

Beoordelingsrichtlijn voor gemeentes voor de veiligheid van batterijwisselstations



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2023

Auteurs B. Riemersma, N. Rosmuller en T. Hessels
Contactpersoon B. Riemersma

Opdrachtgever Nationale Agenda Laadinfrastructuur
Contactpersoon Suzan Reitsma



Datum 10 oktober 2023

Foto cover ANP

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Inleiding | 4 |
| 1 | Veiligheid van Batterijwisselstations | 6 |
| 1.1 | Technische omschrijving van batterijwisselstations | 6 |
| 1.2 | Incidentenscenario's in en rondom batterijwisselstations | 7 |
| 2 | Bestaande kaders | 10 |
| 2.1 | PGS 37-1 | 10 |
| 2.2 | Batterijwisselstations voor de scheepvaart | 11 |
| 2.3 | Aanbevelingen DNV | 12 |
| 2.4 | Adviezen veiligheidsregio's | 14 |
| 3 | Opsomming van maatregelen in bestaande kaders | 16 |
| 4 | Beoordelingsrichtlijn Veiligheid Batterijwisselstations | 21 |
| 4.1 | Batterijwisselstraat | 21 |
| 4.2 | Batterijwisselsysteem | 22 |
| 4.3 | Batterijlaadsysteem | 22 |
| 4.4 | Batterijopslaglocatie | 24 |
| 4.5 | Algemeen | 24 |
| | Referenties | 25 |
| | Bijlage 1: Maatregelen PGS 37-1 | 26 |
| | Bijlage 2: Lijst met maatregelen concept PGS 37-1 | 28 |

Inleiding

Aanleiding

Het Nederlandse wagenpark elektrificeert. Elektrische voertuigen kunnen op verschillende manieren geladen worden. Wel bekend is de kabel tussen laadpaal en het voertuig waarbij energie via de kabel in de li-ion batterij wordt gestopt. Een andere, nog niet zo gangbare manier, is die van het verwisselen van de leeggereden li-ion batterij door een opgeladen (volle) li-ion batterij: het ‘swappen’ van de batterij.

Inmiddels zijn er al een aantal initiatieven om stations te ontwikkelen voor het omwisselen van batterijen, zogenaamde batterijwisselstations (BWSs). Natuurlijk moeten die aan bouw- en brandveiligheidseisen voldoen. Omdat dit concept zo nieuw is, ontbreken er echter criteria voor brandveiligheid en incidentbestrijding (DNV, 2023). Daarnaast kan het zijn dat er ook cyberrisico's mee gepaard gaan. Daar gaan we in deze rapportage niet nader op in.

Ondertussen zijn er partijen die dergelijke BWSs in Nederland realiseren, en waarvoor gemeentes de vergunningsaanvragen moeten beoordelen. Er is derhalve behoefte aan een veiligheidsbeoordelingskader dat gemeentes kunnen gebruiken bij hun beoordeling van dergelijke BWS-aanvragen. Een beoordelingskader helpt gemeentes bij hun inhoudelijke werk, zorgt voor voorspelbaarheid en objectiviteit bij de beoordeling, en uniformiteit tussen de verschillende gemeentes.

Doel en methode

Het doel van dit onderzoek is een richtlijn te ontwikkelen die gemeentes helpt om de veiligheid te beoordelen in nieuw aangevraagde vergunningen voor BWSs. Deze richtlijn behelst een aantal criteria waaraan een veilig BWS moet voldoen. Deze criteria kunnen zich richten op de preventie van ongevallen, en op de mogelijkheid tot het bestrijden hiervan. Een ‘nationale’ richtlijn voor het toetsen van nieuwe BWSs moet tevens een zekere mate van uniformiteit teweegbrengen bij de verwachte toename van vergunningaanvragen.

De beoordelingsrichtlijn is gebaseerd op literatuuronderzoek en de inhoud van vergunde omgevingsvergunningen voor BWSs. Het literatuuronderzoek omvat de bestaande PGS 37-1 richtlijn, vergelijkingen met rapporten over verwisselbare batterijen in de scheepvaart, alsook een rapport van DNV. De inhoud van gegunde omgevingsvergunningen is opgevraagd via de betrokken gemeentes en veiligheidsregio's. De analyse en synthese van deze bronnen hebben uiteindelijk tot deze beoordelingsrichtlijn geleid.

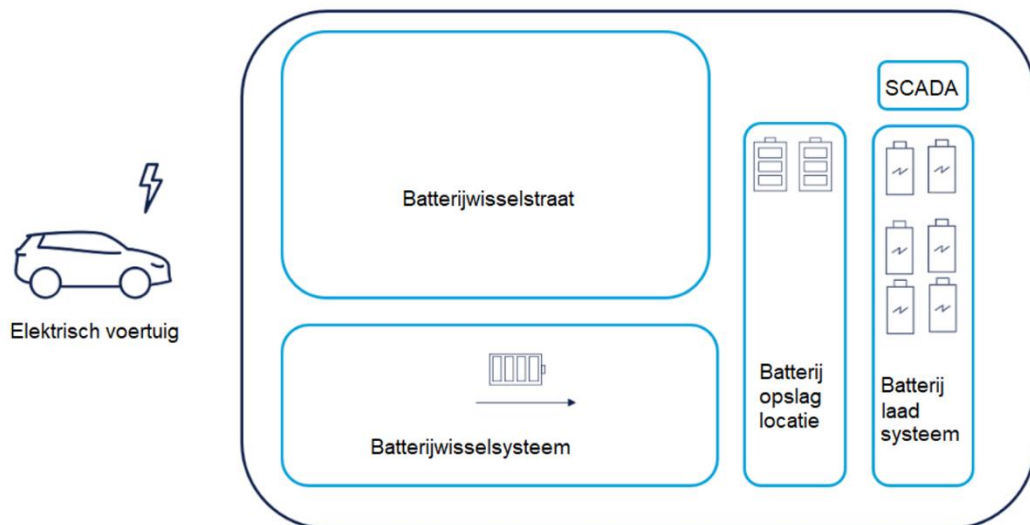
Leeswijzer

Hoofdstuk 1 beschrijft de batterijwisselstations en identificeert voor de hoofdcomponenten van een BWS mogelijke risico's. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de bestaande kaders die helpen bij het duiden van de veiligheid van BWSs. Deze kaders bestaan uit de PGS richtlijn 37-1 (paragraaf 2.1.), analoge veiligheidsrichtlijnen voor batterijwisselsystemen op binnenvaartschepen (paragraaf 2.2.), aanbevelingen over de veiligheid van BWSs uit het eerder genoemde rapport van DNV (paragraaf 2.3), en ten slotte bestaande omgevingsvergunningen uit reeds gerealiseerde BWSs in Nederland (paragraaf 2.4.). Hoofdstuk 3 ordent de opgedane informatie, en hoofdstuk 4 is het daadwerkelijke beoordelingskader.

1 Veiligheid van Batterijwisselstations

1.1 Technische omschrijving van batterijwisselstations

In batterijwisselstations worden autobatterijen volautomatisch gewisseld. Lege batterijen worden vervangen door opgeladen batterijen. Dit hoofdstuk schetst de componenten van een BWS (1.1.1.) en beschrijft het wisselproces (1.1.2.). Deze technische omschrijving is gebaseerd op een rapport van DNV (DNV, 2023). Dit rapport maakt onderscheid tussen een aantal basiscomponenten en processen die in huidige BWSs te vinden zijn. In Nederland zien we op het moment van schrijven (augustus 2023) een aantal BWSs van één uitbater: de Chinese autofabrikant NIO. Deze stations zullen in dit rapport af en toe ter illustratie gebruikt worden, maar de componenten en processen, alsook het veiligheidsbeoordelingskader, gelden ook voor toekomstige BWSs van andere aanbieders.



Figuur 1.1 Schematische weergave van een batterijwisselstation (DNV, 2023)

1.1.1 Basiscomponenten van een batterijwisselstation

De auto met chauffeur rijdt het BWS binnen in de *batterijwisselstraat*. In de wisselstraat wordt de auto gekoppeld aan het batterijwisselsysteem. De belangrijkste handelingen in de batterijwisselstraat zijn het ontkoppelen van de oude batterij, koppelen van de nieuwe batterij en het verifiëren van het elektrische voertuig.

Het *batterijwisselsysteem* transporteert de lege batterij van het aangesloten elektrische voertuig naar het batterijopslagsysteem, en de volle batterij andersom. Het wisselsysteem is dus verantwoordelijk voor correcte koppeling en ontkoppeling, maar ook voor het selecteren van de juiste lege oplaadplekken en de juiste volle batterijen.

