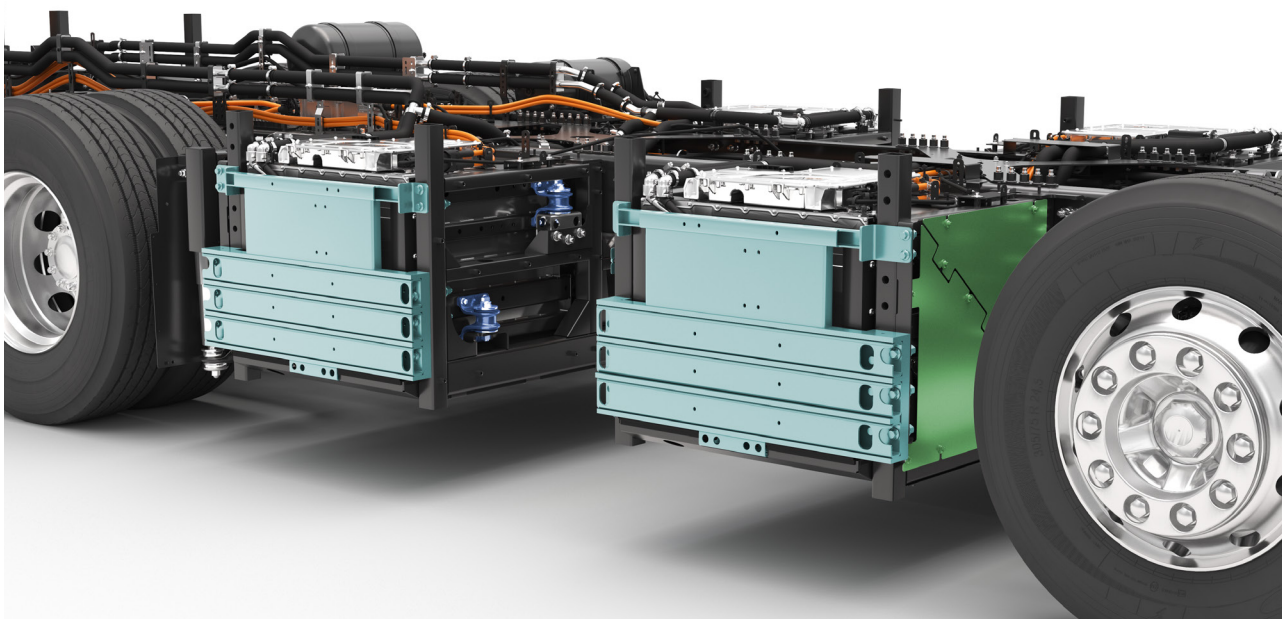
### Actieve maatregelen

Door de temperatuur van batterijen te regelen, wordt het risico op storingen actief verminderd. Bovendien monitort het veiligheidssysteem diverse parameters en ontkoppelt dit de batterijen om verdere schadelijke omstandigheden te voorkomen. Het systeem detecteert ook actief signalen van thermal runaway en waarschuwt de bestuurder.

Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.

# Mechanische bescherming

Mechanische bescherming is de eerste veiligheidslaag, na de algehele voertuigarchitectuur. Bescherming tegen impact bij een botsing is een belangrijke ontwerpparameter, evenals gecontroleerd mechanisch gedrag bijvoorbeeld bij een kanteloneval.



## Beschermend structureel ontwerp

De volledige aandrijflijn en de energieopslag zijn zodanig gepositioneerd en behuïsd zodat ze bij een botsing maximale bescherming bieden. Elektronica en bekabeling worden beschermd door de hoofdbalken van het chassis, zodat ze niet worden blootgesteld aan de krachten van een botsing. De batterijen zijn voorzien van een stalen behuizing, die de batterijpakketten omsluit met beschermende stalen tussenschotten. De constructies rondom de batterijen worden getest om de energie van een auto van twee ton die met een snelheid van 60 km/u rijdt, te weerstaan.

## Veiligheidsmontage

De batterijen zijn stevig op het chassisframe gemonteerd, met een nauwkeurig berekende balans tussen stevigheid en flexibiliteit. In een situatie waarin een ander voertuig de bus raakt ter hoogte van de batterij, is de mechanische structuur stevig genoeg

om directe schade te voorkomen, maar ook om de kracht van de botsing te absorberen. Voor op het dak gemonteerde batterijen voldoet de montage aan dezelfde mechanische veiligheidsnormen als die van toepassing zijn voor hogedruk-CNG-tanks die in gasbussen worden gebruikt.

