

OMGEVINGSVERGUNNING

Datum: 10 april 2018

Burgemeester en wethouders hebben op 25 september 2017 een aanvraag voor een omgevingsvergunning ontvangen voor het oprichten van een busremiseterrein met bijbehorende bouwwerken en een tijdelijk kantoorgebouw. De aanvraag gaat over het adres Meerlandenweg 68. De aanvraag is geregistreerd onder nummer Z-2017/047938.

Besluit

Burgemeester en wethouders besluiten, gelet op artikel 2.1 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) de omgevingsvergunning te verlenen.

Aan de omgevingsvergunning zijn voorschriften verbonden. Wij raden u aan om de omgevingsvergunning met de bijbehorende bijlagen goed te lezen. Dit kan veel misverstanden voorkomen. U moet namelijk de aan de omgevingsvergunning verbonden voorschriften naleven. Let op: wij maken u erop attent dat u de omgevingsvergunning niet mag gebruiken alvorens deze in werking is getreden. Meer informatie hierover treft u aan in bijgaande brochure "Een omgevingsvergunning ontvangen".

De omgevingsvergunning wordt verleend onder de bepaling dat de gewaarmerkte stukken en bijlagen deel uitmaken van de omgevingsvergunning. De omgevingsvergunning wordt verleend voor de volgende activiteiten:

- Bouwen;
- Handelen in strijd met regels Ruimtelijke Ordening.

De vergunning voor het tijdelijke kantoor wordt verleend voor een periode van 10 jaar met ingang van de datum waarop dit besluit in werking treedt. Na deze termijn moet de voor de verlening van de omgevingsvergunning bestaande toestand worden hersteld of de situatie met de wettelijk voorgeschreven toestand in overeenstemming worden gebracht.

Het gebruik en de overige bouwwerken op het terrein worden verleend als zijnde een permanente situatie.

Procedure

De besluitvormingsprocedure is uitgevoerd volgens de procedure van paragraaf 3.3 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht. Voorts is de aanvraag getoetst aan het Besluit omgevingsrecht en de Ministeriele regeling omgevingsrecht. Gebleken is dat uw aanvraag voldoet en daarom verlenen wij u de gevraagde omgevingsvergunning.

Bevoegd gezag

Gelet op bovenstaande projectbeschrijving, alsmede op het bepaalde in hoofdstuk 3 van het Besluit omgevingsrecht (Bor) en de daarbij horende bijlage zijn wij het bevoegd gezag om de integrale omgevingsvergunning te verlenen. Daarbij zijn wij er procedureel en inhoudelijk voor verantwoordelijk dat in ons besluit alle relevante aspecten aan de orde komen met betrekking tot de fysieke leefomgeving, zoals ruimte, milieu, natuur en aspecten met betrekking tot bouwen, monumenten en brandveiligheid. Verder dienen wij ervoor zorg te dragen dat de aan de omgevingsvergunning verbonden voorschriften op elkaar zijn afgestemd.

Ontvankelijkheid

Artikel 2.8 van de Wabo biedt de grondslag voor een geharmoniseerde regeling van de indieningsvereisten. Dit betreft de gegevens en bescheiden die bij een aanvraag om een omgevingsvergunning moeten worden gesteld om tot een ontvankelijke aanvraag te komen. De regeling is uitgewerkt in paragraaf 4.2 van het Bor, met een nadere uitwerking in de Ministeriële regeling omgevingsrecht (Mor).



Na ontvangst van de aanvraag hebben wij deze aan de hand van de Mor getoetst op ontvankelijkheid. Daarbij is gebleken dat een aantal gegevens ontbrak. De aanvrager is hierop in de gelegenheid gesteld om aanvullende gegevens te leveren. We hebben de aanvullende gegevens ontvangen op 25 november 2017. Hierdoor is de wettelijke procedure verlengd met 28 dagen. Wij zijn van oordeel dat de aanvraag alsmede de latere aanvulling daarop voldoende informatie bevat voor een goede beoordeling van de gevolgen van de activiteit op de fysieke leefomgeving. De aanvraag is dan ook ontvankelijk en in behandeling genomen.

Nog in te dienen gegevens en bescheiden

Uiterlijk 3 weken voor aanvang van de betreffende werkzaamheden moeten de volgende bescheiden worden ingediend:

- Volledig uitgewerkte constructieve gegevens.

