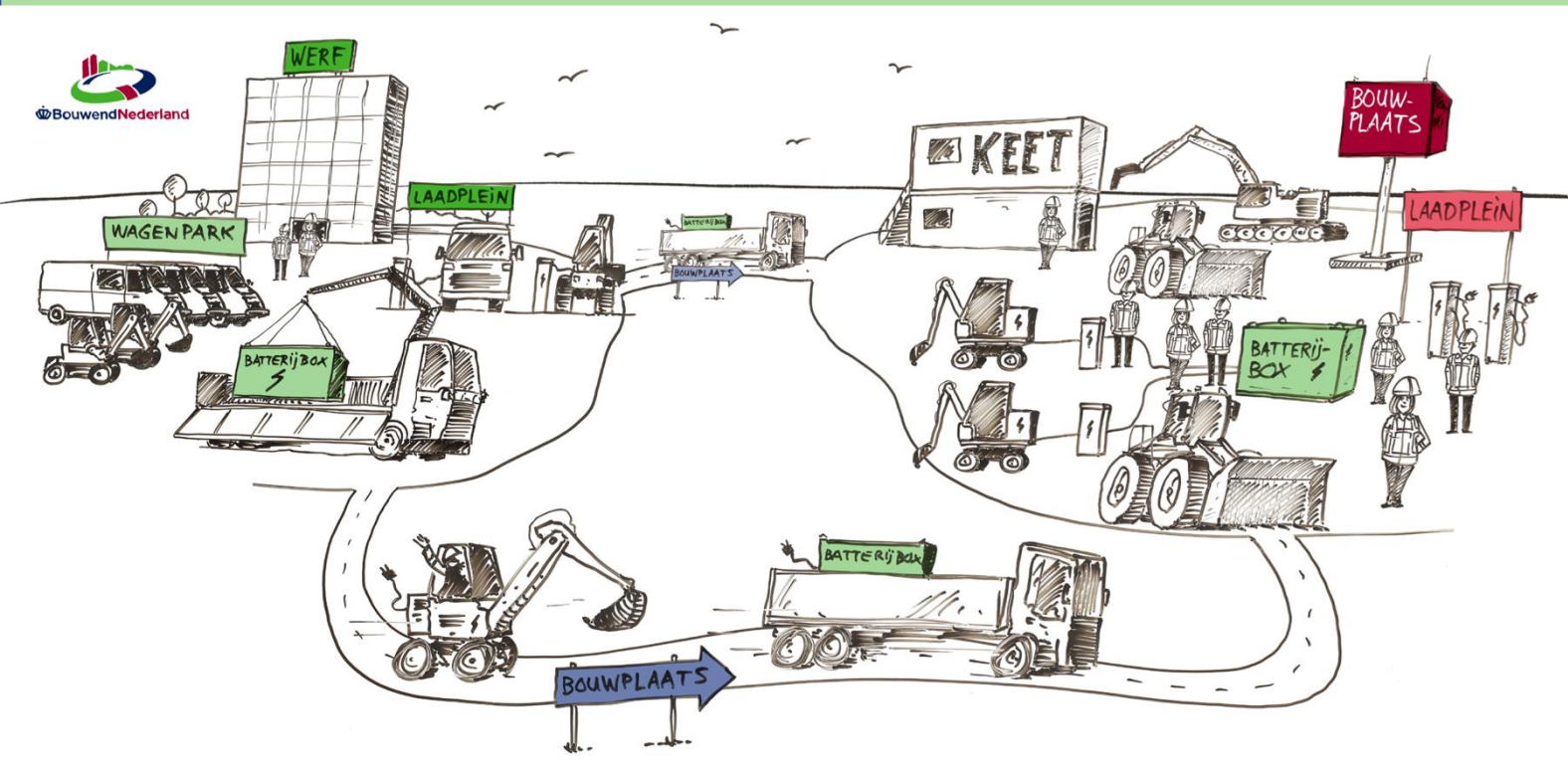


Richtlijn Veilige Inzet Elektrisch Materieel

Definitieve versie 1.2



31 mei 2024

In opdracht van Bouwend Nederland - KOMAT

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
1.1.	Doelstelling van de richtlijn	4
1.2.	Scope van de richtlijn.....	4
1.3.	Definities	5
2.	Elektrisch materieel werking en gebruik.....	7
2.1.	Transport van elektrisch materieel	7
2.1.1.	Transport van elektrisch materieel	7
2.1.2.	Transport van energieopslagsystemen	8
2.2.	Op de bouwplaats.....	8
2.2.1.	Elektrisch aangedreven mobiele werktuigen op de bouwplaats.....	9
2.2.2.	Laadinfrastructuur ten behoeve van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen op de bouwplaats	10
2.2.3.	Bouwaansluiting en daarbij behorende infrastructuur voor laadinfra	10
2.2.4.	Lithium-houdende batterijopslagsystemen	11
3.	Aankoop en onderhoud van elektrisch materieel.....	15
3.1.	Aankoop van elektrisch materieel	15
3.1.1.	Aankoop van elektrische bouwmachines	15
3.1.2.	Aankoop van laadinfrastructuur	16
3.1.3.	Aankoop van energieopslagsystemen.....	17
3.2.	Onderhoud van elektrisch materieel	17
3.3.	Onderhoud van laadinfrastructuur	17
3.4.	Onderhoud van energieopslagsystemen	18
4.	Veiligheids- en trainingsinstructies	18
4.1.	Aanwijsbeleid medewerkers t.b.v. elektrische installatie	19
4.2.	Aanwijsbeleid medewerkers t.b.v. elektrisch materieel	19
4.3.	Veiligheidsinstructies voor werknemers.....	20
5.	Rollen en verantwoordelijkheden	20
	Bijlage A Elektrificeren in de bouw	23
	Opbouw elektrisch materieel.....	23
	Laadvarianten	25
	Isolatiewachter	25
	Laadproces elektrisch materieel	26
	Aansluiting elektriciteitsnet en daarbij behorende infrastructuur	27
	Bijlage B Wet en regelgeving.....	28
	Algemene eisen	28

Eisen en normen voor elektrische mobiele werktuigen	28
Eisen en normen voor elektrische infrastructuur	28
Eisen en normen voor laadinfrastructuur	29
Eisen en normen voor energieopslag.....	29

1. Inleiding

1.1. Doelstelling van de richtlijn

De techniektransitie en bijbehorende energietransitie verlopen op eenzelfde wijze als veel andere ontwikkelingen. Eén van de belemmeringen die horen bij technologische ontwikkelingen is het achterblijven van wet- en regelgeving. Randvoorwaarden bij het verankeren van ontwikkelingen in lokale of Europese normering en wet- en regelgeving kost doorgaans enkele jaren.

We onderscheiden hierin 4 niveaus:

1. **Wet- en regelgeving, nationaal of Europees**

Op dit niveau zijn alle voorwaarden en handelingen verankerd in wet- en regelgeving. Er is duidelijkheid over het perspectief in handelen.

2. **Onderliggende (ontwerp) normen**

Waar dit ontbreekt, is er houvast aan de onderliggende (ontwerp) normen. Dit geeft daarmee voldoende handelingsperspectief. De norm is concreter dan een richtlijn en schrijft voor aan welke (minimale) eisen moet worden voldaan.

3. **Richtlijnen**

Als technologische ontwikkelingen zich (schijnbaar) tussen de bestaande wet- en regelgeving bevinden en er onduidelijkheid over toe te passen normen bestaat, dan geeft een richtlijn een aanbeveling of aanwijzing voor gedrag. In officiële context wordt dan gesproken over een richtlijn, waarbij direct een norm wordt gesteld. Een richtlijn is concreter dan een leidraad en heeft meer invloed op het handelen.

4. **Handreikingen of leidraden**

Een handreiking is vergelijkbaar met een leidraad en biedt praktische tips en suggesties, maar is minder dwingend dan een richtlijn.

Daarnaast is een handreiking vaak flexibeler en laat deze meer ruimte voor interpretatie. Vanuit de branche zijn verschillende handreikingen geschreven. Emissieloos Netwerk Infra schreef bijvoorbeeld een handreiking vanuit het gebruikersperspectief en BMWT vanuit het leveranciersperspectief. Bouwend NL pakt zijn rol op het meer dwingender niveau van de richtlijnen. Vanuit de rol als vertegenwoordiging van de lidbedrijven zijn al eerder richtlijnen voor de bouw- en infra opgesteld. In het huidige snel veranderende landschap van elektrisch materieel worden door adviesgroep KOMAT nieuwe activiteiten gesignaleerd, welke leiden tot nieuwe veiligheidsrisico's op de projecten van onze lidbedrijven. Om die reden is het belangrijk om zo snel mogelijk tot wet- en regelgeving te komen. Waar dit ontbreekt of waar er onduidelijkheid is over de toepassingen ervan, daarvoor is deze richtlijn geschreven om duidelijk handelingsperspectief te geven.

1.2. Scope van de richtlijn

De richtlijn is gericht op het veilig inzetten van elektrisch materieel. Het is echter geen alomvattende richtlijn voor de gehele transitie op de bouwplaats. De richtlijn is gericht op de inzet van elektrisch materieel op de bouwplaats. Onderstaand overzicht van onderwerpen laat zien waar de richtlijn zich wel op richt:

- Aankoop, inzet en onderhoud van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen.
- Aankoop, inzet en onderhoud van batterijsystemen voor inzet op bouwplaatsen.
- Aankoop, inzet en onderhoud van laadinfrastructuur voor inzet op bouwplaatsen of bij depots.
- Publiek laden van bouw materieel.
- Energie-infrastructuur op de bouwplaats.

- Het aansluiten van de energie-infrastructuur op de bouwplaats.
- Energie-infrastructuur op depots en werven.
- Transport en logistiek van elektrisch materieel en energie-technologie. Zowel van als naar en op de bouwplaats.