De batterijen worden opgeladen in het *batterijlaadsysteem*. Dit systeem bestaat uit op elkaar gestapelde rekken waar meerdere batterijen tegelijkertijd kunnen worden opgeladen. Elk individueel laadstation is toegerust met een connector voor opladen, een batterijmanagementsysteem, hittemanagementsysteem en sensoren. Het laadsysteem kan zijn geïntegreerd met de *batterijopslaglocatie*. Deze opslaglocatie is waar volle batterijen worden opgeslagen totdat ze in een elektrisch voertuig komen.

Het BWS kan ook worden gebruikt voor energiehandel. De energie uit volle batterijen wordt dan verkocht aan het stroomnet wanneer de stroomprijzen hoog zijn, waarna de batterijen weer worden volgeladen bij lage stroomprijzen. Wanneer er sprake is van energiehandel, ligt het voor de hand dat het laad- en opslagsysteem van het BWS is geïntegreerd, omdat de batterijen te allen tijden beschikbaar moeten zijn voor laden en ontladen.

De automatiseringssysteem van het BWS staat bekend als het *supervisory control and data acquisition (SCADA)*. Hier worden alle batterijwissels gecoördineerd, en vindt eventuele coördinatie met het stroomnetwerk plaats.

1.1.2 Het wisselproces in een Batterijwisselstation

Het *wisselen* van de batterij bestaat uit een aantal handelingen, te beginnen met de aankomst van een elektrisch voertuig bij het BWS. Het voertuig wordt geparkeerd binnen een speciale zone. Het BWS identificeert het voertuig en kent het bepaalde eigenschappen toe die helpen om de juiste batterij te kiezen. Daarna wordt het voertuig (geautomatiseerd) de batterijwisselstraat ingereeden. Afhankelijk van het type BWS kunnen de inzittenden van het voertuig tijdens het wisselproces in het voertuig blijven zitten, of buiten het voertuig wachten. Het voertuig wordt vastgezet in het BWS. Vervolgens gaat de vloer onder het voertuig open, waarna een liftmechanisme omhoog komt dat het voertuig enkele centimeters optilt. Dan komt het batterijwisselsysteem omhoog; dit koppelt de gebruikte batterij los van het voertuig en plaatst deze tijdelijk in een ruimte onder de batterijwisselstraat. Het batterijwisselsysteem haalt vervolgens een volle batterij uit de batterijopslaglocatie en plaatst deze onder het voertuig (het docking mechanisme). Hierop zakt het liftmechanisme ook omlaag. Daarna sluit de vloer onder het voertuig. Het elektrische voertuig wordt opnieuw opgestart en voert een systeemcheck uit. Vervolgens wordt het voertuig vrijgemaakt uit het mechanisme, waarna de bestuurder zijn weg kan vervolgen. Als laatste wordt de gebruikte accu vanuit de tijdelijke ruimte onder de batterijwisselstraat naar de batterijopslaglocatie verplaatst, waar deze wordt opgeladen.

Het proces van batterijwissel bij NIO is te bekijken in deze video:

<https://www.youtube.com/watch?v=aBdQQxgxDrY>

1.2 Incidentenscenario's in en rondom batterijwisselstations

Voor de hoofdcomponenten die zijn genoemd in de vorige paragraaf worden hier een aantal mogelijke incidentenscenario's beschreven. We bekijken de mogelijke faaloorzaken en de gevolgen met name op kwalitatieve wijze. Kwantificering van kansen is vanwege de ontlukkende markt en de slechts zeer geringe aantallen BWSs niet betrouwbaar mogelijk. Voor de kwantificering van de gevolgen zoals temperatuur, hittestraling en toxiciteit van incidenten zou een aparte effect-modellering noodzakelijk zijn, hetgeen buiten deze opdracht valt.

1.2.1 Batterijwisselstraat

Scenario 1: Er kan brand ontstaan in de batterijwisselstraat. Mogelijke ontstekingsbronnen zijn de schakelkasten rondom de wisselstraat en het elektrisch voertuig (EV). Wanneer de brand zich uitbreidt, kan deze ook batterijen in het EV, in het batterijlaadsysteem of de batterijopslaglocatie doen ontvlammen, wat tot een thermal runaway kan leiden.

Scenario 2: Bestuurders en andere inzittenden van het EV kunnen opgesloten raken tijdens een incident. Autodeuren kunnen (automatisch) zijn vergrendeld, of de uitgang kan zijn geblokkeerd.

Intermezzo: thermal runaway

De thermal runaway is een faalmechanisme dat leidt tot zelfverhitting in een batterij(cel) en kan resulteren in brand (Colella et al., 2016). Batterijpakketten hebben allemaal hun eigen 'safety window' (veiligheidsmarge); wanneer condities hierbuiten komen, kan dit leiden tot het zichzelf opwarmen en veroorzaken van een thermal runaway (Hessels & Geertsema, 2023).

Een thermal runaway kenmerkt zich door een serie exothermische, thermochemische en elektrochemische kettingreacties. Hierbij ontstaan grote hoeveelheden rook, vonken en/of steekvlammen. De vrijkomende gassen die via overdrukventielen uit het batterijpakket worden geperst, zijn giftig, brandbaar en/of explosief (Larsson, 2017). De vrijkomende gassen kunnen ontstoken worden, waardoor er vlammen ontstaan. Wanneer de overdrukventielen de druk onvoldoende afvoeren, kunnen batterijcellen exploderen. Dit geldt eveneens voor een batterijpakket: indien batterijcellen in thermal runaway in een batterijpakket voor zo veel overdruk zorgen dat de druk uit het batterijpakket kan ontsnappen, kan het batterijpakket openbreken of exploderen.

De hitte in een batterijcel zorgt voor opwarming van naastgelegen cellen, waardoor deze ook bij de thermal runaway betrokken raken. Daarnaast kan een ophoping van de vrijkomende gassen in een besloten ruimte zorgen voor een gasexplosie (Li et al., 2020; Sun, Bisschop, Niu, & Huang, 2020). In geval van een BWS betekent dit dat de brand in een batterij kan leiden tot een langdurige brand met een zichzelf in stand houdende brandontwikkeling.

1.2.2 Batterijwisselsysteem

Scenario 3: Ontwerpfouten in of schade aan het batterijwisselsysteem kan de autobatterij beschadigen. Tijdens het koppel- en ontkoppelproces tussen de batterij en het docking mechanisme (van de auto of van het laadsysteem) kan de batterij schade oplopen. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van een verkeerde uitlijning tussen de batterij en het docking mechanisme en van slijtage van de connectoren, of wanneer het wisselsysteem de batterij laat vallen. Wanneer de batterij schade oploopt, kan dit er bijvoorbeeld voor zorgen dat er water, zout of stof binnendringt. Schade aan het batterijpakket of de batterijcellen verhoogt de kans op lekkage en brand.

Scenario 4: Tijdens het gebruik en het laden van de batterij wordt deze constant gekoeld. Daartoe wordt doorgaans een vloeibare koelvloeistof (koelsysteem) gebruikt. Dit koelsysteem wordt tegelijkertijd met de batterij ook gekoppeld en losgekoppeld in een BWS. Omdat er in een BWS sprake is van een hoge koppel- en loskoppelfrequentie, is het risico op lekkage hier groter dan bijvoorbeeld in een stationair energieopslagsysteem.

1.2.3 Batterijlaadsysteem

Scenario 5: De batterij kan oververhit raken tijdens het oplaadproces. Een defect koelsysteem kan hieraan ten grondslag liggen. Verder kan schade ontstaan door een slechte koppeling, zoals omschreven bij scenario 3, wat kan leiden tot oververhitting.

Oververhitting kan in het ergste geval leiden tot een thermal runaway. Bij de batterijbrand kunnen zeer toxische stoffen vrijkomen.¹

Scenario 6: Vroege waarschuwingssystemen kunnen niet adequaat zijn. Sensoren moeten kritische waarden in de gaten houden om scenario 5 te voorkomen. Zo moeten bijvoorbeeld temperatuur, voltage en elektrische lading continu worden gemonitord (DNV, 2023). Storing in deze monitoringssystemen kan ertoe leiden dat eventuele afwijkingen niet snel genoeg worden opgemerkt.