De gevraagde bescheiden kunt u digitaal indienen via gemeente@amstelveen.nl.

Ter inzage legging

Tussen 18 januari 2018 en 28 februari 2018 heeft een ontwerp van deze beschikking ter inzage gelegen en zijn belanghebbenden in de gelegenheid gesteld om zienswijzen naar voren te brengen. Van deze gelegenheid is gebruik gemaakt. De ingebrachte zienswijzen treft u aan in de Nota van Beantwoording.

Publicatie

Het besluit wordt gepubliceerd in het digitale gemeenteblad, zie www.amstelveen.nl.

Met vriendelijke groet,

namens burgemeester en wethouders van de gemeente Amstelveen,

drs. J.A. de Poorter
Hoofd Stedelijke Ontwikkeling

Beroep

Als u het niet eens bent met het besluit, kunt u binnen zes weken nadat het besluit ter inzage is gelegd beroep (schriftelijk, gemotiveerd en ondertekend) instellen bij de rechtbank Amsterdam Sector Bestuursrecht, Postbus 75850, 1070 AW Amsterdam. Hier zijn kosten aan verbonden. Beroep is alleen mogelijk door degenen die tegen het ontwerpbesluit tijdig zienswijzen hebben ingediend of zij die reldijkerwijs niet in staat zijn geweest eerder zienswijzen in te dienen.

Bijlage

- 18 gewaarmerkte documenten
- Onderdelen behorende bij de omgevingsvergunning
- Brochure "Rechtsmiddelen"
- Brochure "Een omgevingsvergunning ontvangen"
- Nota van beantwoording
- Formulier start bouwwerkzaamheden
- Formulier bouwwerkzaamheden gereed





Formulier start bouwwerkzaamheden

Gemeente Amstelveen
Afdeling Veiligheid, Vergunningen en Handhaving
Postbus 4
1180 BA Amstelveen
wabo@amstelveen.nl

Wij verzoeken u om minstens twee dagen voordat u begint met de werkzaamheden contact op te nemen met de gemeente Amstelveen. Dat kunt u doen door dit formulier op te sturen aan bovenstaand adres.

Soort aanvraag	Omgevingsvergunning
Projectomschrijving	Het oprichten van een busremiseterrein met bijbehorende bouwwerken
Activiteiten	Bouwen; Handelen in strijd met regels Ruimtelijke Ordening
Locatie	Meerlandenweg 68
Zaaknummer toezicht- dossier	Z-2018/018063

**HIERBIJ MELD IK DAT DE WERKZAAMHEDEN DIE
HOREN BIJ DE VERGUNNING ZULLEN BEGINNEN**

Datum start werkzaamheden

Datum ondertekening
formulier

Handtekening





Formulier einde bouwwerkzaamheden

Gemeente Amstelveen
Afdeling Veiligheid, Vergunningen en Handhaving
Postbus 4
1180 BA Amstelveen
wabo@amstelveen.nl

Wij verzoeken u om uiterlijk op de dag van de beëindiging van de werkzaamheden dit schriftelijk te melden aan de gemeente Amstelveen. Dat kunt u doen door dit formulier op te sturen aan bovenstaand adres.

Soort aanvraag	Omgevingsvergunning
Projectomschrijving	Het oprichten van een busremiseterrein met bijbehorende bouwwerken
Activiteiten	Bouwen; Handelen in strijd met regels Ruimtelijke Ordening
Locatie	Meerlandenweg 68
Zaaknummer toezicht-dossier	Z-2018/018063

Let op! Alleen invullen als de bouwwerkzaamheden gaan over nieuwbouw.