Daarnaast zijn er onderwerpen waar deze richtlijn geen aandacht voor heeft, namelijk:

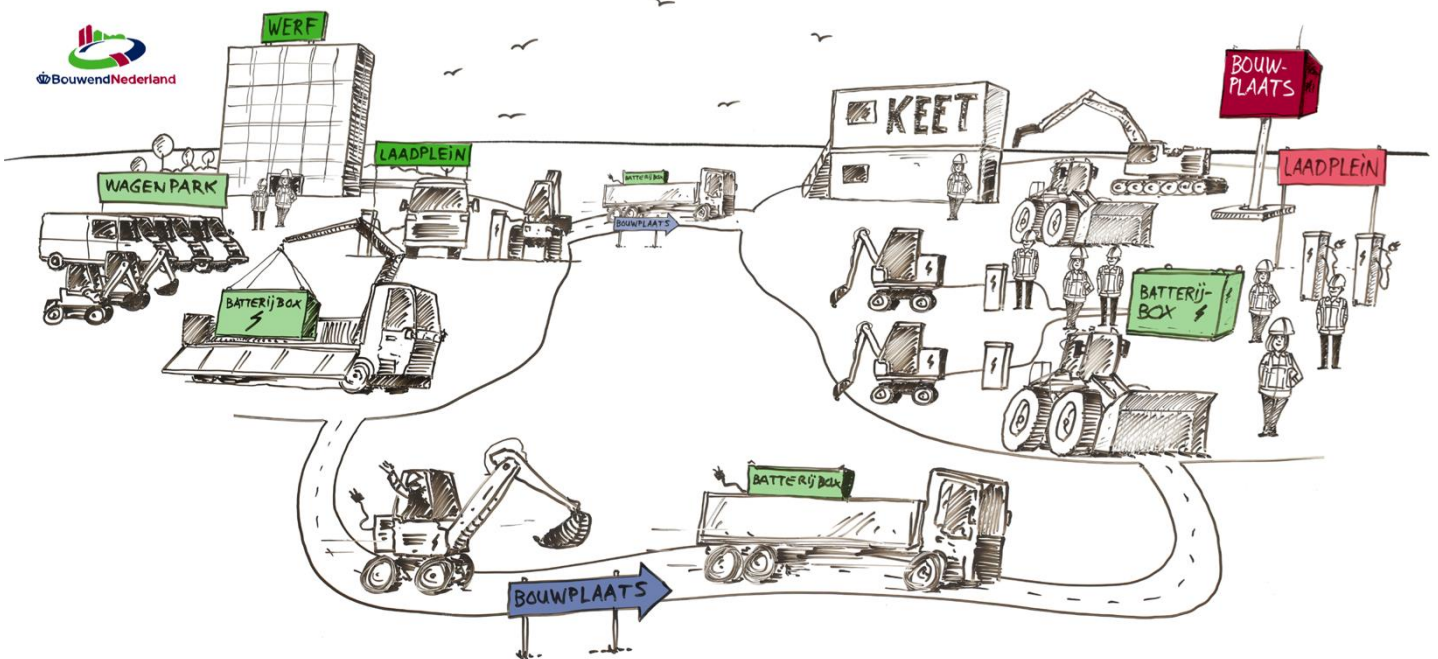
- De nadruk ligt op batterijopslag en niet op andere vormen van opslagtechnologie, zoals moleculenopslag (waterstof, biogas, etc.) en hybride systemen.
- In deze richtlijn is lithium-houdende batterijopslag uitgesloten onder de 20 kWh totaal opgestelde capaciteit. Dit is in lijn met de keuze die eerder is gemaakt in de PGS 37-1 en NEN 4288. Lood- en gel accu's zijn tevens uitgesloten.
- De richtlijn richt zich alleen op transportbewegingen over de weg. Het richt zich niet op transportbewegingen over water of via de lucht met de daarbij benodigde spoorvoertuigen, vaar- en vliegtuigen.
- Ook gaat deze richtlijn niet in op de eventuele benodigde maatregelen die getroffen dienen te worden bij het plaatsen van energieopwekkingstechnologie op bouwlocaties, of bij het depot. In een later stadium wordt dit onderwerp toegevoegd aan de richtlijn. Ook zal dan het onderwerp energiemangement meegenomen worden (IEC 60364-8).

1.3. Definities

AC	Alternating Current of wisselstroom
ADR	ADR staat voor 'Accord relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route'. Ook wel 'Vervoer van gevaarlijke goederen over de weg'.
BMS	Batterij Management Systeem
BEV	Battery Electric Vehicle: een batterij elektrisch werktuig.
CCS	Combined Charging Systems
DC	Direct current of gelijkspanning
EMC	Elektromagnetische Compatibiliteit
EMR	Europese Machine Richtlijn
EOS	Energieopslagsysteem
Extra lage spanning, ELV	Spanning die normaal niet hoger is dan 50 V bij wisselspanning of 120 V zonder rimpel bij gelijkspanning.
Energieopslagsystemen (EOS)	Technologische installaties of systemen die elektrische energie kunnen opslaan en later weer vrijgeven wanneer dat nodig is, zoals batterijen.
ISO	International Standardization Organization
FCEV	Fuell Cell Electric Vehicle: een brandstofcel aangedreven werktuig.
HEV	Hybrid Electric Vehicle: een hybride aangedreven werktuig.

Hoogvolt, HV	Laagspanning die hoger is dan de extra lage spanning en een gevaar kan vormen bij aanraking.
KAM	Kwaliteit, Arbo (of Arbeidsomstandigheden) en Milieu
LiFePO4	Lithium-ijzer-fosfaat
Mobiele elektrisch werktuig	Elektrisch mobiel gereedschap voor diverse bouw- en industrietoepassingen.
Mode 3 en Mode 4	Standaarden voor het opladen van elektrische voertuigen, waarbij Mode 3 AC-laadtechnologie gebruikt en Mode 4 DC-snelladen omvat.
NKL	Nationaal kennisplatform laadinfrastructuur
NMC	Nikkel, mangaan en kobalt
OCCP	Open Charge Point Protocol
PGS	Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen
RI&E	Risico-inventarisatie en -evaluatie, een proces waarbij potentiële risico's en gevaren op de werkplek worden geïdentificeerd, geanalyseerd en geëvalueerd.
Thermal runaway	Een ongecontroleerde reactie in een batterijsysteem die kan leiden tot oververhitting en brand.
V&G plan	Een V&G (Veiligheid en Gezondheid) plan is een document dat de risico's en maatregelen beschrijft met betrekking tot veiligheid en gezondheid op de werkplek.
Werf	Een werf is een terrein waarop momenteel gebouwd wordt, inclusief het gebouw dat in aanbouw is. Synoniemen zijn bouwlocatie, bouwterrein, bouwplaats.

2. Elektrisch materieel werking en gebruik



2.1. Transport van elektrisch materieel

Het veilig transporteren van elektrisch materieel is een cruciale schakel in de algehele veiligheid en efficiëntie van diverse bedrijfsprocessen en activiteiten. Of het nu gaat om elektrische apparatuur voor bouwplaatsen, industriële machines, of andere toepassingen. Het correct en verantwoord verplaatsen van elektrisch materieel vereist een grondige kennis van de relevante voorschriften en richtlijnen, alsmede aandacht voor veiligheidsmaatregelen.

Dit hoofdstuk biedt richtlijnen en aanbevelingen voor het veilig en effectief transporteren van elektrisch materieel. De overwegingen, procedures en voorschriften die van toepassing zijn op het transportproces komen aan bod. Het doel is om professionals en organisaties te helpen bij het minimaliseren van risico's, het waarborgen van de veiligheid van elektrisch materieel en het bevorderen van een veilige werkomgeving.

Van het voorbereiden van het materieel voor transport, tot het voldoen aan wettelijke voorschriften en het implementeren van veiligheidsmaatregelen. Dit hoofdstuk biedt een uitgebreid overzicht van de beste praktijken voor het veilig en doeltreffend verplaatsen van elektrisch materieel. Door deze richtlijnen te volgen, kunnen professionals bijdragen aan een verhoogde veiligheid, betrouwbaarheid en efficiëntie in hun operaties met elektrisch materieel.

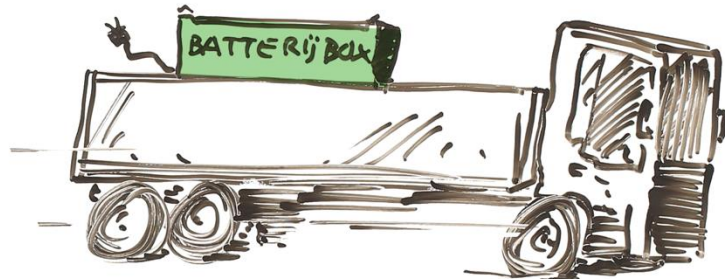
2.1.1. Transport van elektrisch materieel

Het is belangrijk op te merken dat voor het transport van elektrisch materieel geen specifieke ADR-klasse 9 van toepassing is. Dit geldt met name voor batterijen die, als een integraal en niet-verwisselbaar onderdeel, deel uitmaken van het elektrische mobiele werktuig. Daarnaast is het belangrijk om op te merken dat batterijen die verwisselbaar zijn en tegelijkertijd integraal deel uitmaken van het elektrische mobiele werktuig, niet onder de ADR-klasse 9-regelgeving vallen. Daarnaast is het ook belangrijk om op te merken dat batterijen die verwisselbaar zijn en tegelijkertijd

integraal deel uitmaken van het elektrische mobiele werktuig, niet onder de ADR-klasse 9-regelgeving vallen op het moment dat deze batterijen in het voertuig zijn geplaatst.

2.1.2. Transport van energieopslagsystemen

Het veilig overbrengen van mobiele energieopslagsystemen (EOS) van het depot naar de bouwplaats vormt een belangrijke schakel in het succesvol inzetten van deze systemen op bouwlocaties. Dit proces vereist een strikte naleving van de voorschriften en te zijn meegenomen in de RI&E.



Het transport en de plaatsing dienen altijd uitgevoerd te worden door een bevoegd persoon in het bezit van een ADR-vakbekwaamheidscertificaat tenzij er sprake is van een transport wat plaatsvindt onder de 1000 puntenregeling. Bovendien vereist deze taak voorafgaand en na afloop van het transport altijd een grondige visuele inspectie om eventuele mechanische schade te detecteren. Het betreden van een EOS is alleen toegestaan voor personen die hiervoor bevoegd zijn, zowel tijdens de opslag, het transport, als op de bouwplaats zelf.

Zowel op de bouwplaats als op de opslaglocaties, zoals depots en werven, moet te allen tijde een noodplan beschikbaar zijn, zoals omschreven in PGS 37-1. Tevens moet de EOS zijn meegenomen in de RI&E.

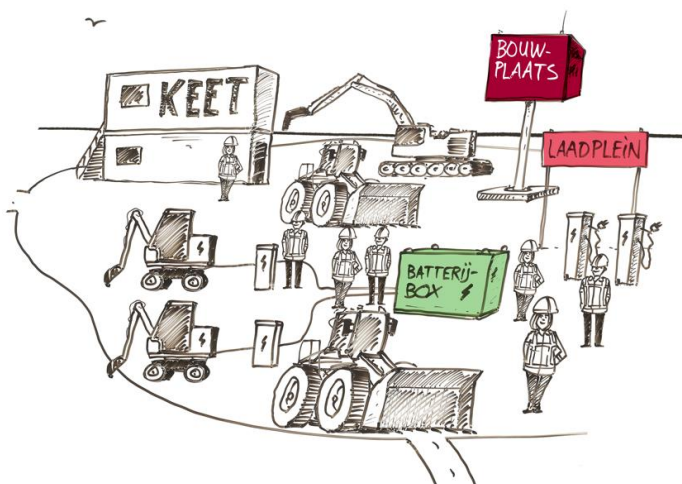
Het strikt naleven van zowel de ADR-voorschriften als de richtlijnen van PGS 37-1 is van belang om ervoor te zorgen dat het transport van mobiele EOS'en op bouwplaatsen veilig, wettelijk conform en zonder risico's voor werknemers, het milieu en andere belanghebbenden verloopt.

In het geval dat een EOS gedurende een periode van meer dan één jaar niet actief wordt gebruikt, wordt het systeem beschouwd als in opslag en zijn de toepasselijke richtlijnen van PGS 37-2 van kracht.

2.2. Op de bouwplaats

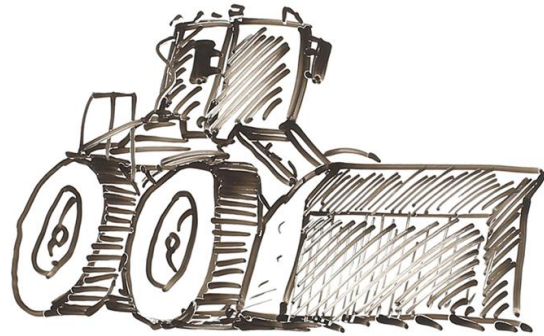
Deze richtlijn belicht de extra maatregelen die nodig zijn om elektrisch aangedreven mobiele werktuigen in te zetten op de bouwplaats. Dit is ter aanvulling op algemene mobiele werktuigen. We

benadrukken dat de bestaande richtlijnen en wet- en regelgeving van kracht blijven in dit verband.