Scenario 7: Geïnstalleerde brandblussystemen kunnen niet adequaat zijn. Brand in een li-ion batterij is lastig te bestrijden (voetnoot 1). Te weinig of niet adequate brandblussystemen kunnen ervoor zorgen dat een beginnende batterijbrand overslaat op naburige batterijen, auto's of gebouwen.

Scenario 8: Gebrek aan ventilatie kan bij een incident zorgen voor een ophoping van brandbare en toxische rook en dampen, met eventueel een explosie tot gevolg.

1.2.4 Batterijopslaglocatie

Incidentenscenario's voor de batterijopslaglocatie zijn vergelijkbaar met die voor het batterijlaadsysteem.

1.2.5 Algemeen

Scenario 9: Het automatiseringssysteem (SCADA) kan uitvallen of worden gehackt.

¹ <https://scenarioboeken.nipv.nl/brand-in-opslag-van-li-ion-accus/>.

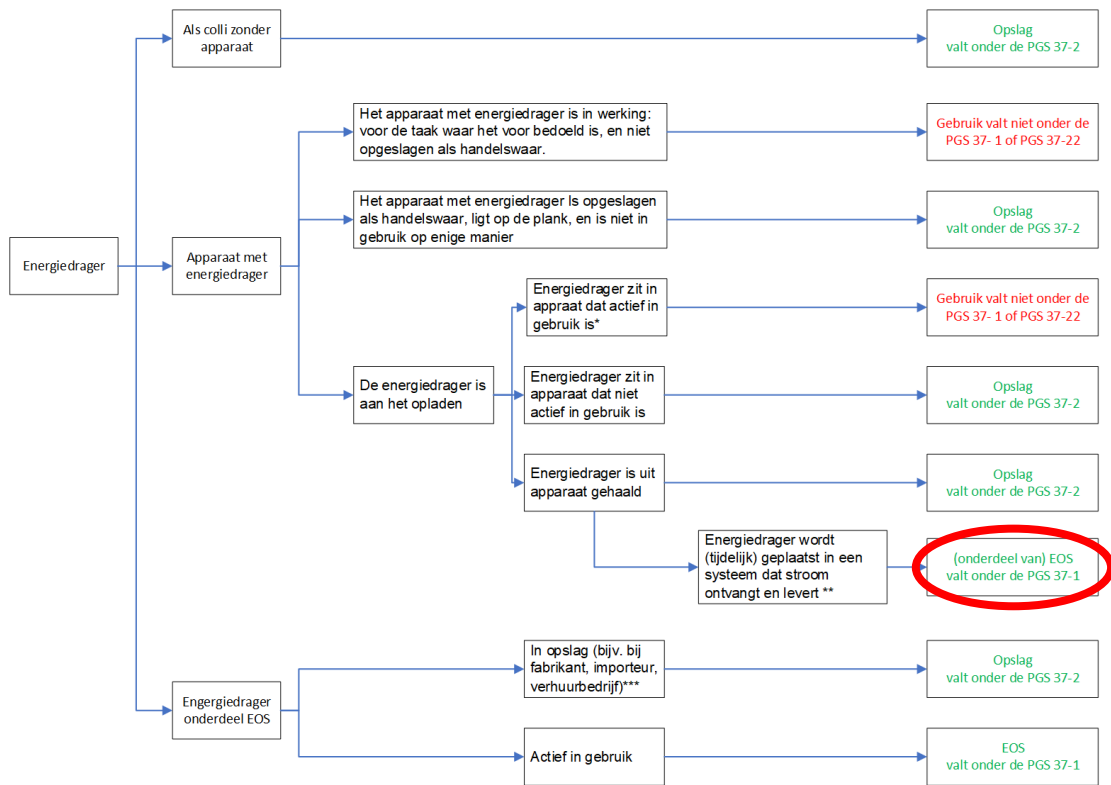
2 Bestaande kaders

2.1 PGS 37-1

In Nederland is Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 37-1 (PGS 37-1) de huidige richtlijn voor energieopslagsystemen (EOS'en). PGS 37-1 richt zich op lithium-houdende energiedragers die met elkaar zijn verbonden in een ruimte en die een opgeteld vermogen hebben van meer dan 20 kWh (Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, 2022). Batterijen als onderdeel van voertuigen zijn hierop uitgezonderd, tenzij ze gedemonteerd zijn uit een voertuig en daarmee onderdeel uitmaken van een EOS.

PGS 37 hanteert een stroomschema om te duiden of een EOS valt onder PGS 37-1 of PGS 37-2. PGS 37-2 betreft de opslag van losse li-ion batterijen in opslagruimtes kleiner dan 2500m². Dit stroomschema is weergegeven in Figuur 2.1. Wanneer we dit stroomschema volgen, zien we dat de verwisselbare accu's van voertuigen van oorsprong deel uitmaken van een apparaat. Tijdens het opladen in een BWS zijn de accu's uit het apparaat gehaald. Wanneer een BWS ook in staat is om stroom terug te leveren aan het net of een andere ontvanger, ziet PGS 37-1 deze accu's als onderdeel van een EOS. Dit betekent, dat PGS 37-1 van toepassing is op deze systemen. Dit is het geval bij het BWS van NIO. De BWSs vallen conform het stroomschema in figuur 2.1 onder de categorie Typical 1: zelfstandig EOS in aangepaste container (met de rode ellips weergegeven in Figuur 2.1).

PGS 37-1 heeft als doel vast te leggen met welke maatregelen (dat wil zeggen: de beste beschikbare technieken) de risico's van lithium-ion batterijen te beheersen zijn (Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, 2022). PGS 37-1 gebruikt daarvoor een risicobepaling die uitgaat van scenario's die zich in dergelijke systemen voor kunnen doen. Dit betekent dat de maatregelen die volgen uit PGS 37-1 typical 1 van toepassing zullen zijn op een BWS. De volledige lijst met te treffen (preventieve, repressieve en omgevings-) maatregelen is opgenomen in Bijlage 1: Maatregelen PGS 37-1.



* Toelichting: Voorbeelden van apparaten met energiedrager die actief in gebruik zijn, in werking zijn voor de taak waarvoor deze bedoeld zijn (genoemde voorbeelden zijn slechts ter illustratie):
 - handgereedschappen in gebruik door een monteur
 - het gebruik van een elektrische fiets of step in een heel groot magazijn
 - een laptop in gebruik tijdens een inspectie
 ** Door het (tijdelijk) plaatsen van energiedragers uit een apparaat, bijvoorbeeld autoaccu's, in een systeem dat stroom ontvangt en levert (aan het net of andere ontvanger), is de energiedrager onderdeel geworden van een EOS en is dus de PGS 37-1 van toepassing.
 *** Een EOS in opslag is niet aangesloten en in gebruik (maar wel gebruiksklaar) en is gedurende een periode van 72 uur of langer op de locatie aanwezig. Bij plaatsing van een EOS ten behoeve van een evenement is er geen sprake van opslag totdat het EOS in gebruik is genomen (dan geldt PGS 37-1). Uitgangspunt is dat het EOS niet ruim van te voren wordt geplaatst (evenementenlocatie is voor beperkte duur beschikbaar).

Figuur 2.1 Stroomschema PGS 37

2.2 Batterijwisselstations voor de scheepvaart

In de binnenvaart wordt er eveneens gebruikgemaakt van verwisselbare accusystemen (NIPV, 2022). Daarbij wordt gebruik gemaakt van batterijcontainers: dit zijn EOS'en in de vorm van zeecontainers die gevuld met energie op het schip worden getakeld en eenmaal leeg weer worden verwijderd en vervangen door een volle. De batterijcontainers worden op de wal opgeladen op een speciaal oplaadstation. Aan de wal kunnen deze EOS'en ook stroom leveren aan het elektriciteitsnetwerk, en zo bijvoorbeeld als buffer dienen wanneer de vraag naar energie hoog is. De omvang van de batterijsystemen varieert daarbij tussen de 500kWh en 2MWh per container.

Deze verwisselbare batterijcontainers dienen, gezien zij ook op land worden geplaatst, te voldoen aan PGS 37-1. De systemen die gebruikt worden in de binnenvaart hebben echter veelal een hoger veiligheidsniveau dan PGS 37-1, doordat ze moeten voldoen aan de classificaties zoals nodig geacht door de maritieme sector (NIPV, 2022). In de verwisselbare batterijcontainers die op dit moment in Nederland worden gebruikt, het ZES-pack systeem (zero emissie service), is een brandblussysteem op basis van schuim aanwezig (Wärtsilä Nederland, 2021). Dit systeem, dat als het incident lang duurt extern kan worden gevoed,

brengt schuim de individuele batterijracks in.² Daarnaast is er een ventilatiesysteem aanwezig dat bij een eventuele thermal runaway de gassen afvoert en zo tracht de concentratie gassen onder de lage explosielimiet te houden (LEL-lower explosion limit).