**HIERBIJ MELD IK DAT DE WERKZAAMHEDEN DIE
HOREN BIJ DE VERGUNNING ZULLEN EINDIGEN**

Datum einde werkzaamheden	
Datum ondertekening formulier	
Handtekening	

ONDERDELEN BEHORENDE BIJ DE OMGEVINGSVERGUNNING

De volgende onderdelen horen bij en maken deel uit van de omgevingsvergunning, verleend op 10 april 2018 aan Elora B.V. voor het oprichten van een busremiseterrein met bijbehorende bouwwerken en een tijdelijk kantoorgebouw op het adres Meerlandenweg 68

Inhoudsopgave

Het (ver)bouwen van een bouwwerk.....	2
Het gebruiken van gronden of bouwwerken in strijd met een bestemmingsplan.	5



Het (ver)bouwen van een bouwwerk

Voorschriften

De volgende voorschriften zijn van toepassing:

- werkzaamheden dienen uitgevoerd te worden conform bijbehorende, gewaarmerkte stukken;
- indien het bouwwerk uitgezet moet worden door de gemeente, moet dit uiterlijk 10 werkdagen voor de gewenste datum van het uitzetten van het bouwwerk worden gemeld bij de afdeling Veiligheid, Vergunningen en Handhaving via gemeente@amstelveen.nl onder vermelding van het zaaknummer Z-2018/018063, voor nadere inlichtingen kunt u bellen met deze afdeling via 020-540 49 11;
- bedrijfsmatige bouw- of sloopwerkzaamheden worden op werkdagen en op zaterdag tussen 7.00 uur en 19.00 uur uitgevoerd;
- tijdens het uitvoeren van bouw- en sloopwerkzaamheden worden maatregelen getroffen om visueel waarneembare stofverspreiding buiten het bouw- of sloopterrein te voorkomen;
- het bemalen van bouwputten, leidingsleuven en andere tijdelijke ontgravingen ten behoeve van bouwwerkzaamheden leidt niet tot een zodanige wijziging van de grondwaterstand dat gevaar kan ontstaan voor de veiligheid van belendingen;
- het storten van beton moet minimaal twee werkdagen van tevoren worden gemeld bij de gemeente via de afdeling Veiligheid, Vergunningen en Handhaving via gemeente@amstelveen.nl onder vermelding van het zaaknummer Z-2018/018063. Doet u dit niet dan kan een dwangsom opgelegd worden;
- de vergunning voor het tijdelijke kantoor wordt verleend voor een periode van 10 jaar, overeenkomstig pagina 2 van document met kenmerk 'Algemeen dd 24-11-2017', met ingang van de datum waarop dit besluit in werking treedt. Na deze termijn moet de voor de verlening van de omgevingsvergunning bestaande toestand worden hersteld of de situatie met de wettelijk voorgeschreven toestand in overeenstemming worden gebracht;

Constructie

- de definitieve constructietekening(en) en -berekening(en) (inclusief de stukken van de leveranciers) ten behoeve van de uitvoering moeten tenminste 3 weken voor aanvang van de betreffende werkzaamheden worden ingediend;

Bouwbesluit

- ingevolge artikel 3.21, tweede lid moet een constructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, en een kruipruimte, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op het kunnen binnendringen van vocht in het verblijfsgebied, de toiletruimte of de badruimte, bepaald volgens NEN 2778, waterdicht zijn;
- ingevolge artikel 3.23, eerste lid mag een scheidingsconstructie van een toiletruimte of een badruimte aan een zijde die grenst aan die ruimte, tot 1,2 m hoogte boven de vloer van die ruimte een volgens NEN 2778 bepaalde wateropname hebben die gemiddeld niet groter is dan $0.01 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$ en op geen enkele plaats groter dan $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$;
- ingevolge artikel 6.9, derde lid moet een te bouwen bouwwerk met een in artikel 6.10 bedoelde aansluiting op het distributienet voor gas, voor die aansluiting, leidingdoorvoeren en een mantelbuis hebben die voldoen aan NEN 2768;
- ingevolge artikel 6.18, eerste lid moet een ondergrondse doorvoer van een afvoer-