2.2.1. Elektrisch aangedreven mobiele werktuigen op de bouwplaats

Elektrisch aangedreven mobiele werktuigen vertonen verschillen ten opzichte van conventionele mobiele werktuigen:



- Geluid: elektrische aandrijving leidt tot ander geluidsoverlast. In de conformiteitsbeoordeling is het een verplichting voor fabrikanten om het maximale geluidsniveau niet te overstijgen.
- Brandveiligheid: elektrische systemen brengen een ander risico op brand- en rookontwikkeling met zich mee. Daarom moeten er brandveiligheidsmaatregelen worden genomen, zoals het vermijden van kortsluiting en het implementeren van brandbestrijdingsmiddelen die passen bij het materieel.
- Ruimte voor Laadinfrastructuur: elektrische mobiele werktuigen vereisen laadinfrastructuur op de bouwplaats en mogelijk bij mobiele laadsystemen met een EOS. Dit vergt voldoende ruimte, veilige installatie en een juiste locatie om elektrisch aangedreven mobiele werktuigen te laden, waarbij:
 - De kans op brandoverslag naar andere objecten minimaal is;
 - De locatie niet op een drukke route ligt;
 - Goed bereikbaar voor brandweer en andere hulpdiensten.

De fabrikant voert een conformiteitsbeoordeling uit. Wanneer er in de risicobeoordeling restgevaren zijn, dienen deze beschreven te zijn in de gebruiksinstructies. De werkgever dient een ingebruiknamekeuring uit te voeren om te bepalen of de machine voldoet aan de machinerichtlijn en geschikt is voor het beoogde doel. De werkgever voert de RI&E uit voor iedere taak om restrisico's te bepalen en maatregelen te nemen.

Veiligheidsmaatregelen:

- Controleer of de laadstations staan opgesteld zoals vastgelegd in het V&G plan.
- Implementeer duidelijke visuele en akoestische signalering om werknemers te waarschuwen voor bewegende elektrische werktuigen in de omgeving.
- Voer regelmatig inspecties uit van het elektrische materieel, de componenten en de kabels om mogelijke brandgevaren te identificeren. De fabrikant geeft aan wat de minimale tijd tussen de inspecties is. Vaker mag altijd. De NEN3140 geeft aan dat keuringsintervallen gebaseerd dienen te worden op basis van gebruik intensiteit en omstandigheden. Dit kan per toepassing verschillen en dient vastgelegd te worden.
- Voer, voor eerste gebruik, visuele inspecties uit op de elektrische componenten en kabels om mogelijke brandgevaren te identificeren.
- Zorg voor de juiste locatie en installatie van de laadstations en volg veiligheidsprotocollen bij het opladen om de elektrische risico's te minimaliseren. De inrichting wordt bepaald in overleg met lokale hulpdiensten en bevoegd gezag. Een juiste locatie is een laadlocatie waarbij:
 - De kans op brandoverslag naar andere objecten minimaal is;
 - De locatie niet op een drukke route ligt;
 - Het goed bereikbaar is voor brandweer en andere hulpdiensten.
- Meld een storing aan een elektrisch mobiel werktuig aan een daartoe bevoegd persoon om het systeem vrij van spanning te maken. Daarna kan pas aan het elektrische mobiele werktuig

gewerkt worden. Overig bouw personeel blijft op voldoende afstand. Niet elke storing staat beschreven in het instructieboek van de fabrikant. Zorg dat er procedures zijn bij (on)oplosbare storingen.

2.2.2. Laadinfrastructuur ten behoeve van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen op de bouwplaats



Voor het laden van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen wordt mode 3 of 4 gebruikt. Mode 3 laadsystemen gebruiken AC-laadtechnologie, waarbij een laadkabel met bijbehorende connector (type 2) wordt aangesloten op het mobiele werktuig en het laadsysteem. Deze aanpak zorgt voor een veilige en gestandaardiseerde manier van opladen.

Mode 4, ook wel bekend als het DC snel laadsysteem, waarbij een CCS2 connector wordt gebruikt. Dit systeem maakt het mogelijk om mobiele werktuigen snel en efficiënt op te laden. Dit is met name handig op drukke bouwplaatsen waar tijdsbesparing van belang is of waar de vermogensvraag groot is.

Bij het gebruik van een achterliggend beheersysteem is het belangrijk om het OCPP 1.6 J-protocol of hoger te implementeren. Dit protocol zorgt voor een gestandaardiseerde communicatie tussen het laadsysteem en een eventuele backend, wat de controle, monitoring en het beheer van het laadproces verbetert.

Een ander aspect is het gebruik van het ISO 15118-protocol tussen het laadsysteem en het bouw materieel. Dit protocol biedt een gestandaardiseerde manier van communicatie en autorisatie, waardoor alleen bevoegde machines en laadpassen toegang hebben tot het laadsysteem.

Om ervoor te zorgen dat de laadinfrastructuur veilig wordt gebruikt, is het van belang dat alleen bevoegd personeel toegang heeft tot deze systemen. Dit waarborgt niet alleen de veiligheid, maar ook de efficiëntie van het laadproces. In hoofdstuk 5 wordt beschreven wat bevoegd personeel is.

Daarnaast moeten gedetailleerde werkinstructies, met betrekking tot het gebruik en de onderhoudsprocedures van de laadinfrastructuur, worden opgenomen in het uitvoeringsplan van de bouwplaats. Dit helpt om ervoor te zorgen dat alle betrokkenen op de hoogte zijn van de correcte procedures en protocollen met betrekking tot de laadinfrastructuur, wat bijdraagt aan een veilige en georganiseerde werkomgeving.

2.2.3. Bouwaansluiting en daarbij behorende infrastructuur voor laadinfra

Elektrificatie van mobiele elektrische werktuigen heeft een directe impact op de vereisten voor bouwaansluitingen en de definitieve infrastructuur van bouwprojecten. Het verkrijgen van de juiste bouwaansluiting is nu een belangrijk element geworden bij het indienen van een competitieve aanbieding voor opdrachtgevers in de bouwsector. (NEN1010-704 HL)

Er dient verder te worden gekeken dan alleen de tijdelijke bouwaansluiting. In veel gevallen is er na voltooiing van de bouwactiviteiten ook behoefte aan een definitieve elektrische aansluiting. Het is verstandig om hier al in een vroeg stadium rekening mee te houden, zelfs bij de initiële aanvraag voor de bouwaansluiting. Dit zorgt voor een naadloze overgang van de tijdelijke naar de definitieve infrastructuur, wat niet alleen kostenefficiënt is, maar ook vertragingen en onnodige verstoringen voorkomt.

Het kan zijn dat de tijdelijke elektrische aansluiting een hoger aansluitvermogen vereist dan de definitieve, welke na de overgang van tijdelijk naar vast verlaagd kan worden. Dit is allemaal in de portal van 'mijnaansluiting.nl' te organiseren.

Een aandachtspunt is het feit dat congestie op het elektriciteitsnet de wachttijd voor het verkrijgen van een aansluiting kan verlengen. Dit kan invloed hebben op de planning van bouwprojecten. Momenteel wordt pro-activiteit gevraagd bij het plannen van zowel de tijdelijke als de definitieve elektrische infrastructuur. Deze dient in een zo vroeg mogelijk stadium bij de netbeheerder aangevraagd te worden. De minimale doorlooptijd is twintig weken en de netbeheerders hebben geen leververplichting voor tijdelijke bouwaansluitingen. Het is daarom aan te raden om in gesprek te gaan met de opdrachtgever (voor de vaste/definitieve aansluiting), netbeheerders en leveranciers om mogelijke vertragingen te minimaliseren en ervoor te zorgen dat de benodigde elektrische capaciteit tijdig beschikbaar is.

Kortom, de elektrificatie van mobiele werktuigen heeft de link tussen de definitieve infrastructuur en bouwaansluitingen versterkt. Het plannen, schatten en coördineren van elektrische vermogensbehoeften is nu een integraal onderdeel van het bouwproces geworden. Waarbij vroegtijdige planning en samenwerking met belanghebbende partijen steeds relevanter wordt om succesvolle projecten te waarborgen.

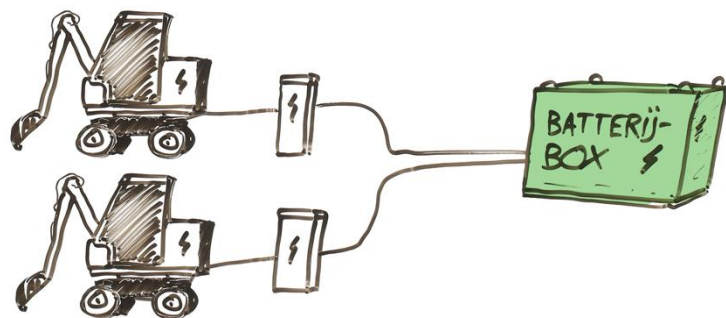
Komat (onderdeel van Bouwend Nederland) heeft een [publicatie](#), de handout 'tijdelijke elektrische installaties op bouwterreinen', online staan. Deze publicatie geeft onder andere inzicht in deze materie en tools om een vermogensraming uit te voeren waarmee de elektrische bouwaansluiting aangevraagd kan worden.

Ook wordt in deze publicatie de wijze van aanleg en beheer van de tijdelijke elektrische installaties beschreven, zowel organisatorisch als praktisch.

Let wel: elk ontwerp van een elektrische installatie is maatwerk en dient door een elektrotechnisch deskundig persoon ontworpen en goedgekeurd te worden door de installatieverantwoordelijke van deze installatie, alvorens deze gerealiseerd gaat worden! Dit is een vereiste vanuit NEN 3140, aangewezen vanuit de Arbocatalogus. Wettelijke verplichtingen komen vanuit het Arbeidsomstandighedenbesluit, artikel 3.2, 3.4, 3.5 en hoofdstuk 7 m.b.t. arbeidsmiddelen.

2.2.4. Lithium-houdende batterijopslagsystemen

In toenemende mate worden batterijsystemen ingezet bij bouwactiviteiten. In dit gedeelte wordt ingegaan op het risicobeheer en het naleven van bestaande vastgelegde voorschriften, zowel bij installatie, gebruik en onderhoud.



Definitie

Een EOS is een technologische installatie of systeem dat elektrische energie kan opslaan en later weer kan vrijgeven wanneer dat nodig is. In deze richtlijn is de scope gericht op batterijen. Een energieopslagsysteem dat wordt gebruikt bij bouw- en infrastructuurprojecten is meestal een mobiel batterij-opslagsysteem. Dit mobiele systeem, bestaande uit voornamelijk lithium houdende

oplaadbare energiedragers, voorziet in tijdelijke elektriciteitsbehoeften op locaties zonder directe of met beperkte aansluiting.