De verwisselbare EOS'en op schepen hebben daarmee een overeenkomst met de BWSs voor elektrische voertuigen: in beide gevallen, schip en voertuig, maken ze gebruik van verwisselbare accu's. Een groot verschil zit hem echter in het batterijvermogen dat is opgeslagen in deze systemen: in gangbare BWSs in Nederland liggen circa 10 tot 15 batterijen van elk circa 75 tot 150 kWh opgeslagen, met een maximale gezamenlijke capaciteit van 1300 kWh (1,3MWh) (DNV, 2023). Het vermogen van slechts een enkele batterij op een schip is (maximaal) 2 MWh, meer dus dan het totaal opgeslagen batterijvermogen van een BWS. Vanuit het oogpunt van systeemgrootte komen verwisselbare accu's van voertuigen en verwisselbare EOS'en op schepen evenmin overeen. Deze verwisselbare voertuigaccu's hebben immers een circa factor tien lager batterijvermogen dan verwisselbare EOS'en op schepen. Wel komen qua totaal batterijvermogen de verwisselbare EOS'en op schepen en BWSs overeen. Daarmee kunnen beide systemen op systeemniveau (BWS-EOS) met elkaar worden vergeleken als het gaat om brandveiligheidsmaatregelen.

Maatregelen die getroffen worden voor EOS'en op schepen die mogelijk kunnen worden toepast in een BSS zijn:

- > Ventilatie om rookgassen van een thermal runaway naar buiten af te voeren.
- > Een brandblussysteem op niveau van een auto-accu. Waar een scheepsvaart-EOS bestaat uit meerdere batterijracks, bestaat een BWSs uit meerdere auto-accu's. Indien het brandblussysteem uit een scheepsvaart-EOS analoog zou worden toepast in een BSS, zou dit betekenen dat er op niveau van een auto-accu een brandblussysteem moet kunnen ingrijpen.

2.3 Aanbevelingen DNV

DNV geeft een aantal generieke aanbevelingen ten behoeve van het borgen van veiligheid in en rondom BWSs. De aanbevelingen van DNV zijn met name gericht op brandpreventie.

- > Het batterijpakket in de auto moet voldoen aan een robuust ontwerp. Zoals duidelijk wordt uit paragraaf 1.2. begint een groot aantal incidentenscenario's met schade aan het batterijpakket. Batterijmodules en batterijcellen moeten derhalve goed zijn afgeschermd tegen externe invloeden, zodat lekkages en schades worden beperkt.
- > Kritische waarden van batterijpakketten in het BWS moet continu worden gemonitord. Dit geldt zowel voor pakketten die aan het laden zijn, als voor pakketten die slechts opgeslagen zijn. Waarden die moeten worden gemonitord zijn onder andere rook, koolmonoxide, temperatuur en waterstof.

Het monitoringssysteem moet zijn gekoppeld aan een waarschuwingssysteem dat bij een incident enerzijds automatische veiligheidssystemen in werking doet treden en anderzijds de exploitant van het BWS waarschuwt, zodat die eventueel verdere maatregelen kan nemen.

² Elk verwisselbaar EOS op schepen bevat meerdere batterijracks. Deze racks zijn weer opgebouwd uit meerdere batterijmodules.

- > Brandblussystemen moeten voorkomen dat brand vat krijgt op autobatterijen. Een goed batterijontwerp en interne waarschuwingssystemen verminderen de kans op een brand die ontstaat in de batterij, maar brand kan ook van buiten de batterij komen. Brandblussystemen kunnen branden bestrijden die ontstaan in de batterijwisselstraat, bijvoorbeeld rondom de schakelkasten, en ze kunnen vertragend werken bij branden die vanuit naastgelegen objecten optrekken richting het BWS. Brandblussystemen kunnen een batterij in thermal runaway niet blussen, maar er wel voor zorgen dat een brand de batterij niet bereikt voordat de hulpdiensten aanwezig zijn.
- > De systemen die batterijen koppelen en ontkoppelen van de auto en het oplaadstation moeten bestendig zijn tegen verschillende handelingen. Slijtage in de connectoren kan uiteindelijk leiden tot schade aan de batterij, en zo ook leiden tot foutieve uitlijning tussen de batterij en de auto of het laadstation. DNV geeft geen aanbevelingen over de specifieke voorwaarden of normeringen waar connectoren of aansturingssystemen aan moeten voldoen.
- > Brandisolatiemateriaal kan branden afremmen. DNV raadt aan om de een brandvertragende wand te installeren tussen de batterijwisselstraat en het opslag- en oplaadsysteem.
- > Ventilatiesystemen moeten de ophoping van toxische gassen voorkomen als er sprake is van een incident. Mogelijke oplossingen die worden genoemd zijn een overdrukventiel of een overdrukluik.
- > Noodstopssystemen zijn noodzakelijk voor eventuele evacuatie. De bestuurder zit in de auto tijdens het wisselproces, en dus middenin eventuele incidenten die daaruit voortkomen. Derhalve moet de bestuurder een noodstopstelsel kunnen activeren als een incident zich voordoet. Daarnaast moet ook de exploitant van het BWS (en de brandweer) een noodstop kunnen activeren. De autodeuren moeten te allen tijde van binnen alsook van buiten (door hulpverleners) kunnen worden geopend. De bestuurder (en andere inzittenden) van de auto moet(en) ook tijdens het wisselproces veilig de auto kunnen verlaten, bijvoorbeeld door het wisselproces automatisch een halt toe te roepen wanneer de autodeur opent.

2.4 Adviezen veiligheidsregio's

Deze paragraaf vat adviezen samen die door Nederlandse veiligheidsregio's zijn uitgegeven over BWSs. Deze adviezen zijn weergegeven in tabel 2.1 en afkomstig uit de van de veiligheidsregio's verkregen stukken. Hierbij vermelden we dat alle BWSs die tot nu toe in Nederland zijn vergund, eigendom zijn van NIO en hetzelfde ontwerp hebben. De adviezen van de veiligheidsregio's zijn met name gericht op incidentbestrijding. Voor diverse preventieve adviezen verwijzen de veiligheidsregio's veelal naar PGS 37-1.

Intermezzo: concept vs. definitieve PGS 37-1

Op 31 juli 2023 is de definitieve PGS 37-1 gepubliceerd; tot die tijd was er een conceptversie beschikbaar. De veiligheidsregio's hebben in hun adviezen gebruikgemaakt van de op dat moment beschikbare conceptversie. De nummering van de maatregelen, alsmede op sommige punten de inhoudelijk invulling van deze maatregelen, verschilt tussen de PGS-versies. In Bijlage 2 is de nummering opgenomen van de maatregelen uit concept PGS 37-1 typical 1. Concept PGS 37-1 is nog te raadplegen op [de website van PGS 37-1](#). Daar waar verwezen wordt naar maatregelen uit de concept PGS 37-1, is dit aangegeven in de tekst.

Tabel 2.1 Adviezen veiligheidsregio's

| Veiligheidsregio | Maatregel |
|------------------|---|
| Zuid Limburg | <ul style="list-style-type: none">> Het BWS moet van twee kanten ontsloten worden, zodat de brandweer altijd bovenwinds het incident kan benaderen.> Er moeten twee opstelplaatsen voor brandweervoertuigen beschikbaar zijn, waarbij een moet kunnen worden gestationeerd bij het aansluitpunt van de secundaire bluswatervoorziening.³> Een primaire bluswatervoorziening van 80m³/h is noodzakelijk om een thermal runaway of ongecontroleerde brand te bestrijden.> Een alternatieve secundaire blusvoorziening zoals een dompelcontainer voorziet in een effectievere bestrijding van een eventuele thermal runaway. Een dompelcontainer stabiliseert een brand sneller en vermindert de impact op de omgeving, omdat giftige rookwolken verdund worden.> Het is van belang dat de hulpdiensten zo spoedig mogelijk worden gealarmeerd als er vroege signalen van een thermal runaway zijn.> De afstand tussen het BWS en de perceelgrens of andere brandbare objecten dient minimaal 10 meter te bedragen, tenzij de brandwerendheid minimaal 60 minuten bedraagt in beide richtingen. Dit is conform concept PGS 37-1, M53.> Omringende bedrijven moeten worden geïnformeerd over het eventuele toxische scenario dat gekoppeld is aan een incident, en moeten beschikken over een handelingsperspectief. |
| Utrecht | <ul style="list-style-type: none">> De plaatsing, uitvoering en het beheer van het BWS voldoen aan de volgende maatregelen uit concept PGS 37-1: MW1, M2, M3, M4, M6 t/m M9, M11, M20, M21, M23, M24, M28, M30, M32, M33, M34, M35 t/m M45, M47 t/m M53, M58, M59 en M62 t/m M64.> De Storz-aansluiting moet op een voor de brandweer veilig bereikbare locatie zijn geïnstalleerd (dus niet bijvoorbeeld naast een ventilatieschacht). Dit is conform concept PGS 37-1, M58. |

³ Een NIO BWS beschikt over een Deluge-installatie die batterijen kan koelen.