- voorziening als bedoeld in de artikelen 6.16 en 6.17 door een uitwendige scheidingconstructie van een bouwwerk zoveel mogelijk haaks liggen op de scheidingsconstructie;
- ingevolge artikel 6.18, tweede lid moet de gebouwaansluiting van een afvoervoorziening als bedoeld in de artikelen 6.16 en 6.17 op de op het eigen erf of terrein gelegen riolering of andere voorziening voor afvoer van afvalwater zodanig zijn dat bij zetting de dichtheid van de aansluiting en de afvoer gehandhaafd blijft;
 - ingevolge artikel 8.2 moeten bij het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden maatregelen worden getroffen ter voorkoming van:
 - a. letsel van personen op een aangrenzend perceel of een aan het bouw- of sloopterrein grenzende openbare weg, openbaar water of openbaar groen;
 - b. letsel van personen die het bouw- of sloopterrein onbevoegd betreden, en
 - c. beschadiging of belemmering van wegen, van in de weg gelegen werken en van andere al dan niet roerende zaken op een aangrenzend perceel of op een aan het bouw- of sloopterrein grenzende openbare weg, openbaar water of openbaar groen;
 - de op grond van de artikelen 8.2 tot en met 8.6 te treffen maatregelen worden op aanwijzing van het bevoegd gezag vastgelegd in een veiligheidsplan. Het plan bevat ter beoordeling door het bevoegd gezag:
 - a. ten minste een tekening waaruit de bouw- of sloopplaatsinrichting blijkt met:
 - 1° de toegang tot de bouw- of sloopplaats inclusief begrenzing, afscheiding en afsluiting van de bouw- of sloopplaats;
 - 2° de ligging van het perceel waarop gebouwd of gesloopt wordt en de omliggende wegen en bouwwerken;
 - 3° de situering van het te bouwen of te slopen bouwwerk;
 - 4° de aan- en afvoerwegen;
 - 5° de laad-, los- en hijszones;
 - 6° de plaats van bouwketen;
 - 7° de in of op de bodem van het perceel aanwezige leidingen;
 - 8° de plaats van machines, werktuigen en ander hulpmaterieel en opslag van materialen;
 - 9° de bereikbaarheid van bluswater- en andere veiligheidsvoorzieningen;
 - b. gegevens en bescheiden over de toe te passen bouw- of sloopmethodiek en de toe te passen materialen, materieel, hulp- en beveiligingsmiddelen bij de bouw- of sloopwerkzaamheden;
 - c. indien een bouwput wordt gemaakt:
 - 1° de hoofdopzet van de verticale bouwputafscheiding en de bouwputbodem;
 - 2° de uitgangspunten voor een bemalingsplan;
 - 3° de uitgangspunten voor een monitoringsplan ter voorkoming van schade aan naburige bouwwerken;
 - d. een rapport van een akoestisch onderzoek, indien aannemelijk is dat de dagwaarde vanwege het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden meer bedraagt of de maximale blootstellingsduur in dagen langer duurt dan de waarden, bedoeld in artikel 8.3, tweede en derde lid, of indien aannemelijk is dat niet wordt voldaan aan de beleidsregels als bedoeld in artikel 8.3, vierde lid;
 - e. een rapport van een trillingenonderzoek, indien aannemelijk is dat het uitvoeren van de bouw- of sloopwerkzaamheden een grotere trillingssterkte veroorzaakt dan de trillingssterkte bedoeld in artikel 8.4, eerste lid;

Wet natuurbescherming

- De Wet natuurbescherming dient nageleefd te worden.



Overwegingen

Bij het nemen van het besluit hebben wij overwogen dat:

- de aanvraag ontvankelijk is;
- het bouwplan voldoet aan redelijke eisen van welstand;
- er voldoende aannemelijk is gemaakt dat, *met in achtneming van vorenstaande voorwaarden*, het bouwplan voldoet aan het Bouwbesluit;
- het bouwplan voldoet aan de gemeentelijke bouwverordening;
- het bouwplan niet voldoet aan het geldende bestemmingsplan 'Legmeerpolder Zuid';
- de realisatie van dit bouwplan slechts mogelijk is door het verlenen van een omgevingsvergunning om gronden of bouwwerken te gebruiken in strijd met het bestemmingsplan. De aanvraag wordt in dat geval op grond van artikel 2.10, tweede lid van de Wabo mede aangemerkt als een aanvraag om een vergunning voor een activiteit als bedoeld in artikel 2.1 eerste lid onder c van de Wabo. Dit onderdeel wordt verder uitgewerkt bij de overwegingen op pagina 5;
- een advies van de Commissie voor de tunnelveiligheid voor dit bouwplan niet benodigd is.



Het gebruiken van gronden of bouwwerken in strijd met een bestemmingsplan.