Veel verschillende soorten batterijen worden ontwikkeld of zijn beschikbaar in de markt. De batterijsamenstelling verschilt, wat invloed heeft op de energiedichtheid, veiligheid en levensduur van de batterij. De meest voorkomende en gebruikte batterijen op bouwlocaties zijn die van de lithium-ion familie. NMC en de LiFePO₄ zijn de meest gebruikte. Een energieopslagsysteem (EOS) is over het algemeen opgebouwd uit:

- Hoog voltage of laagvoltage batterijmodules: hoog voltage batterijmodules hebben een hogere nominale spanning. Wat betekent dat de individuele batterijcellen in een serie zijn geschakeld om een hogere totale spanning te bereiken. Een hoog voltage batterijmodule zou een nominale spanning kunnen hebben van bijvoorbeeld 400 volt DC. Laagvoltage batterijmodules hebben een lagere nominale spanning, omdat de individuele batterijcellen parallel zijn geschakeld om een lagere totale spanning te bereiken. Dit resulteert in hogere stroomsterktes bij een gegeven vermogen. Een laagvoltage batterijmodule zou een nominale spanning kunnen hebben van bijvoorbeeld 48 volt DC.
- Batterij managementsysteem: het BMS is verantwoordelijk voor het bewaken en beheren van de individuele cellen binnen de batterijmodules. Het houdt toezicht op parameters zoals spanning, stroom, temperatuur en staat van de lading van elke cel. Het zorgt ervoor dat de batterijen gelijkmatig worden opgeladen en ontladen, voorkomt overbelasting of diepontlading en optimaliseert de levensduur en prestaties van de batterijen.
- Een omvormer: de omvormer is een component die gelijkstroom (DC) omzet in wisselstroom (AC) of vice versa, afhankelijk van of het EOS energie opslaat of afgeeft. Wanneer het EOS energie opslaat, wordt de elektriciteit omgezet in DC en opgeslagen in de batterijen. Wanneer energie nodig is, wordt de opgeslagen energie omgezet in AC voor gebruik door aangesloten apparaten of om terug te leveren aan het elektriciteitsnet.
- Een communicatiecontroller: de communicatiecontroller stelt het EOS in staat om te communiceren met externe systemen en netwerken. Dit omvat vaak het verzenden van informatie over de status van het EOS, het regelen van laad- en ontladprocessen op basis van externe commando's of signalen, en het rapporteren van gegevens aan monitoring- en beheersystemen.
- Behuizing: een EOS wordt meestal geïnstalleerd in een behuizing die is ontworpen om de componenten te beschermen en de veiligheid te waarborgen.
- Schakelapparatuur en Connectoren: deze onderdelen vergemakkelijken de verbinding tussen het EOS en het elektriciteitsnet, aangesloten apparaten of andere energiebronnen.
- Koelsysteem: aangezien batterijen warmte kunnen genereren tijdens het laden en ontladen, omvat een EOS vaak een koelsysteem om de temperatuur van de batterijen binnen de veilige grenzen te houden en de levensduur te verlengen. Dit geldt ook voor werktuigen. Deze kunnen ook koelsystemen bevatten.

Veiligheidsoverwegingen en richtlijnen

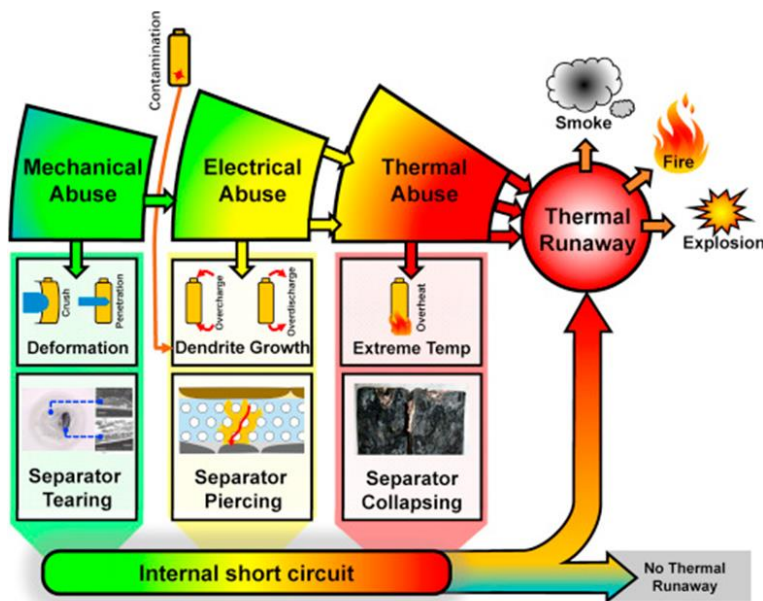
De veilige inzet van EOS in bouw- en infrastructuurprojecten is van belang voor zowel de werknemers als de omgeving. Potentiële risico's en gevaren moeten worden begrepen om adequate maatregelen te treffen. EOS'en kunnen brandgevaar opleveren als gevolg van bijvoorbeeld thermische reacties zoals een *thermal runaway*. Naast brandveiligheid en thermische reacties kunnen er nog andere risico's zijn voor werknemers bij het gebruik van energieopslagsystemen (EOS) in bouw- en

infrastructuurprojecten. Deze risico's dienen meegenomen te worden in de RI&E en worden uitgebreid beschreven in de PGS 37-1.

Mechanische risico's: bij het transport en de installatie van EOS'en kunnen er mechanische risico's ontstaan, zoals het vallen van zware apparatuur, bouwmatieel dat tegen de EOS aanrijdt, het kantelen van opslagcontainers en beknellingen tijdens het plaatsen.

Elektrische risico's: werken met een EOS brengt elektrische risico's met zich mee, zoals elektrocutie en kortsluiting. Onjuiste bediening, beschadigde bedrading of onveilige aansluitingen kunnen leiden tot gevaarlijke situaties.

Thermische risico's: door een EOS te zwaar te belasten tijdens extreme temperaturen nemen de risico's op een thermal runaway toe. Een goed BMS beschermt de batterij tegen deze gevaren.



Opslag en transport: het verplaatsen van EOS'en, vooral de mobiele varianten, kan uitdagingen met zich meebrengen zoals onstabiele ladingen, valgevaar en schade aan het systeem tijdens het transport.

Elektrische installatie

Zodra een energieopslagsysteem (EOS) geplaatst is, maakt deze deel uit van de bouwplaats installatie. Als zodanig moet de EOS voldoen aan dezelfde normen als de bouwplaats installatie. Bij het in gebruik nemen van een EOS op een bouwplaats kunnen zich verschillende situaties voordoen, afhankelijk van de beschikbaarheid van elektrische voorzieningen op de locatie. Hieronder worden de mogelijke scenario's beschreven:

Directe bouwaansluiting: indien een EOS direct kan worden gekoppeld aan het bestaande elektriciteitsnet, waardoor het systeem van stroom wordt voorzien en wordt opgeladen via de bouwaansluiting, is het van belang dat voldaan wordt aan de daarvoor geldende aansluitspecificaties. Deze naleving moet voorafgaand aan het in bedrijfstellen worden gecontroleerd en goedgekeurd door de verantwoordelijke installatieverantwoordelijke.

Off-Grid inzet: in sommige gevallen moet het EOS off-grid worden ingezet. Wat betekent dat het systeem volledig zelfvoorzienend is en geen externe stroombron nodig heeft. Dit kan nodig zijn op afgelegen bouwlocaties waar geen elektriciteitsvoorziening beschikbaar is of de maximale capaciteit

van het net bereikt is. Het EOS voorziet in dit geval in de elektriciteitsbehoefte van de bouwplaats door middel van opgeslagen energie.

Batterijbeheer en onderhoud

Zoals in het Arbeidsomstandighedenbesluit is omschreven dienen alle installaties welke door verplaatsing, montage of demontage risico's hebben, een opstellingsinspectie te ondergaan alvorens in gebruik te nemen.

In de PGS 37-1 en de NEN4288 wordt aangegeven dat een energieopslagsysteem minimaal jaarlijks wordt gecontroleerd.

De periodieke controle, die plaatsvindt conform de controle termijn zoals voorgeschreven is door de fabrikant, dient te worden gerespecteerd. Indien de fabrikant geen informatie geeft over de controle termijn dient een periode van 12 maanden gerespecteerd te worden. Tijdens deze periodieke controle moeten ten minste de volgende onderwerpen, mits van toepassing, aan bod komen:

- Inspectie aan de energiedragers en elektrische installatie (visueel + werking controleren);
- Visuele inspectie van de container (filters, uitwendige beschadigingen, druk ontlastvoorziening, enz.);
- Inspectie en service van de klimaatinstallatie en verwarming;
- Inspectie en service van de brandblusinstallatie;
- Inspectie en service van de omvormers en transformatoren.

Voor een mobiel energieopslagsysteem geldt, naast deze jaarlijkse controle, ook dat bij de plaatsing van het systeem op een bouwplaats of bij de terugkomst op een werf of depot, er een extra controle moet plaatsvinden. Een visuele inspectie is nodig om te toetsen of er (mechanische) schade door transport is ontstaan en of de juiste elektrische aansluiting(en) aanwezig is t.b.v. het doel waarvoor het EOS is geplaatst. Het EOS mag pas in gebruik worden genomen wanneer eventuele tekortkomingen zijn opgelost. Bij een visuele inspectie moet in een onderhoudsboek de reparaties van de tekortkomingen worden genoteerd.

De controle moet uitgevoerd worden door een aantoonbaar deskundig persoon, zoals omschreven in het Arbeidsomstandighedenbesluit.

Noodsituaties en ongevallen

In geval van een noodsituatie of een ongeval met een mobiel energieopslagsysteem (EOS), zowel op de bouwplaats als tijdens de opslag, dient het noodplan in werking te treden zoals beschreven in PGS 37-1. Als een EOS gedurende een periode van meer dan een jaar niet actief is geweest, zijn de specifieke procedures van PGS 37-2 van toepassing.

Ook dient de hoofdaannemer een RI&E en V&G plan opgesteld te hebben met betrekking tot deze risico's. Input van onderaannemers en de eigenaar van het materieelstuk is hiervoor van belang.

Het is van belang dat alle betrokkenen zich bewust zijn van de geldende noodprocedures en instructies die van toepassing zijn op de specifieke situatie, of deze zich nu voordoet op de bouwplaats, tijdens de

opslag of het transport. Het naleven van deze procedures is om noodsituaties en ongevallen op een veilige en doeltreffende manier aan te pakken, met als doel de bescherming van personen, eigendommen en het milieu.

3. Aankoop en onderhoud van elektrisch materieel

In dit hoofdstuk worden de stappen belicht die genomen dienen te worden bij de aanschaf van elektrisch materieel. De focus in dit hoofdstuk ligt voornamelijk op het identificeren van geschikt materieel, die voldoet aan de huidige veiligheidsnormen en milieu-eisen.

Daarnaast wordt er ingegaan op de noodzakelijke onderhoudsmaatregelen, die bijdragen aan de veilige inzet van elektrisch materieel gedurende de gehele levensduur.

3.1. Aankoop van elektrisch materieel

Bij de aankoop van elektrisch materieel staan de veiligheid, kwaliteit en conformiteit centraal. Een eerste stap is het controleren van de aanwezigheid van een EC-verklaring van overeenstemming, die de naleving van Europese richtlijnen en normen bevestigt.