- > Het BWS kan op minder dan 10 meter afstand van de perceelgrens worden gebouwd wanneer er op het naastgelegen perceel geen bouwwerken of andere brandbare objecten zijn of worden gerealiseerd op 10 meter afstand van deze zelfde perceelgrens. Als hieraan voldaan wordt, kan van de eis van minimaal 10 meter worden afgeweken (concept PGS 37-1, M53).
- > Noodventilatie moet worden gerealiseerd conform concept PGS 37-1, M32.
- > De brandwerendheid van brandcompartimenten moet voldoen aan concept PGS 37-1, M11.
- > Het noodstopsysteem van een BWS moet, wanneer dit BWS nabij een LPG-tankstation staat, worden gekoppeld aan het noodstopsysteem van dit tankstation.
- > Een batterij met een foutmelding moet automatisch in een waterdichte bak kunnen worden geplaatst om ondergedompeld te kunnen worden.
- > Op het terrein van de inrichting dient een bluswatervoorziening te zijn gerealiseerd met een capaciteit van 1500 liter water per minuut voor een periode van vier uur.

Midden- en West-Brabant

- > Er moet voldoende beschikbaarheid zijn van handmatige blusmiddelen. Tevens moeten de blusmiddelen zijn voorzien van instructies over wie ze moet bedienen en hoe ze bediend moeten worden.
- > De batterij kan tot 15 minuten in thermal runaway zijn voordat de brandweer arriveert; de schade moet in deze 15 minuten beperkt blijven.
- > De VR heeft een sterke voorkeur voor een dompelsysteem in plaats van een door de brandweer te bedienen Deluge-systeem.

IJsselland

- > Het BWS moet conform de volgende maatregelen van concept PGS 37-1 worden vervaardigd: MW1, M2 t/m M9, M11, M12, M18, M20, M21, M23, M24, M28, t/m M30, M32 t/m M45, M47 t/m M53, M58, M59, M63 en M64.
- > Het BWS moet niet worden geplaatst nabij de enige in- of uitrit op een terrein.

3 Opsomming van maatregelen in bestaande kaders

We hebben vier ‘kaders’ gevonden waarin veiligheidsmaatregelen staan die van toepassing kunnen zijn op BWSs:

- > PGS 37-1
- > Wet- en regelgeving uit de scheepvaart
- > De DNV-rapportage *Battery swap stations*
- > Diverse adviezen van veiligheidsregio's.

Hieronder presenteren we de gevonden maatregelen in tabelvorm. In de kolom uiterst links staat de (hoofd)component van het batterij wisselstation. De kolom uiterst rechts omschrijft de gevonden veiligheidsmaatregel(en). De middelste kolom specificeert het kader waaruit de veiligheidsmaatregelen afkomstig zijn.

| Component | Kader | Maatregel |
|------------------------|--------------|--|
| Batterij-wisselstraat | PGS 37-1 | <ul style="list-style-type: none"> > M9 Brandwerendheid - WBDBO: De brandwerendheid tussen het EOS en de inrichtingsgrens, een ander bouwwerk dat tot de inrichting behoort, of andere brandbare objecten moet ten minste 60 minuten bedragen in beide richtingen. Brandwerendheid kan worden bereikt door constructiemaatregelen, het behouden van afstanden, of een combinatie van beide. > M10 Brandwerendheid - doorvoeringen: Doorvoeringen van kabels, leidingen en kanalen door een brandwerende scheidingsconstructie mogen hieraan geen afbreuk doen. Een ventilatiekanaal door een brandwerende scheidingsconstructie is voorzien van een brandklep, tenzij het ventilatiekanaal bestemd is voor de afvoer van giftige gassen. |
| | Scheepvaart | > Voldoet aan PGS 37-1. |
| | DNV | <ul style="list-style-type: none"> > Brandisolatiemateriaal kan branden afremmen. DNV raadt aan om de een brandvertragende wand te installeren tussen de batterijwisselstraat en het opslag- of oplaadsysteem (analoog aan o.a. M9 en M10). > Brandblussystemen moeten voorkomen dat brand grip krijgt op autobatterijen. |
| | Vergunningen | > Expliciet genoemde maatregelen vanuit concept PGS 37-1: M11, M12. |
| Batterij-wisselsysteem | PGS 37-1 | > M4 Procedure omgang met mogelijk beschadigde energiedragers: De gebruiker van het EOS moet beschikken over een door de leverancier beschikbaar gestelde procedure over de omgang met beschadigde energiedragers. |

| | |
|-------------------------|---|
| Batterij-wissel-systeem | <ul style="list-style-type: none"> > M36 Noodstopvoorziening - EOS moet handmatig uitgeschakeld kunnen worden. In het geval van een EOS-park kan dit eventueel op sub-niveau. > M37 Verwijderen energiedrager na thermal runaway of brand - De module waar de thermal runaway heeft plaatsgevonden moet zo snel mogelijk, maar uiterlijk binnen 24 uur, worden verwijderd uit het EOS. > M48 Bliksembeveiliging en beveiliging elektrotechnische installaties. > M49 Onderdelen bliksembeveiligingssysteem. |
| Scheepvaart | <ul style="list-style-type: none"> > Voldoet aan PGS 37-1. |
| DNV | <ul style="list-style-type: none"> > De systemen die batterijen koppelen en ontkoppelen van de auto en het oplaadstation moeten bestendig zijn tegen vele handelingen. > Noodstopssystemen zijn noodzakelijk voor eventuele evacuatie (analoog aan M36). |
| Vergunningen | <ul style="list-style-type: none"> > Expliciet genoemde maatregelen vanuit concept PGS 37-1: M6, M38, M40, M51, M52. |
| Batterij-laad-systeem | <p>PGS 37-1</p> <ul style="list-style-type: none"> > M8 Klimaatbeheersing - Het klimaatbeheersingssysteem moet overmatige vochtvorming en temperaturen buiten de operationele specificaties voorkomen. > M16 Compartimentering EOS - Wanneer een EOS gecompartmenteerd is, moet de scheiding tussen het compartiment met daarin de energiedrager en de rest van het EOS bestaan uit onbrandbaar materiaal, Klasse A of B uit de NEN-EN 13501-1 of gelijkwaardig. > M18 Integriteit EOS - De bouwkundige/constructieve integriteit van een EOS moet na een explosie gewaarborgd blijven. De verhouding tussen de netto en bruto inhoud van de opstellingsruimte van het EOS moet tenminste een factor 2 bedragen. Hier kan van worden afgeweken in overleg met bevoegd gezag, bijvoorbeeld bij afwezigheid van kwetsbare objecten in de buurt. > M19 Ventilatiesysteem - Het ventilatiesysteem moet ten minste 2 keer de bruto inhoud per uur verversen, en moet een ventilatievoud van minimaal 6 keer per uur kunnen bereiken. Verder moet de ventilatieafvoer zo hoog mogelijk in het EOS worden geïnstalleerd, en mag de uitmonding hiervan zich niet dichters dan 5 meter van raam en aanzuigopening van omliggende objecten bevinden. > M21 Noodventilatie - Bij CO- of rookdetectie in het energiedragercompartiment moet de ventilatie op maximaal vermogen verse lucht aanvoeren. De noodventilatie moet worden uitgeschakeld zodra een blussysteem, indien aanwezig, in werking wordt gesteld. De brandweer moet bij toegang tot het EOS de regeling voor de noodventilatie kunnen overbruggen. > M32 CO- en H2-detectie - bij detectieniveau 10 ppm (A1), 20 ppm (A2) en 120 ppm (A3) respectievelijk automatische melding en opvolging door installatieverantwoordelijke, A1 + zichtbaar signaal bij toegang tot het EOS, A1 + A2 + Automatische doormelding naar hulpdiensten. > M33 Monitoring EOS - continu monitoren van functioneren (systeemalarmen, signalen van overladen of diepontladen), abnormale temperatuurstijgingen, temperatuurniveaus, brand). > M34 Preventief afschakelen op basis van alarmeringen - De installatieverantwoordelijke van het EOS moet van afstand kunnen ingrijpen bij signalen van systeemalarmeringen. Het EOS moet ook autonoom in kunnen grijpen als de installatieverantwoordelijke niet tijdig reageert. Ter plaatse moet zichtbaar zijn dat het systeem daadwerkelijk is afgeschakeld door een statusindicatie conform NEN-EN-IEC-60204-1. |