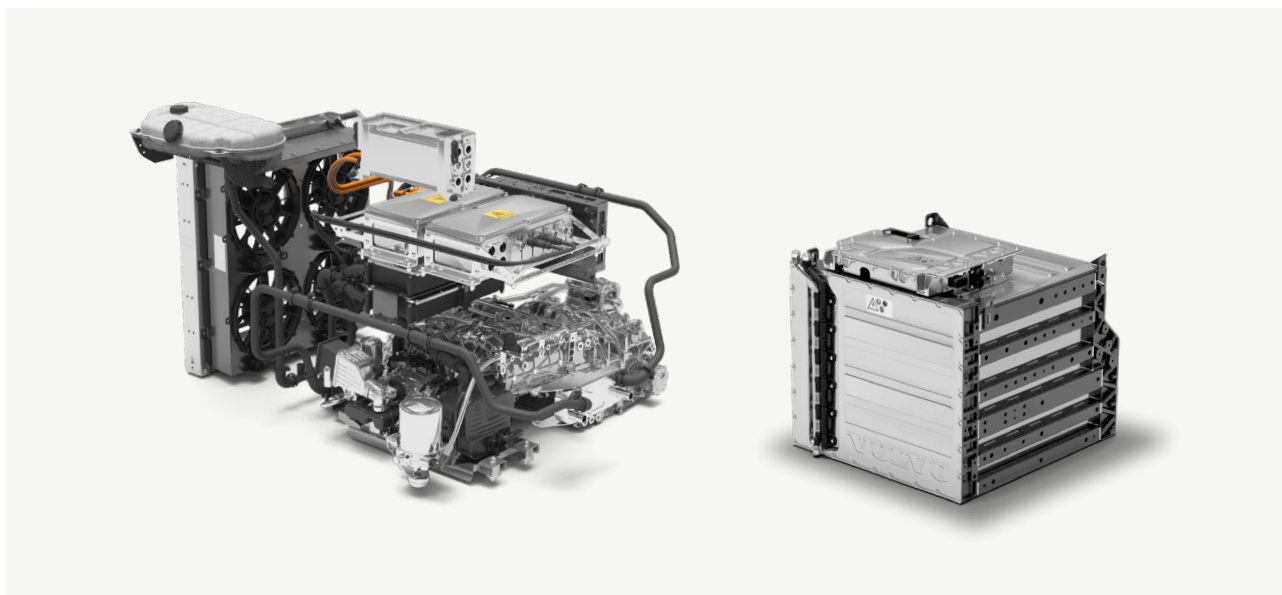
## Robuuste behuizing van het batterijpakket

Bij Volvo-batterijen zijn de cellen in modules gemonteerd, wat zorgt voor mechanische bescherming, trillingsdemping en warmte-isolatie. Elke module bevat een aantal cellen, en een aantal modules is samengevoegd tot een batterijpakket. De modules worden in een constructie gemonteerd, zodat ze optimale verwarmings- en koelprestaties kunnen leveren. De robuuste stalen behuizing van het batterijpakket is een integraal onderdeel van de mechanische bescherming.

Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.

# Thermische en elektrische bescherming

Een elektrische bus transporteert een aanzienlijke hoeveelheid energie, die via een hoogspanningstractiesysteem wordt overgebracht. Als het afgeven van de energie problematisch is, ontstaat er voornamelijk warmte. Daarom werken elektrische en thermische beveiligingsfuncties nauw samen.



## Elektrische bescherming

De batterijen en alle elektrische componenten worden continu bewaakt door het batterijbeheersysteem en de centrale eenheid. Als er een afwijking wordt gedetecteerd, kunnen cellen, pakketten en het hele tractiesysteem worden losgekoppeld. De hoogspanningskabels worden bewaakt door het HVIL-circuit (Hazardous Voltage Interlock Loop). Als het circuit wordt onderbroken, wordt de batterij bij de bron afgesloten. Bovendien wordt de isolatieweerstand gemonitord. Als de waarden te laag zijn, wordt de stroom uitgeschakeld.

Omdat overladen een risicofactor is, communiceren de elektrische bussen van Volvo met de laadapparatuur. Bovendien worden tijdens het laadproces alle relevante voertuigparameters gevolgd. Voor de bestuurder is er een noodstop-schakelaar.

## Thermische regeling

Het energieopslagsysteem, inclusief de batterijen, en de gehele aandrijflijn worden gemonitord en de temperatuur ervan wordt geregeld. Voor de batterijen is het van cruciaal belang dat alle parameters binnen het veiligheidsframe blijven, zowel om veiligheidsredenen als voor de conditie van de batterij op de lange termijn. De temperatuurregeling wordt verzorgd door aparte vloeistofgebaseerde koel- en verwarmingssystemen. Deze systemen zijn onafhankelijk van de HVAC-installatie, voor maximale betrouwbaarheid en ongestoorde werking.