Echter, de verklaring alleen volstaat niet. De eigenaar van het materieel, opdrachtgevers of de (hoofd)aannemer, dient actief te controleren of de bijbehorende documentatie en ondersteunende rapporten aanwezig zijn en de verklaring adequaat is onderbouwd.

3.1.1. Aankoop van elektrische bouwmachines

Deze paragraaf is gericht op de machineveiligheid en niet op de gebruiksveiligheid. De gebruiksveiligheid wordt behandeld in hoofdstuk 5. Wel wordt in deze paragraaf een opmerking gemaakt over de RI&E, ondanks dat deze primair gaat over gevaren die verband houden met gebruik.

Werkbehoeften en toepassingen: de werkbehoeften en toepassingen moeten geanalyseerd worden. Dit dient te gebeuren voordat het elektrisch bouw materieel wordt aanschaf. De taken en toepassingen van het materieel, moeten zorgvuldig overwogen worden. De technische informatie komt niet altijd overeen met de praktijk. Ook de omgeving waarin de machine wordt ingezet, dient bekeken te worden.

Certificering en normering: bij het kiezen van materieel, dient te worden gelet op aanwezigheid van de relevante certificeringen en veiligheidsnormen. Het materieel moet voldoen aan de Europese Machine Richtlijn (EMR) en de fabrikant moet een geldige EG verklaring van overeenstemming hebben afgegeven.

Risico-Inventarisatie en Evaluatie (RI&E): er moet een grondige RI&E uitgevoerd worden om potentiële gevaren te identificeren die verband houden met het gebruik van het materieel. Daarbij moet gedacht worden aan elektrische risico's, ergonomie, omgevingsfactoren en specifieke operationele risico's.

Documentatie en handleiding: er moet gecontroleerd worden of het materieel geleverd wordt met een uitgebreide documentatie en een gebruikershandleiding die beschikbaar is in de taal van de gebruiker. De handleiding moet duidelijke instructies bevatten voor veilig gebruik, onderhoud en noodprocedures.

Inspectie- en onderhoudsprocedures: de organisatie moet de vereiste inspectie- en onderhoudsprocedures voor het materieel implementeren en naleven.

Adequate training: er moet worden onderzocht of er voldoende training beschikbaar is voor de personen die het materieel gebruiken en bedienen. Zij dienen de vereiste bekwaamheid te hebben om het materieel veilig te gebruiken. Zie hoofdstuk 5 voor meer informatie over een adequate training.

Veiligheidsvoorzieningen: het materiaal moet gecontroleerd worden of het is uitgerust met de juiste veiligheidsvoorzieningen, zoals omschreven in het onderhouds- of bedieningsvoorschrift.

Verantwoordelijkheden: de verantwoordelijkheden met betrekking tot de veiligheid van het materieel moeten duidelijk toegewezen worden aan de organisatie, inclusief wie verantwoordelijk is voor inspecties, onderhoud en het naleven van veiligheidsvoorschriften.

Garantie en serviceondersteuning: de garantievoorzieningen en de beschikbaarheid van serviceondersteuning voor het materieel moet uitgezocht worden.

3.1.2. Aankoop van laadinfrastructuur

Dit hoofdstuk richt zich op de veiligheidsaspecten van de aanschaf van laadinfrastructuur voor elektrische mobiele werktuigen. Er wordt dieper ingegaan op de overwegingen die moeten worden gemaakt, bij het selecteren van de juiste laadapparatuur en het waarborgen van de compatibiliteit en veiligheid.

Voordat laadinfrastructuur geïmplementeerd wordt, moet er een gedetailleerde risicobeoordeling uitgevoerd worden. Daarbij is het van belang om rekening te houden met risico's zoals elektrische gevaren, omgevingsfactoren en specifieke operationele risico's. De laadinfrastructuur moet geleverd worden met uitgebreide documentatie en een gebruikershandleiding die beschikbaar is in de taal van de gebruiker. Deze handleiding moet duidelijke instructies bevatten voor veilig gebruik, onderhoud en noodprocedures.

De verantwoordelijkheden binnen de organisatie moeten duidelijk toegewezen worden, met betrekking tot de veiligheid en het onderhoud van de laadinfrastructuur. Inclusief wie verantwoordelijk is voor inspecties en naleving van veiligheidsvoorschriften.

Voor kleine- en middelgrote elektrische mobiele werktuigen is de AC-laadtechnologie, ook wel bekend als "Mode 3 laden", meestal afdoende. In hoofdstuk 4.3 zal een gedetailleerde toelichting worden gegeven op deze specifieke laadmethode. In overeenstemming met de Europese wetgeving, die sinds april 2014 van kracht is, is Type 2 de Europese standaardconnector voor laadinfrastructuur. Bij de aankoop van de machine moet worden beschreven welk type verbinding er geleverd dient te worden. Het toevoegen van andere verbindingen op de geleverde stekkers, is niet wenselijk.

Voor elektrische mobiele werktuigen van middelgrote- en grote omvang wordt het aanbevolen om gebruik te maken van de DC-laadtechnologie, ook wel bekend als "Mode 4 laden." In hoofdstuk 4.3 zal er uitgebreid aandacht worden besteed aan deze specifieke laadmethode. Het gebruik van de DC-laadtechnologie gebeurt met behulp van een CCS-2 connector.

Het is belangrijk op te merken dat bekabelde laadsessies met een hoger vermogen dan 200 kW per definitie uitgevoerd dienen te worden met een kabel die is voorzien van vloeistofkoeling (liquid cooled kabel). De fabrikant bepaalt zelf of lagere vermogens ook voorzien worden van vloeistofkoeling.

Bij de aanschaf van DC-laadinfrastructuur is het belangrijk om de Basisset DC laadinfrastructuur NKL in overweging te nemen. Er moet gezorgd worden voor een duidelijke set gebruikersinstructies, vooral als de laadinfrastructuur wordt geïnstalleerd in een kwetsbare omgeving. Voorbeelden zijn: maatregelen zoals het netjes opbergen of oprollen van laadkabels en het voorzien van robuuste bescherming tegen aanrijdingen.

Verder is het verplicht om het laadsysteem rondom van robuuste bescherming te voorzien, zodat mobiele werktuigen of andere objecten het laadsysteem niet kunnen beschadigen. Hierdoor wordt de duurzaamheid en veiligheid van het laadsysteem gewaarborgd.

3.1.3. Aankoop van energieopslagsystemen

Het veilig inzetten van een EOS begint met de zorgvuldige aanschaf van het systeem. Waarbij er nauwkeurig de juiste configuratie, batterijchemie, omvormers en andere componenten geselecteerd moeten worden, die allemaal van invloed zijn op de veiligheidskenmerken van het systeem.

Voordat een EOS geïmplementeerd wordt, dient een RI&E uitgevoerd te worden. Hierbij moet worden gedacht aan potentiële gevaren, zoals elektrische risico's, omgevingsfactoren zoals ondergrond voor EOS en specifieke operationele risico's die relevant zijn voor het systeem. Het EOS moet worden geleverd met uitgebreide documentatie en een gebruiksvriendelijke handleiding, die beschikbaar is in de taal van de gebruiker. Deze handleiding dient heldere instructies te bevatten voor veilig gebruik, onderhoudsrichtlijnen en procedures voor noodsituaties.

Daarnaast is het noodzakelijk te vragen om een EG-verklaring van overeenstemming en een onderbouwing van dit certificaat. In hoofdstuk 4.1 'Aankoop van elektrisch materieel' staat beschreven waar de aankoop van elektrisch materieel minimaal aan moet voldoen. Daarnaast is het aan te raden te toetsen of het EOS voldoet aan de PGS 37.1.

De inspectie- en onderhoudsprocedures moeten geïmplementeerd worden: het is van belang om ervoor te zorgen dat de organisatie de nodige inspectie- en onderhoudsprocedures voor het EOS implementeert en strikt opvolgt.

Verantwoordelijkheden duidelijk aangeven: wijs binnen de organisatie duidelijk de verantwoordelijkheden toe met betrekking tot de veiligheid en het beheer van het EOS, inclusief het aanduiden van verantwoordelijken voor inspecties, onderhoud en het naleven van veiligheidsvoorschriften.

3.2. Onderhoud van elektrisch materieel

Goed onderhoud van het elektrisch materieel zorgt voor van een veilige, betrouwbare en efficiënte werking. Het is raadzaam om voor het elektrische mobiele werktuig een onderhoudsplan op te stellen, in overeenstemming met de documentatie van de fabrikant en de bijbehorende instructies die zijn verstrekt.

Een minimaal onderhoudsplan voor een elektrisch mobiel werktuig zou moeten bestaan uit:

- Een duidelijk schema voor routinematig onderhoud. Dit schema moet in overeenstemming zijn met de aanbevelingen van de fabrikant;
- Een hoofdstuk over het monitoren en onderhouden van de batterij specifiek voor elektrische werktuigen. Inclusief het controleren van de laadstatus, het schoonhouden van de aansluitingen en het opvolgen van de aanbevolen laad- en ontladingsprocedures. Onder elektrisch materieel wordt ook een verwisselbare batterij verstaan, niet een EOS, maar een batterij voorzien van een separaat en live BMS.
- Gedetailleerde records van alle inspecties, onderhoudsactiviteiten en eventuele reparaties. Deze documentatie is van belang voor het traceerbaarheid en de garantieaanspraken.

3.3. Onderhoud van laadinfrastructuur

Een Mode 3 laadstation (AC laadpaal) is in de basis ontwikkeld voor stationaire toepassingen waarbij een eenmalige installatie plaatsvindt. Bij deze laadstations is over het algemeen weinig onderhoud

nodig. Bij projectgebruik van deze apparatuur is frequente controle op eventuele (kleine) schades of bovenmatige slijtage nodig. Vanwege de hoge doorvoerstromen kunnen kleine schades tot grote veiligheidsissues leiden. Daarom moet er maandelijks een visuele inspectie, van zowel de socket als de laadkabel, uitgevoerd worden om eventuele beschadigingen te detecteren. Daarnaast is het van belang om gebruikers te attenderen op het uitvoeren van een visuele controle van zowel de socket als de plug van de laadkabel op vuil, vocht of zand vóór aanvang van een laadsessie.

Mocht een gebruiker tijdens deze inspectie dergelijke verontreinigingen opmerken, dan is het advies het laadsysteem niet te gebruiken en in plaats daarvan een bevoegd persoon te vragen om het systeem grondig te reinigen voordat het weer in werking wordt gesteld. Deze eenvoudige maar effectieve stappen kunnen bijdragen aan de betrouwbare werking en veiligheid van het laadstation.

Een Mode 4 laadstation vereist jaarlijks onderhoud vanwege het (lucht en/of vloeistof) koelsysteem en het bijbehorende filtersysteem. Dit dient jaarlijks te worden schoongemaakt volgens de fabrikantenvoorschriften. Voer maandelijks een visuele inspectie uit van de laadkabel om eventuele beschadigingen tijdig te signaleren.

Daarnaast is het van belang dat gebruikers voor elke laadsessie de laadkabel, CCS2-stekker en voedingszijde visueel controleren op vuil, vocht of zand. Indien dergelijke verontreinigingen worden opgemerkt, wordt het aanbevolen om het laadsysteem niet te gebruiken en in plaats daarvan een bevoegd persoon te raadplegen voor een grondige reiniging voordat het weer in bedrijf wordt gesteld. Het regelmatig uitvoeren van deze eenvoudige maar cruciale stappen, draagt aanzienlijk bij aan de betrouwbare werking en veiligheid van het laadstation.