- > M35 Afschakelen op basis van detectie - het EOS moet autonoom afschakelen bij detectie van rook, brand of explosie. De installatieverantwoordelijke moet vervolgens een signaal ontvangen.
- > M39 Afschakelen module - De afschakeling zoals bedoeld in M36 en M37 moet zo dicht mogelijk bij de module plaatsvinden.
- > M38 Toegang tot het EOS - Het EOS is niet toegankelijk voor onbevoegden, en vergrendeld conform een cilinderslot van veiligheidskeurmerk SKG of hoger; containerslot voorzien van keurmerker met een hangslot CEN klasse 4 of hoger.
- > M41 Ventilatiesysteem (controle en onderhoud) - Het ventilatiesysteem van het EOS dient periodiek te worden gecontroleerd en onderhouden door een ter zake deskundige.
- > M56 Bluswateraansluiting - Het EOS is bij voorkeur beveiligd tegen brandpropagatie, minimaal op moduleniveau, bijvoorbeeld conform UL9540A. Indien het EOS niet beschikt over een brandpropagatiecertificering moet het zijn voorzien van een bluswateraansluiting conform de eisen van de brandweer (Storz-koppeling nok81 of vergelijkbaar). Indien een energiedragercompartiment onder water kan worden gezet, is een voorziening nodig om tijdens of na afloop het compartiment actief te kunnen laten koelen of leeglopen (bijvoorbeeld d.m.v. een kogelkraan). De bluswatervoorziening is aan de binnenzijde voorzien van een terugslagklep, zodat wordt voorkomen dat vuur of rook in geval van brand naar buiten komen via de bluswateraansluiting.

Scheepvaart

- > Volgt PGS 37-1.
- > Een brandblussysteem brengt schuim aan in individuele batterijracks.
- > Bij een eventuele thermal runaway voert een ventilatiesysteem de gassen af en tracht zo de concentratie gassen in het EOS onder de explosielimiet te houden.

DNV

- > Het batterijpakket in de auto moet een robuust ontwerp hebben.
- > Kritische waarden van batterijpakketten in het BWS moet continu worden gemonitord.
- > De systemen die batterijen koppelen en ontkoppelen van de auto en het oplaadstation moeten bestendig zijn tegen vele handelingen.
- > Ventilatiesystemen moeten de ophoping van toxische gassen voorkomen als er sprake is van een incident. Mogelijke oplossingen die worden genoemd zijn een overdrukventiel of een blow-out panel (explosieluik / drukontlasting).

Vergunningen

- > Expliciet genoemde maatregelen vanuit concept PGS 37-1: M9, M18, M20, M21, M23, M34, M35, M36, M7, M39, M41, M44.
- > De Storz-aansluiting (concept PGS 37-1 M58) moet op een voor de brandweer veilig bereikbare locatie zijn geïnstalleerd (dus niet bijvoorbeeld naast een ventilatieschacht).
- > Een primaire bluswatervoorziening van 80m³/h is noodzakelijk om een thermal runaway / ongecontroleerde brand te bestrijden (additioneel aan concept PGS 37-1 M58).
- > Een secundaire blusvoorziening zoals een dompelcontainer is noodzakelijk voor onderdompeling en het verdunnen van giftige rookwolk met water (additioneel aan concept PGS 37-1 M58).
- > Het is van belang dat de hulpdiensten z.s.m. worden gealarmeerd als er vroege signalen van een thermal runaway zijn (analoog aan concept PGS 37-1 M34, M35).
- > De batterij mag tot 15 minuten in kritieke toestand zijn, voordat de brandweer arriveert; de schade moet in deze 15 minuten beperkt blijven.

| | | |
|-------------------------|--------------|---|
| | PGS 37-1 | Identiek aan batterijlaadsysteem. |
| Batterij-opslag-locatie | Scheepvaart | Identiek aan batterijlaadsysteem. |
| | DNV | Identiek aan batterijlaadsysteem. |
| | Vergunningen | Identiek aan batterijlaadsysteem. |
| | PGS 37-1 | <ul style="list-style-type: none"> > M2 Normering EOS en energiedrager - Het EOS moet voldoen aan minimale beveiliging omtrent o.a. overstroom, kortsluiting, overtemperatuur, overspanning, onbalans en drukontlasting > M3 Traceerbaarheid - De energiedrager die ingebouwd wordt in het EOS moet zodanig geïdentificeerd zijn dat indien nodig een terugroepactie ondernomen kan worden > M5 Bescherming tegen omgevingsinvloeden - De Ingress Protection (IP) classificatie van de constructie van het EOS moet minimaal IP54 bedragen. > M6 Plaatsing EOS - Een EOS is zodanig ontworpen en geplaatst dat het beschermd is tegen externe invloeden, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden. > M22 Locatiekeuze en aanrijdbeveiliging - Een buiten opgesteld EOS is zodanig geplaatst dat er geen gevaar bestaat voor aanrijding . > M26 Locatiekeuze (bedrijfsterrein) - Een buiten opgesteld EOS op een bedrijfsterrein is buiten de reikwijdte van (mobiele) kranen en andere hijswerktuigen geplaatst. > M27 Locatiekeuze (windturbine) - Een buiten opgesteld EOS binnen de 10-6 per jaar PR contour van een windturbine is voldoende bestand tegen ijsafwerping. > M28 Beveiliging tegen onbevoegden. > M30 Eisen aan camerasysteem - een camerasysteem moet buiten normaal bereik van derden blijven. In geval van vandalisme moet de camera binnen 48 uur zijn hersteld of vervangen. > M31 Ingebruiknamekeuring - Een nieuw EOS mag pas in gebruik worden genomen na een ingebruiknamekeuring waarbij het op de juiste wijze functioneren van de in de PGS beschreven systemen en beveiligingen is getest en gecontroleerd. > M37 Verwijderen energiedrager na thermal runaway of brand - De module waar thermal runaway heeft plaatsgevonden moet zo snel mogelijk, maar uiterlijk binnen 24 uur, worden verwijderd uit het EOS. > M39 Vervanging energiedrager - Voorafgaand aan vervanging moet een nieuw te plaatsen energiedrager in het EOS op uitwendige beschadigingen en defecten zijn gecontroleerd. > M40 Actuele handleiding - In of bij het EOS is een actuele handleiding aanwezig waar de technische installatie is beschreven. Het voorblad van de handleiding vermeldt de contactgegevens van de leverancier. > M42 Periodieke Controle - Het EOS moet periodiek, minimaal jaarlijks, gecontroleerd worden op o.a. energiedragers en elektrische installatie (visueel + werking), container (visueel), klimaatinstallatie en verwarming (inspectie en service), brandblusinstallatie (inspectie en service), en omvormers en transformatoren (inspectie en service). > M44 Algemene documentatie-eisen (Registratiesysteem). > M45 Algemene documentatie-eisen (Bewaartermijn). |
| Algemeen | | |

- > M46 Competentie-eisen conform NEN 3140 - Personeel dat werkzaamheden verricht aan de installatie moet voldoende deskundig zijn en ten minste gekwalificeerd zijn als Vakbekwaam Persoon (VP). Een VP beschikt over een voltooide elektrotechnische opleiding op WEB-niveau 3.
- > M47 Instructie personeel - Alle personen die werkzaamheden verrichten in een EOS moeten op de hoogte zijn van de gevaaraspecten van lithiumhoudende energiedragers en de te nemen maatregelen bij onregelmatigheden. Zij moeten ook op de hoogte zijn van het interne noodplan.
- > M50 Veiligheidsafstanden - In afwijking op M11 kan brandwerendheid ook worden behaald door middel van afstand. Geen extra brandwerendheid is nodig bij een afstand van 10 meter tot de inrichtingengrens of een ander bouwwerk dat bij de inrichting hoort, en bij een afstand van minstens 5 meter moet de brandwerendheid ten minste 30 minuten bedragen.
- > M61 Bereikbaarheid van het EOS - Het EOS moet altijd goed bereikbaar zijn voor hulpdiensten; de hulpdiensten moeten ook toegang kunnen krijgen tot het EOS, dit moet beschreven zijn in het noodplan (M62).
- > M64 Noodplan - Een actueel noodplan hoe te handelen bij incidenten is aanwezig. Onder incident wordt in ieder geval het optreden van een thermal runaway en het lekken van elektrolyt verstaan.
- > M65 Noodplan (beproeven) - Het noodplan wordt ten minste elke drie jaar beoordeeld, beproefd, en, zo nodig, bijgewerkt.
- > M66 Pictogrammen EOS.