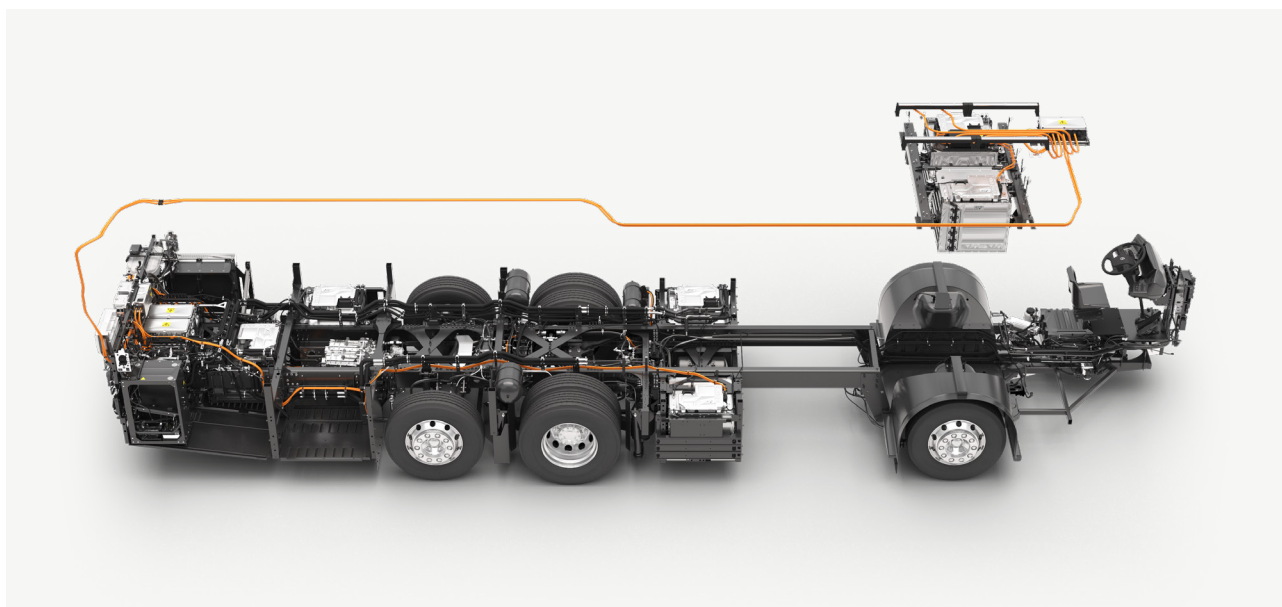
In de batterijen zitten verschillende lagen hittebarrières om warmteoverdracht vanuit een defecte cel te voorkomen. Als de temperatuur oploopt en de interne druk hoog wordt, wordt de cel geventileerd en elektrisch losgekoppeld. Als de temperatuur op enig punt de toegestane waarde overschrijdt, wordt er automatisch ingegrepen. Uiteindelijk wordt de stroom uitgeschakeld en wordt de chauffeur gewaarschuwd. Thermal runaway (TR) in één cel leidt tot ontkoppeling van het hele pakket. De warmte van thermal runaway in één cel kan geen brand in andere cellen veroorzaken.

**Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.**



# Veiligheid in depot en werkplaats

Het onderhouden en repareren van een elektrische bus heeft veel overeenkomsten met het werken met conventionele bussen. Het verschil zit in de aandrijflijn, de batterijen en het interne energiebeheer. Voor het werken met hoogspanningssystemen is een speciale opleiding en certificering vereist.



## Strikte procedures

Verschillende onderdelen van het elektrische tractiesysteem kunnen niet worden gerepareerd, maar moeten worden vervangen en naar Volvo worden teruggestuurd. Alle werkzaamheden aan het tractiesysteem vereisen het volgen van een buitenbedrijfstellingsprocedure. Na voltooiing van de werkzaamheden wordt het voertuig middels een inbedrijfstellingsprocedure weer in operationele staat gebracht.

De strikte procedures zorgen ervoor dat de onderhoudsmonteur niet wordt blootgesteld aan gevaarlijke spanning wanneer een onderdeel of kabel wordt losgekoppeld en stroomvoerende onderdelen worden blootgelegd.

## Autorisatie en gedelegeerde verantwoordelijkheid

Alleen bevoegde personen, dat wil zeggen de "technicus die verantwoordelijk is voor de werkzaamheden", mogen de buitenbedrijfstelling en inbedrijfstelling uitvoeren. Deze persoon moet ook de verantwoordelijkheid hebben gekregen van de manager om het werk te mogen uitvoeren. Werkzaamheden aan het tractiespanningssysteem uitvoeren zonder de juiste buitenbedrijfstelling kan ernstig letsel of de dood tot gevolg hebben.

## Documenten met betrekking tot veiligheidsnormen

Voor informatie over werkfuncties met betrekking tot het hanteren en onderhouden van het tractiespanningssysteem en tractiespanningscomponenten, zie Volvo STD 871-0003 en 871-0004. Voor specifieke veiligheidsrichtlijnen leest en volgt u de toepasselijke IMPACT-documentatie.

Neem voor meer informatie contact op met de Volvo Bus-dealer.

**V O L V O**