De voorschriften van de fabrikant moeten primair worden gevolgd en kunnen aangevuld worden met de adviezen die hierboven genoemd zijn.

3.4. Onderhoud van energieopslagsystemen

Het onderhoud aan energieopslagsystemen moet strikt worden uitgevoerd in overeenstemming met de voorschriften zoals uiteengezet in de PGS 37-1.

Een EOS moet periodiek, minimaal jaarlijks gecontroleerd worden. Tijdens deze periodieke controle moeten tenminste de volgende onderwerpen, mits van toepassing, aan bod komen:

- Inspectie aan de energiedragers en elektrische installatie (visueel + werking controleren);
- Visuele inspectie van de container (filters, uitwendige beschadigingen druk ontlastvoorziening, etc);
- Inspectie en service van de klimaatinstallatie en verwarming;
- Inspectie en service van de brandblusinstallatie;
- Inspectie en service van de omvormers en transformatoren.

4. Veiligheids- en trainingsinstructies

Volgens artikel 4.2.101 van de NEN3140 moeten personen worden aangewezen door, of namens, de hoogste verantwoordelijke in de organisatie voor de naleving van de Arbeidsomstandighedenwet. Dit geldt zowel voor de elektrische installaties als het elektrisch materieel. Hierbinnen zijn drie gradaties te definiëren.

4.1. Aanwijsbeleid medewerkers t.b.v. elektrische installatie

- WV Werkverantwoordelijke: de WV is verantwoordelijk voor de algehele veiligheid en coördinatie van werkzaamheden aan of in de nabijheid van elektrische installaties binnen een organisatie. Deze persoon zorgt voor de planning, voorbereiding en toezicht op de uitvoering van werkzaamheden, waarbij strikt wordt toegezien op de naleving van veiligheidsnormen en -procedures. De WV stelt werkprocedures en veiligheidsmaatregelen op, zorgt voor de uitgifte van werkvergunningen en ziet toe op de juiste implementatie van veiligheidsvoorschriften. Daarnaast heeft de WV de autoriteit om werkzaamheden te stoppen wanneer de veiligheid in het geding komt. De WV werkt nauw samen met de Installatieverantwoordelijke (IV), Vakbekwaam Persoon (VP) en Voldoende Onderricht Persoon (VOP) om een veilige werkomgeving te garanderen en risico's tot een minimum te beperken.
- IV Installatieverantwoordelijke: de IV is verantwoordelijk voor de veiligheid van elektrische installaties binnen een organisatie. Deze persoon zorgt ervoor dat elektrische installaties voldoen aan de geldende normen en voorschriften. De IV heeft de taak om periodieke inspecties en controles uit te voeren, te zorgen voor het onderhoud van installaties en ervoor te zorgen dat medewerkers veilig met elektriciteit kunnen werken.
- VP Vakbekwaam Persoon: een VP is iemand die specifieke training en kennis heeft op het gebied van elektrische installaties. Deze persoon kan taken uitvoeren zoals het aansluiten van elektrische apparatuur, het onderhouden van elektrische systemen en het identificeren van mogelijke elektrische gevaren. Een VP werkt vaak onder toezicht van de IV.
- VOP Voldoende Onderricht Persoon: een VOP is iemand met de basiskennis van elektrische installaties, maar heeft niet dezelfde mate van gespecialiseerde training als een VP. Een VOP kan eenvoudige taken uitvoeren, zoals het vervangen van een stopcontact of lamp, maar mag geen complexe elektrische werkzaamheden uitvoeren zonder toezicht of begeleiding.

EOS heeft conform 4288 een eigen IV'er. Dit kan dezelfde zijn als de IV'er van de elektrische installatie op de bouw.

4.2. Aanwijsbeleid medewerkers t.b.v. elektrisch materieel

- Ev-WV Werkverantwoordelijke: in de context van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen verwijst een Werkverantwoordelijke naar een persoon die verantwoordelijk is voor het toezicht op en de coördinatie van werkzaamheden waarbij elektrische gevaren kunnen optreden. De Werkverantwoordelijke zorgt ervoor dat alle noodzakelijke veiligheidsmaatregelen worden genomen en dat de werkzaamheden volgens de juiste procedures worden uitgevoerd. Op deze manier wordt de veiligheid van werknemers en de integriteit van de elektrische installaties gewaarborgd.
- Ev-VP Vakbekwaam Persoon: een VP is iemand die grondige opleiding en expertise heeft in een specifiek vakgebied. In de context van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen wordt diegene vaak ingezet wanneer er gespecialiseerde kennis en vaardigheden vereist zijn, zoals het onderhoud en het vervangen van HV-componenten, enz. Een VP is in staat om complexere taken uit te voeren en beslissingen te nemen op basis van hun diepgaande kennis. Doorgaans zijn de medewerkers van de afdeling materieeldienst VP'ers.
- Ev-VOP Voldoende Onderricht Persoon: dit verwijst naar een persoon die door opleiding en ervaring over voldoende kennis beschikt om bepaalde taken veilig uit te voeren. In de context van elektrisch aangedreven mobiele werktuigen wordt een VOP ingezet om bepaalde eenvoudige werkzaamheden te verrichten die geen specifieke vakbekwaamheid vereisen, maar wel enige

kennis vragen van veiligheidsvoorschriften en procedures. Bijvoorbeeld: een VOP kan bepaalde taken uitvoeren onder toezicht van een deskundige.

Voorbeelden van werkzaamheden die passen bij de drie rollen zijn te vinden in bijlage K van de NEN 9140:2019.

4.3. Veiligheidsinstructies voor werknemers

In bijlage D van de NEN 9140 staat een globale aanwijspprocedure. In deze paragraaf komen enkele aandachtspunten aan bod.

Voor een medewerker ev-WV, ev-VP of ev-VOP dienen er door de werkgever criteria opgesteld te worden. Naast de criteria die de NEN 9140 stelt, kunnen er specifieke eisen zijn van de fabrikant van het elektrisch materieel. Bijvoorbeeld een product training of een periodieke herhaalcursus.

Nadat alle criteria is getoetst, kan de persoon worden aangewezen. De aanwijzing moet schriftelijk gebeuren. Het is niet voldoende om met een formulier de aanwijzing te regelen. De persoon die het aanwijzen doet, moet ervan overtuigd zijn dat de persoon die wordt aangewezen aan de voorwaarden voldoet. Ook de persoon die wordt aangewezen moet ervan overtuigd zijn dat hij aan de voorwaarden voldoet en dat hij de noodzakelijke bevoegdheden en middelen ter beschikking heeft gekregen.

Naast de standaard zaken als naam, personeelsnummer, welke aanwijzing je krijgt en voor welk apparaat (of spanningsniveau) het is, heeft de aanwijzing een begindatum, een einddatum en soms ontbindende voorwaarden. Er zijn werkgevers die stellen dat de aanwijzing verloopt als je een vooraf afgesproken periode geen werkzaamheden aan het materieel hebt verricht. Aanwijzingen zijn vaak ook materieel specifiek. Ook kan een aanwijzing vervallen als de her-instructie termijn is verlopen.

5. Rollen en verantwoordelijkheden

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de verschillende rollen en verantwoordelijkheden rond elektrisch materieel. Goed om te weten, is dat het niet in elke situatie hetzelfde is of hoeft te zijn. Uw rol als opdrachtgever kan verschillen, bijvoorbeeld wat betreft de algemene verantwoordelijkheid voor het gebruik van de laadvoorzieningen. Ook is er geen voorschrift voor bijvoorbeeld het uitgeven van speciale laadpassen voor bouwwerkzaamheden of adapters voor het koppelen van apparatuur aan de laadvoorzieningen: dat is aan u als opdrachtgever om te kiezen.

1. Machinist:

- Verantwoordelijk voor het veilig en efficiënt bedienen van de elektrische bouwmachines.
- Voert regelmatige controles uit bij het opstarten en na het aansluiten van de batterij.
- Verantwoordelijk voor het aan- en afpikken van wisselbatterijen.
- Sluit laadinfrastructuur aan op de machine.
- Moet voldoen aan relevante veiligheidsnormen, zoals NEN 3140, en de vereiste opleidingen volgen.

2. Service Monteur:

- Verantwoordelijk voor onderhoud en reparaties aan de elektrische machines en laadinfrastructuur.
- Zorgt voor uit bedrijf nemen en overdracht na reparatie.
- Moet voldoen aan veiligheidsnormen en specifieke procedures voor reparaties volgen.

3. First and second responders in geval van nood:

- Verantwoordelijk voor het verlenen van eerste hulp en het coördineren van noodevacuaties op de bouwplaats.
- Toegang tot crash recovery systemen

4. Chargepoint Operator (CPO):
 - Exploitant van de laadvoorzieningen op de bouwplaats.
 - Verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de laadpunten en de levering van elektriciteit.
 - Moet voldoen aan alle regelgeving met betrekking tot laadinfrastructuur.
5. Leverancier van Laadpalen:
 - Verantwoordelijk voor het leveren en installeren van de laadpalen op de bouwplaats.
6. Leverancier van Batterijen:
 - Verantwoordelijk voor het leveren van de batterijen voor de elektrische machines.
 - Kan verantwoordelijk zijn voor het controleren van beschadigingen na incidenten.
7. Leverancier van Bouwmaterieel:
 - Verantwoordelijk voor het leveren en onderhouden van het elektrische bouwmaterieel.
8. Werkgever:
 - Verantwoordelijk voor aanwijzen van deskundige werknemers.
 - Aangewezen deskundige om toezicht te houden op de implementatie van emissieloze bouwpraktijken op de bouwplaats.
9. KAM Medewerker (RI&E):
 - Verantwoordelijk voor het uitvoeren van de Risico-Inventarisatie en -Evaluatie (RI&E) voor de bouwplaats.
10. Bedrijfshulpverleners (BHV) en Bedrijfsdeskundigen:
 - Getraind personeel dat eerste hulp verleent en optreedt bij calamiteiten.
 - Kunnen ook worden betrokken bij het beoordelen van veiligheidsprocedures.
11. V&G Functionaris:
 - Verantwoordelijk voor de veiligheids- en gezondheidsaspecten op de bouwplaats, waaronder de naleving van veiligheidsvoorschriften.
12. Installatieverantwoordelijke van de BouwPlaatsInstallatie:
 - Verantwoordelijk voor de veilige aansluiting van de laadinfrastructuur en elektrische machines.
13. Bouwplaats Engineer:
 - Verantwoordelijk voor het ontwerp en de planning van de bouwplaats, inclusief de inrichting van laadvoorzieningen.
14. Uitvoerder:
 - Leidt de dagelijkse activiteiten op de bouwplaats, waaronder het toezicht op het juiste gebruik van elektrische machines.
15. Projectleider:
 - Verantwoordelijk voor de algehele coördinatie van het bouwproject, inclusief de implementatie van emissieloze bouwpraktijken.
16. Hoger of Middelbaar Veiligheidskundige:
 - Adviseert over veiligheidsaspecten en kan betrokken zijn bij het opstellen van V&G deelplannen.
17. Chauffeur van Wissel- en Transportbatterijen:
 - Verantwoordelijk voor het veilig vervoeren en wisselen van batterijen op de bouwplaats.
18. Bouwplaats Installateur:
 - Verantwoordelijk voor de installatie en aansluiting van elektrische machines en laadinfrastructuur.