Scheepvaart

- > Volgt PGS 37-1.

DNV

- > Modules en cellen moeten zijn afgeschermd tegen externe invloeden (analoog aan M8).

Vergunningen

- > Expliciet genoemde maatregelen vanuit concept PGS 37-1: M2, M3, M4, M5, M7, M8, M24, M28, M29, M30, M32, M33, M40, M42, M43, M45, M47, M48, M49, M50, M53, M58, M59, M62, M63, M64.
- > Het BWS moet van twee kanten ontsloten worden, zodat de brandweer altijd bovenwinds het incident kan benaderen (additioneel aan concept PGS 37-1 M59).
- > Er moeten twee opstelplaatsen voor brandweervoertuigen beschikbaar zijn, waarvan een bij het aansluitpunt van de secundaire bluswatervoorziening (additioneel aan M59).
- > De afstand tussen het BWS en de inrichtingsgrens of andere brandbare objecten dient 10 meter te bedragen, tenzij de brandwerendheid minimaal 60 minuten bedraagt in beide richtingen (analoog aan concept PGS 37-1 M53).
- > Omringende bedrijven moeten worden geïnformeerd over het eventuele toxische scenario dat gekoppeld is aan een incident, en moeten beschikken over een handelingsperspectief.
- > Een afwijking van concept PGS 37-1 M53 (veiligheidsafstanden) is mogelijk als er binnen 10 meter vanuit de erfgrans op het naastgelegen perceel geen bouwwerken of andere objecten kunnen worden gerealiseerd.
- > Het noodstopsysteem van het BWS moet worden gekoppeld aan het noodstopsysteem van het naastgelegen LPG-tankstation.
- > Zorg voor borging op lange termijn van kwaliteitseisen van verschillende installatie-onderdelen, zoals de sprinkler, het blusgassysteem of het evacuatiealarm.

4 Beoordelingsrichtlijn Veiligheid Batterijwisselstations

De beoordelingsrichtlijn voor gemeentes van de veiligheid van batterijwisselstations is hoofdzakelijk gericht op het borgen van de fysieke veiligheid. Het doel is om incidenten, zoals een thermal runaway, te voorkomen, en deze effectief te bestrijden mochten ze toch optreden. Hiertoe dienen een aantal condities die in deze paragraaf nader worden toegelicht. Zowel preventieve als repressieve maatregelen kunnen bijdragen aan het verminderen van de effecten van een incident. In onderstaande tabellen is in de linkerkolom weergegeven welke maatregelen het betreft, in de middelste kolom de maat van de betreffende maatregel, en in de laatste kolom, de rechter, de rationale achter deze maatregel.

4.1 Batterijwisselstraat

| Maatregel | Maat | Rationale |
|-------------------|---|--|
| Brandwerendheid | De brandwerendheid tussen het BWS en de inrichtingsgrens moet ten minste 60 minuten bedragen. 30 minuten volstaat bij een minimale afstand van 5 meter tot de inrichtingsgrens, en 0 minuten bij een minimale afstand van 10 meter. | Om te voorkomen dat een worst-case scenario (een of meer batterijen raken in thermal runaway) overslaat op naastgelegen inrichtingen. |
| Brandblussystemen | Brandblussystemen moeten voor minstens 30 minuten voorkomen dat brand in of rondom de batterijwisselstraat grip krijgt op autobatterijen. | De brandweer kan op zijn vroegst 15 minuten na melding inzetgereed aanwezig zijn bij het incident om te voorkomen dat brand overslaat op het laadsysteem. Naast het rijden heeft de brandweer tijd nodig om haar inzet voor te bereiden en een adequate watervoorziening op te bouwen. |

4.2 Batterijwisselsysteem

| Maatregel | Maat | Rationale |
|-------------------------|--|--|
| Noodstopvoorziening | <p>Het batterijwisselproces moet stop kunnen worden gezet bij een incident. Dit moet zowel van binnen als van buiten de auto kunnen worden gedaan. De vergrendeling van het voertuig alsook de toegang tot het BWS moeten daarbij direct worden vrijgegeven.</p> <p>Situatieafhankelijk: De noodstopvoorziening kan worden gekoppeld worden aan noodsystemen van nabijgelegen inrichtingen zoals LPG-stations.</p> | Het stopzetten van het batterijwisselproces zorgt ervoor dat de bestuurder en eventuele passagiers de plaats van een incident kunnen verlaten, en dat hulpdiensten deze plaats veilig kunnen betreden. |
| Robuuste koppelsystemen | De systemen die batterijen koppelen en ontkoppelen van de auto en het oplaadstation moeten bestendig zijn tegen vele handelingen, en moeten regelmatig worden gecontroleerd. | Batterijen in BWSs worden veel vaker gekoppeld en ontkoppeld dan batterijen in reguliere EOS'en. Robuuste koppelsystemen zijn dus noodzakelijk. |

4.3 Batterijlaadsysteem

| Maatregel | Maat | Rationale |
|-------------------------|---|---|
| Robuuste koppelsystemen | Zie hierboven in 3.2 onderaan. | |
| Compartimentering BWS | Bij een gecompartmenteerd BWS moet de scheiding tussen het compartiment met energiedrager en de rest van het BWS bestaan uit onbrandbaar materiaal (Klasse A of B uit NEN-EN 13501-1 of gelijkwaardig). | Wanneer er brand ontstaat buiten het batterijlaadsysteem moet deze niet overslaan tot in het batterijlaadsysteem. |
| Ventilatiesysteem | <p>Het ventilatiesysteem moet ten minste 2x de bruto-lucht-inhoud per uur verversen, en een capaciteit hebben voor 6x/h.</p> <p>Verder dient het zo hoog mogelijk in het BWS te worden geïnstalleerd, en mag de uitlaat zich niet dichters dan 5 meter van het raam</p> | <p>Het ventilatiesysteem tracht de concentratie gassen in het BWS onder de lage explosielimiet (LEL) te houden.</p> <p>Een hoge plaatsing van het ventilatiesysteem zorgt ervoor dat hulpdiensten zo weinig mogelijk worden</p> |

| | | |
|---|---|---|
| | en de aanzuigopeningen van omliggende objecten bevinden. | gehinderd door schadelijke gassen wanneer zij een incident benaderen. |
| Noodventilatiesysteem | Het noodventilatiesysteem moet op maximaal vermogen gedetecteerd CO of rook ventileren en verse lucht aanvoeren. Dit systeem moet automatisch worden uitgeschakeld wanneer een blussysteem in werking treedt. | De toevoer van verse lucht werkt brandversterkend en is niet langer opportuun wanneer brand ontstaat. |
| Noodventilatiesysteem | <p>Bij detectieniveau CO- en H2</p> <ul style="list-style-type: none"> > 10 ppm (A1), > 20 ppm (A2) en > 120 ppm (A3) <p>respectievelijk:</p> <ul style="list-style-type: none"> > automatische melding en opvolging door installatieverantwoordelijke > A1 + zichtbaar signaal bij toegang tot het EOS > A1 + A2 + Automatische doormelding naar hulpdiensten. | Vroegtijdige detectie van brand is cruciaal voor het voorkomen van een thermal runaway en andere incidenten. |
| Bluswatervoorziening | Een primaire bluswatervoorziening van 80 m ³ /uur voor een periode van vier uur is noodzakelijk om een thermal runaway te bestrijden. | Een batterij in thermal runaway wordt gekenmerkt door een langdurig en lastig bestrijdbaar brandproces. |
| Bluswatervoorziening | Een Storz-aansluiting moet op een voor de brandweer veilig bereikbare locatie worden geïnstalleerd. | Hulpdiensten moeten niet worden gehinderd door bijvoorbeeld ventilatieschachten die giftige stoffen ventileren. |
| Bluswatervoorziening | Een secundaire blusvoorziening als een doppelcontainer is gewenst voor een effectievere manier van incidentbestrijding. | Een batterijbrand kan met minder water worden geblust in een doppelcontainer, en bovendien worden vrijkomende giftige stoffen verdund. Wel dient er rekening gehouden te moeten worden met de afvoer van het vervuilde bluswater. |
| Aanvullende eisen bij zeer kwetsbare gebouwen | Bij het plaatsen van een BWS nabij (binnen 25 meter) zeer kwetsbare gebouwen of in dichtbevolkte gebieden kunnen aanvullende eisen gesteld worden aan de brandpropagatie van de batterijen. | Bij dergelijke locaties dienen aanvullende maatregelen te worden genomen om een hoger veiligheidsniveau te bereiken ter bescherming van deze zeer kwetsbare gebouwen. |

4.4 Batterijopslaglocatie

Vooralsnog identiek aan het batterijlaadsysteem.

4.5 Algemeen

| Maatregel | Maat | Rationale |
|--------------------|---|--|
| Plaatsing BWS | Het BWS moet zodanig zijn geplaatst dat het voldoende is beschermd tegen externe invloeden, waaronder langsrijdend verkeer, mobiele kranen en hijswerktuigen, alsook ijsafwerping van windturbines. | Impact van buitenaf kan voor schade zorgen aan het BWS. |
| Plaatsing BWS | Minimaal 10 meter vanaf de inrichtingsgrens, tenzij er sprake is van brandwerende scheiding. | Deze afstand voorkomt brandoverslag. |
| Bereikbaarheid BWS | Twee toegangswegen van verschillende richtingen. | Om een incident altijd bovenwinds te kunnen benaderen, zodat de hulpdiensten geen hinder ondervinden van toxische stoffen. |
| Bereikbaarheid BWS | Er moeten twee opstelplaatsen voor brandweervoertuigen beschikbaar zijn, zodat brandweervoertuigen altijd bovenwinds kunnen worden opgesteld. | |
| Noodplan | Een noodplan is beschikbaar waarin staat vermeld hoe men op moet treden bij incidenten; dit noodplan wordt elke drie jaar geüpdatet. | Het noodplan geeft o.a. inzicht in de manier van handelen van zowel personeel als hulpdiensten. |

Referenties

- Bisschop, R., Willstrand, O., Amon, F., & Rosengren, M. (2019). *Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles*.
- Colella, F., Biteau, H., Ponchaut, N., Marr, K., Somandepalli, V., Horn, Q., & Long, R. (2016). Electric Vehicle Fires. In *Proceedings from the Seventh International Symposium on Tunnel Safety and Security* (pp. 629–636). Montréal.
- DNV. (2023). *Battery Swapping Stations: Regulations and Safety Aspects of Battery Swapping Stations*.
- Hessels, T., & Geertsema, T. (2023). *Onderzoek dompelcontainers: Een beoordeling van de dompelcontainer en mogelijke alternatieven*. NIPV. Retrieved from <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2023/03/20230206-NIPV-Onderzoek-dompelcontainers.pdf>
- Larsson, F. (2017). *Lithium-ion battery safety: assessment by abuse testing, fluoride gas emissions and fire propagation*. Chalmers university of technology.
- Li, H., Peng, W., Yang, X., Chen, H., Sun, J., & Wang, Q. (2020). Full-Scale Experimental Study on the Combustion Behavior of Lithium Ion Battery Pack Used for Electric Vehicle. *Fire Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00988-w>
- NIPV. (2022). *Energie Opslag Systemen op schepen: uitgangspunten voor risicobeheersing*. Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen. (2022). PGS 37-1 Lithium-houdende energiedragers: Energie Opslag Systemen - EOS. Retrieved from <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/online/pgs-37-1/2021/0-1-februari-2022#top>
- Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., & Huang, X. (2020). A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. *Fire Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>
- Wärtsilä Nederland. (2021). *Wartsila ZESpack veiligheidsconcept*.

Bijlage 1: Maatregelen PGS 37-1

De volgende maatregelen zijn van toepassing op een BSS volgens PGS 37-1. Een volledige toelichting van de maatregelen is te vinden [op de website van de PGS 37-1](#).

- MW1 Zorgplicht basisveiligheid
- M2 Minimale veiligheidseisen EOS en energiedrager
- M3 Traceerbaarheid
- M4 Procedure omgang met mogelijk beschadigde energiedragers
- M5 Bescherming tegen omgevingsinvloeden
- M6 Plaatsing EOS
- M8 Klimaatbeheersing
- M9 Brandwerendheid
- M10 Brandwerendheid – doorvoeringen
- M15 Brandwerendheid energiedragercompartiment – hybride EOS
- M16 Compartimentering EOS
- M18 Integriteit EOS
- M19 Ventilatiesysteem
- M21 Noodventilatie
- M22 Locatiekeuze en aanrijdbeveiliging
- M26 Locatiekeuze – bedrijfsterrein
- M27 Locatiekeuze – windturbine
- M28 Beveiliging tegen onbevoegden
- M30 Eisen aan camerasysteem
- M31 Ingebruiknamekeuring
- M32 Gasdetectie (koolstofmonoxide (CO) en waterstof (H₂))
- M33 Monitoring EOS
- M34 Preventief afschakelen op basis van alarmeringen
- M35 Afschakelen op basis van detectie
- M36 Noodstopvoorziening

M37 Verwijderen energiedrager na thermal runaway of brand

M38 Toegang tot het EOS

M39 Vervanging energiedrager

M40 Actuele handleiding

M41 Ventilatiesysteem – controle en onderhoud

M42 Periodieke controle

M44 Algemene documentatie-eisen – registratiesysteem

M45 Algemene documentatie-eisen – bewaartermijn

M46 Competentie-eisen conform NEN 3140

M47 Instructie personeel

M48 Bliksembeveiliging en beveiliging elektrotechnische installaties

M49 Onderdelen bliksembeveiligingssysteem

M50 Veiligheidsafstanden

M55 Voorkomen van brandpropagatie

M56 Bluswateraansluiting

M61 Bereikbaarheid van het EOS

M64 Noodplan

M65 Noodplan – beproeven

M66 Pictogrammen EOS

M67 Markering hybride EOS

Bijlage 2: Lijst met maatregelen concept PGS 37-1

- M2 Normering EOS en energiedrager
- M3 Ingangscntrole bij ontvangst energiedragers
- M4 Traceerbaarheid
- M5 Montage energiedrager conform eisen van de producent
- M6 Procedure omgang met mogelijk beschadigde energiedragers
- M7 IP-classificatie
- M8 Plaatsing EOS
- M9 Klimaatbeheersing
- M11 Brandwerendheid - WBDBO
- M12 Brandwerendheid - doorvoeringen
- M18 Compartimentering EOS
- M20 Integriteit EOS
- M21 Ventilatiesysteem
- M23 Noodventilatie
- M24 Locatiekeuze en aanrijdbeveiliging
- M28 Locatiekeuze - bedrijfsterrein
- M29 Locatiekeuze – windturbine
- M30 Beveiliging tegen onbevoegden
- M32 Eisen aan camerasysteem
- M33 Ingebruiknamekeuring
- M34 CO- en H2-detectie
- M35 Monitoring EOS
- M36 Preventief afschakelen op basis van alarmeringen
- M37 Afschakelen op basis van detectie
- M38 Noodstopvoorziening
- M39 Afschakelen module
- M40 Verwijderen energiedrager na thermal runaway of brand
- M41 Toegang tot het EOS

M42 Vervanging energiedrager
M43 Actuele handleiding
M44 Ventilatiesysteem - controle en onderhoud
M45 Periodieke Controle
M47 Algemene documentatie-eisen – Registratiesysteem
M48 Algemene documentatie-eisen – Bewaartermijn
M49 Competentie-eisen conform NEN 3140
M50 Instructie personeel
M51 Bliksembeveiliging en beveiliging elektrotechnische installaties
M52 Onderdelen bliksembeveiligingssysteem
M53 Veiligheidsafstanden
M58 Bluswateraansluiting
M59 Bereikbaarheid van het EOS
M62 Noodplan
M63 Noodplan - beproeven
M64 Pictogrammen EOS
M64 Pictogrammen EOS