Deze rollen en verantwoordelijkheden moeten worden vastgelegd en gecommuniceerd binnen het bouwproject, zodat iedereen op de bouwplaats op de hoogte is van zijn of haar verantwoordelijkheden met betrekking tot emissieloze bouwpraktijken.

Bijlage A Elektrificeren in de bouw

Opbouw elektrisch materieel

Elektrisch aangedreven mobiele werktuigen zijn er in meerdere soorten en maten. Van volledig hybride (HEV) via plug-in hybride (PHEV) naar volledig elektrisch (BEV). Een hybride elektrisch aangedreven mobiele werktuig zonder connector, laadt de accu door rem-energie (bijvoorbeeld het zwenken van een kraan of remmen tijdens het rijden) om te zetten naar elektrische energie voor het accupakket. Het accupakket wordt verder opgeladen met de brandstofmotor. De brandstofmotor kan ook vervangen zijn voor een elektromotor, die gevoed wordt met een brandstofcel die waterstof als brandstof heeft. Dit noemen we ook een hybride werktuig (afkorting FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle).

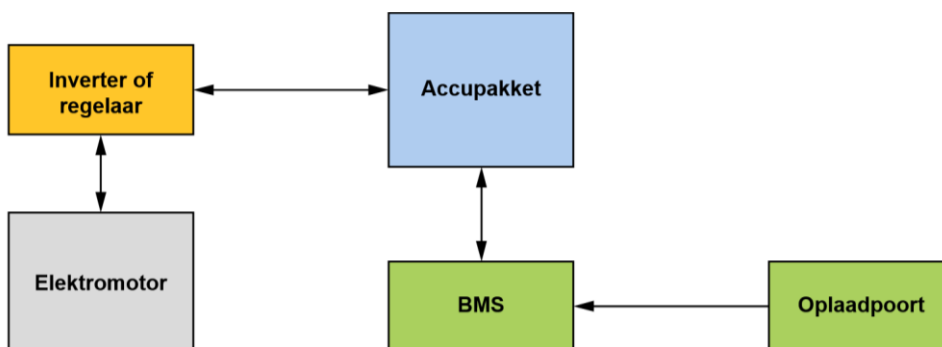
In hoofdlijnen zijn er twee soorten elektrisch materieel: elektrisch materieel met een enkel elektrisch systeem of een dubbel elektrisch systeem. Een enkel elektrisch systeem (bijvoorbeeld een trilplaat of een kleine graafmachine) heeft een accu systeem voor zowel de elektrische functies van het apparaat als de elektronica. Een dubbel elektrisch systeem bestaat uit een zogenoemd hoogvolt (HV) systeem en een systeem op de 12/24 VDC boord accu. Het HV-systeem is een typisch onderdeel van de aandrijving en/of de elektrische tractie installatie.

Elektrische functies

- *Verplaatsing van het mobiele werktuig in zijn geheel (mobiliteit van plaats A naar plaats B)*
- *Zwenken en draaien van een deel van het mobiele werktuig (mobiliteit voor het uitvoeren van de functie van het werktuig)*
- *Speciale functies zoals graven, hijsen, heffen, verdichten (het werkdoel van het werktuig)*

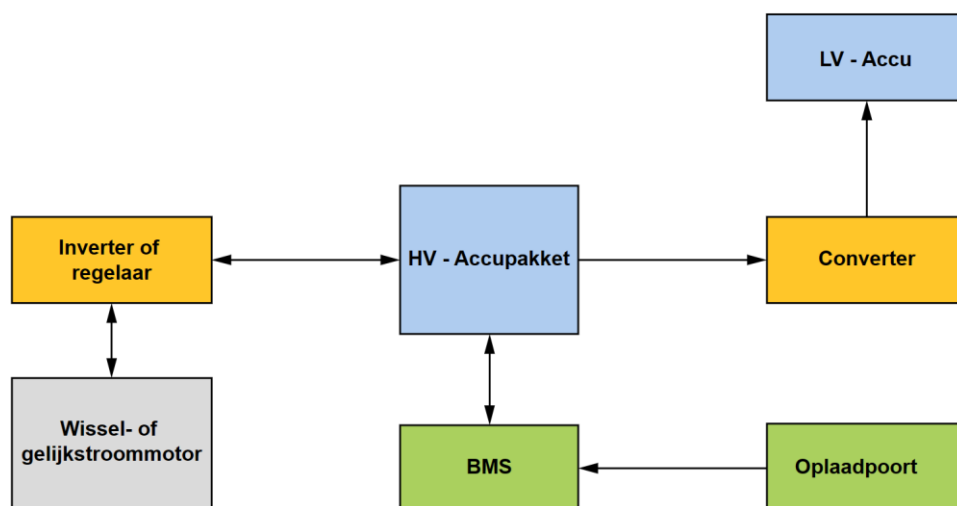
Een hoofdindeling voor de opbouw van een elektrisch aangedreven werktuig met een dubbel elektrisch systeem staat hieronder opgesomd. Een aantal componenten binnen deze hoofdindeling voor de richtlijn worden in dit hoofdstuk verder toegelicht:

- Oplaadpoort
- HV-accupakket
- LV-accu
- Elektromotor (wissel- of gelijkstroom)
- Omvormer/Inverter
- Inverter of regelaar
- Batterij Management Systeem (BMS)



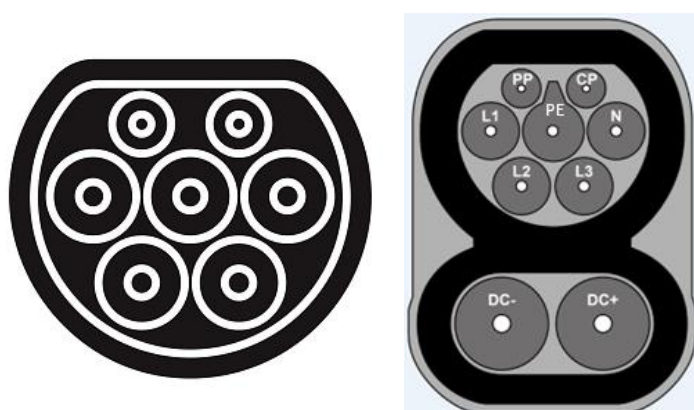
Figuur 1 basisschema componenten materieel met enkel elektrisch systeem

De componenten die in Figuur 1 en 2 staan genoemd, vormen de basis van een elektrisch aangedreven systeem. Voor een wisselstroommotor wordt een *inverter* toegepast. Voor een gelijkstroommotor wordt een regelaar gebruikt. Elektrisch materieel met een enkel elektrisch systeem (zoals kleine elektrische heftrucks) hebben geen hoog voltage systeem. Het accupakket bestaat uit loodzuur- of lithiumbatterijen met een maximale spanning van 120 VDC.



Figuur 2 basisschema componenten elektrisch aangedreven mobiel werktuig met een dubbel elektrisch systeem

Een elektrisch aangedreven mobiel werktuig kan worden geladen met wisselspanning en gelijkspanning. De meest voorkomende oplaadpoort in Europa is de "CCS" poort. CCS staat voor 'Combined Charging System'. Het belangrijkste aan deze poort is dat het een poort is voor zowel AC-laden met de on-board charger als DC-laden met een externe lader. Bij het laden met de on-board charger gebruikt de laadkabel alleen het bovenste deel van de connector, dus de PP en CP (dit zijn communicatiepoorten), L1, L2, L3, N en de middelste pin (de aarding). L1, L2 en L3 zijn de benamingen van een driefase AC-systeem.



Bij het laden met een externe DC-lader past een laadconnector over de hele laadpoort. Deze laadconnector heeft echter alleen aansluitingen voor de DC-, DC+, PP, CP en de aarding PE.

HV-accupakket

Het accupakket zorgt ervoor dat er energie kan worden geleverd aan de elektromotor. Het is een zogenaamde HV-accu, of hoogvoltbatterij. Huidige HV-accu's leveren een gelijkspanning van 400 tot

800 V. De verwachting is dat dit in de toekomst nog hoger wordt. Vaak dient de HV-accu door middel van een omvormer weer als oplader voor de LV-accu (zoals de dynamo dat doet in een werktuig met een verbrandingsmotor).

ELV-accu

Net als in een werktuig met een verbrandingsmotor is er ook een accu die onder andere zorgt voor het starten van de systemen. Deze accu voorziet bijvoorbeeld de verlichting en ruitenwissermotor van stroom. Dat is een accu met een laag voltage (12 of 24 Volt DC).

Elektromotor

De elektromotoren zijn naast het accupakket de belangrijkste componenten in een elektrische aandrijving. De elektrische energie vanuit het HV-accupakket wordt omgezet in mechanische energie, om het werktuig te kunnen laten bewegen. Omdat een elektromotor over zijn hele werkgebied (bijna) hetzelfde vermogen/koppel kan leveren, is er geen versnellingsbak nodig zoals bij een verbrandingsmotor.

De elektromotor verbruikt niet alleen elektriciteit. Het kan ook elektriciteit opwekken. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij het remmen. Door tijdens het remmen de energie te onttrekken van de draaiende wielen en die energie weer terug te voeren naar de HV-accu, wordt een deel van de gebruikte energie weer teruggewonnen. Dit terugwinnen van energie heet ook wel regenereren. Werktuigen kunnen **niet** regenereren als de accu vol zit.

Laadvarianten

De meeste werktuigen hebben vaste accu's. Dit houdt in dat de accu's tijdens het laden in het voertuig blijven zitten.

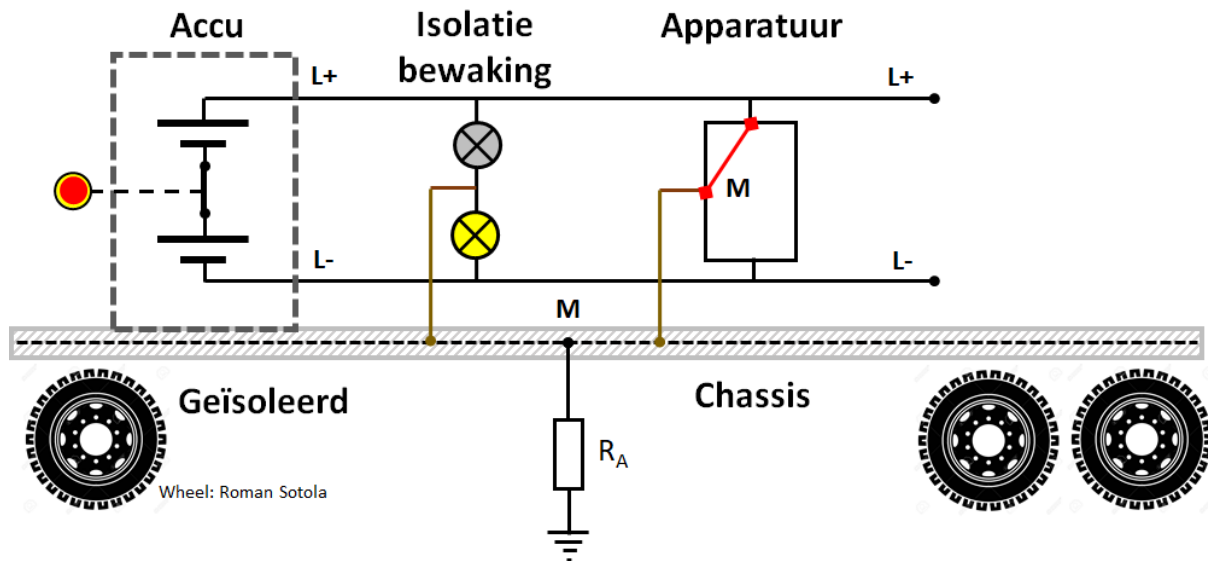
Echter zijn er ook werktuigen met verwisselbare accu's. Deze werktuigen worden voorzien van wisselaccu's die op een andere locatie buiten het werktuig geladen kunnen worden.

Ook zijn er werktuigen waarbij de accu's zowel zelf in het werktuig geladen kunnen worden, als gewisseld kunnen worden voor een volle accu.



Isolatiewachter

In tegenstelling tot een huisinstallatie hebben mobiele accusystemen geen aardlekschakelaar. Een aardlekschakelaar beschermt bij een huisinstallatie tegen potentieel dodelijke lekstromen. Een aardlekschakelaar is geen mogelijkheid bij een mobiel werktuig. Het elektrische systeem is namelijk niet verbonden met aarde. Om gevaarlijke situaties in mobiele toepassingen te voorkomen, is een isolatiewachter noodzakelijk. Hiermee wordt het systeem beveiligd tegen een lek ten opzichte van het frame (ofwel massa) van het mobiele werktuig. Als er werkzaamheden moeten worden verricht aan een werktuig, dient het werktuig spanningsloos gemaakt te worden.



Figuur 1: Isolatiefout

In Figuur 1 is een isolatiefout weergegeven. Bij een isolatiefout ontstaat er een verbinding tussen de aansluiting van de voeding en het chassis. Mocht een persoon in contact staan met het chassis, dan zou hij bij het aanraken van de andere aansluiting van de voeding een schok kunnen krijgen. Hij maakt immers deel uit van een circuit. Een isolatiewachter ziet voortijdig of er een ongewilde verbinding ontstaat met het chassis en schakelt de voeding uit. Door nu tussen de L+ (pluspool van het HV-accupakket) en L- (minpool) isolatiebewaking te plaatsen, voorkom je dat iemand onder spanning komt te staan. Het voorkomt ook ongewilde ontlading van het accupakket.

Laadproces elektrisch materieel

Hoe vol een accu is wordt uitgedrukt in het zogenoemde "state of charge" (SoC). Als een accu halfvol is, is de SoC 50%. Om een accu te laden moet de lader eerst weten wat het spanningsniveau van de accu is. Bij een lithium accu bied je eerst stroom aan (Constant Current) en daarna, rond de 80% SoC, is de maximale batterijspanning bereikt en gaat het systeem over naar een Constant Voltage. Hierbij blijft de maximale batterijspanning gehanteerd en zal de stroom langzaam afnemen totdat er een stopstroom is bereikt.

De spanning van een LiFePO4 batterij kan overigens niet gebruikt worden om de SoC te bepalen omdat de spanningscurve tijdens het opladen of ontladen te vlak is.

AC laden

Bij het laden van een mobiel werktuig op wisselspanning wordt gebruikt gemaakt van de lader aan boord van het werktuig. Ook wel de OBC (on-board charger) genoemd. Het maximale laadvermogen van deze on-board charger is vaak 11, 22 of 43 kW, met respectievelijk 16, 32 of 63 ampère per fase. De externe laadpaal wordt aangesloten op het werktuig. Vervolgens start het laadproces. Het laadproces wordt gecontroleerd en gemanaged door het *battery management system* (BMS). Het BMS zorgt ervoor dat de accu niet wordt overladen. Ook beperkt het BMS de energievraag als bijvoorbeeld het accupakket te warm is of bijna vol zit. Een groot nadeel van de on-board lader is het beperkte laadvermogen en de negatieve beïnvloeding van de *power quality* van het net. Dit komt omdat een on-board lader in tegenstelling tot een externe DC-lader, geen galvanische scheiding heeft. Ook vraagt de

on-board lader extra ruimte in het werktuig. Er is ook een risicotoename op defecten omdat de elektronica in de on-board lader blootgesteld wordt aan mechanische, elektrische en thermische invloeden. Voor grotere werktuigen wordt daarom uitsluitend gebruik gemaakt van externe laders op gelijkspanning.

DC laden

Bij het laden op gelijkspanning wordt er geladen met een externe lader die rechtstreeks op het accupakket aangesloten wordt. Via de CP en PP pinnen wordt de communicatie tussen het BMS en de lader gefaciliteerd. Het grootste voordeel van het laden met een externe DC-lader is het laadvermogen. Op dit moment is het mogelijk een externe lader te kopen met een laadvermogen van 400 kW. Het maximale laadvermogen wordt bepaald door het werktuig. Dit betekent dat een werktuig met een maximum laadvermogen van 50 kW prima op een 400 kW lader kan worden aangesloten. De communicatie tussen het BMS en de lader zorgt ervoor dat de lader niet meer kan leveren dan wat het werktuig aankan.

Het is belangrijk om te onthouden dat een lader niet gelimiteerd is op vermogen per se, maar op stroom. Een 400 kW lader zal bij een spanning van 1000 V maximaal 400 A leveren. Op het moment dat er een 760 V werktuig aan deze lader aangesloten wordt, zal het maximale laadvermogen (mits het werktuig dat aankan) niet boven de 304 kW komen.

Ook het temperatuurmanagement van het accupakket en de SoC van de batterij speelt hierin een grote rol. Het snelst wordt er geladen bij een accupakket met een lage SoC en voldoende celtemperatuur. Hoe voller het accupakket bij het starten van het laden, hoe lager de gehaalde laadsnelheid. Koude batterijen en hele warme batterijen laden ook langzamer.

Aansluiting elektriciteitsnet en daarbij behorende infrastructuur

Het is van belang om vast te leggen wanneer en hoe de werktuigen worden opgeladen.

Het begint met het maken van een schatting van het benodigde vermogen en het opstellen van een laadplanning. Het is niet zo dat elk werktuig voortdurend in gebruik is of constant aan het opladen is. Het plannen van het vermogen speelt een rol bij het realiseren van een bouwplaats zonder emissies.

Om te helpen bij het beoordelen van de behoefte aan vermogen bij bouwprojecten, heeft de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) een handige tool ontwikkeld. Bovendien is er op de website van het Emissie loos Netwerk Infra een vergelijkbare tool beschikbaar om de vermogensbehoefte in te schatten.

Andere aandachtspunten zijn:

- Type werktuig: vaste of wisselaccu's
- Verwachte gebruiksduur
- Laadlocatie ten opzichte van werktuigen/accu's; om te bepalen of er veel afstanden naar de lader gereden worden
- Maximaal vermogen lader versus werktuig (deze hoeven niet gelijk te zijn)
- Verwachte laadomstandigheden (temperatuur heeft grote invloed op laadsnelheid)

Bijlage B Wet en regelgeving

Deze bijlage geeft een overzicht van wet- en regelgeving, normen en andere richtlijnen. De context ontbreekt in deze bijlage, dat is in de voorgaande hoofdstukken behandeld. Deze bijlage heeft niet het doel om alle wet- en regelgeving op te sommen, maar de meest gebruikte wet- en regelgeving weer te geven.

Algemene eisen

- ADR:** “Accord Européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route” Het transport van gevaarlijke goederen over de weg valt onder de ADR-regelgeving. Inclusief lithiumbatterijen en batterijen die zijn ingebouwd in apparatuur, die over de openbare weg wordt vervoerd. Deze regelgeving is van toepassing op alle lithiumbatterijen, ongeacht hun vermogen of samenstelling.
- LEED-certificering:** In de bouwsector wordt de LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certificering gebruikt om de duurzaamheid en milieuvriendelijkheid van gebouwen en constructieprojecten te beoordelen. Hoewel dit voornamelijk gericht is op gebouwen, kan het gebruik van milieuvriendelijke bouwmachines een positieve rol spelen bij het behalen van LEED-certificering voor projecten.
- RfG** De Europese Netwerkkode RfG (“Requirements for Generators”) beschrijft een aantal eisen waaraan elektriciteitsproductie-eenheden moeten voldoen, wanneer ze aangesloten worden op het openbare elektriciteitsnetwerk. De eisen in de RfG gelden voor eenheden waarvan het belangrijkste onderdeel aangeschaft is na 27 april 2019.
- NEN3140** NEN 3140, gebaseerd op NEN-EN 50110 is een norm die voor Nederland alle relevante eisen voor laagspanningsinstallaties bevat. NEN 3140 is van toepassing op de bedrijfsvoering van elektrische installaties en apparatuur tot een nominale spanning van 1000 V wisselspanning en 1500 V gelijkspanning. GC-veiligheid.nl/

Eisen en normen voor elektrische mobiele werktuigen

- CE-markering
- Richtlijn 2006/42/EG (machinerichtlijn)
- Richtlijn 2014/30/EU (EMC-richtlijn)
- Richtlijn 2014-35-EU (laagspanningsrichtlijn)
- NEN-EN-IEC 60204-1 - Veiligheid van machines. Elektrische uitrusting van machines
- ISO 13849-1 - Veiligheid van machines. Veiligheid gerelateerde delen van besturingssystemen
- NEN 9140 - Veilig werken aan elektrische voertuigen
- UN ECE R10 - Uniforme voorschriften voor de goedkeuring van voertuigen wat hun elektromagnetische compatibiliteit betreft
- UN ECE R100 - Uniforme bepalingen voor de goedkeuring van voertuigen met betrekking tot specifieke eisen voor de elektrische aandrijflijn

Eisen en normen voor elektrische infrastructuur

- NEN-EN-IEC 61439 - Reeks laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen
- NEN 1010 (NEN-EN-IEC 60364)

- Netcode: specifiek voor wat betreft 2.13, de selectiviteit met betrekking tot de netbeheerder. In Nederland geldt dat alle systemen die vermogen terug leveren (boven de 800 watt), moeten voldoen aan de EN 50549-1 norm. Tenzij de omvormer op de lijst van goedgekeurde omvormers staat (lijst C10/11 van Synergrid). Deze lijst geldt voor omvormers met een vermogen van minder dan 1 megawatt (Type A).
- NEN-EN-IEC 61851 - Laden met mode 3 en 4
- De ISO 15118 reeks is een internationale standaard die de communicatie definieert voor het opladen of ontladen van elektrische voertuigen tussen het voertuig zelf en het elektrische netwerk.
- Aanvullend op NEN3140 de NEN 4288 bij batterijen

Eisen en normen voor laadinfrastructuur

- [Basisset DC laadinfrastructuur](#)
- [Handreiking en eisenset voor veilig gebruik openbare laadpalen in de bouw](#)
- Aanrijdbeveiliging om de laadinfrastructuur te beschermen.
- NEN 1010-722

Eisen en normen voor energieopslag

- PGS 37-1 en 37-2
- Richtlijn 2014/30/EU (EMC-richtlijn)
- Richtlijn 2014-35-EU (laagspanningsrichtlijn)
- IEC/EN 62619:2022 - Veiligheidseisen voor oplaadbare lithiumcellen en batterijen voor industriële toepassingen
- IEC/EN 63056:2020 - Veiligheidseisen voor oplaadbare lithium cellen en batterijen voor gebruik bij elektrische energieopslag