Voorschriften

De volgende voorschriften zijn van toepassing:

- werkzaamheden dienen uitgevoerd te worden conform bijbehorende, gewaarmerkte stukken;
- het gebruik dient plaats te vinden conform bijbehorende, gewaarmerkte stukken.

Overwegingen

Bij het nemen van het besluit hebben wij overwogen dat:

- de aanvraag ontvankelijk is;
- het plan voldoet niet aan het geldende bestemmingsplan 'Legmeerpolder Zuid' met de bestemming 'Agrarisch – Glastuinbouw' als bedoeld in artikel 6 van het Bestemmingsplan;
- de strijdigheden betrekking hebben op:
 - Artikel 6.1. Het gebruik van gronden voor een bedrijfsfunctie op gronden waar dit niet is toegestaan;
- de vergunning niet kan worden verleend met toepassing van de in het bestemmingsplan opgenomen regels inzake afwijking;
- de vergunning niet kan worden verleend middels de bij algemene maatregel van bestuur aangewezen gevallen;
- dit inhoudt dat de uitgebreide voorbereidingsprocedure van toepassing is;
- voor onderliggend verzoek afzonderlijk is beoordeeld of mee kan worden gewerkt aan de gevraagde afwijking van het bestemmingsplan;
- in de ruimtelijke onderbouwing gemotiveerd wordt dat er tegen de gevraagde afwijkingen geen bezwaren bestaan;
- omdat het hier een geval betreft als vermeld in artikel 2.12 eerste lid sub a onder 3 van de wabo, wordt de omgevingsvergunning niet verleend dan nadat daarbij het aangewezen bestuursorgaan heeft verklaard dat het daartegen geen bedenkingen heeft;
- op grond van artikel 6.5, derde lid van het Bor de gemeenteraad 29 april 2015 de beleidsregels "Beleid inzake verklaringen van geen bedenkingen door de gemeenteraad van Amstelveen" heeft vastgesteld;
- onderliggende aanvraag past binnen de door de gemeenteraad goedgekeurde structuurvisie 'Amstelveen Zuid';
- zodoende de algemene verklaring van geen bedenkingen van toepassing is;
- de aanvraag is aangemerkt als een bouwplan als bedoeld in artikel 6.2.1 van het besluit ruimtelijke ordening;
- er om deze reden een verplichting bestaat tot een exploitatieplan;
- er geen exploitatieplan is vastgesteld, omdat de kosten voor het project zijn geregeld in de gesloten anterieure overeenkomst;
- het kostenverhaal hiermee voldoende is gewaarborgd.

Ter inzage legging

Van 18 januari 2018 tot en met 28 februari 2018 heeft een ontwerp van deze beschikking ter inzage gelegen en zijn belanghebbenden in de gelegenheid gesteld om zienswijzen naar voren te brengen. Van deze gelegenheid is gebruik gemaakt. De zienswijzen worden beantwoord in de bij het besluit behorende 'nota van beantwoording zienswijzen'.

connexxion 



Nota van Beantwoording

Ontvangen zienswijzen en beantwoording van zienswijzen op het

“Ontwerpbesluit omgevingsvergunning in afwijking van het bestemmingsplan Legmeerpolder Zuid, Connexxion”

Amstelveen, april 2018



Wijze van beantwoording

Deze nota van beantwoording wordt gehanteerd voor de beantwoording van ontvangen zienswijzen op de ontwerpbeschikking van de omgevingsvergunning in afwijking van het bestemmingsplan Legmeerpolder-Zuid voor het realiseren van een busremiseterrein met bijbehorende voorzieningen op het perceel Meerlandenweg 70.

Op 17 januari 2018 is bekendgemaakt dat de genoemde ontwerpbeschikking ter inzage zou worden gelegd van 18 januari 2018 tot en met 28 februari 2018. Gedurende deze periode kon een ieder een schriftelijke of mondelinge zienswijze over de inhoud van de stukken naar voren brengen bij burgemeester en wethouders. Van deze mogelijkheid is door twee omwonenden gebruik gemaakt.

De twee ontvangen zienswijzen worden hierna samengevat weergegeven. Dit betekent niet, dat die onderdelen van de zienswijzen die niet expliciet genoemd worden niet bij deze beoordeling zijn betrokken. De zienswijzen zijn in hun geheel beoordeeld.

De ontvangen zienswijzen worden per adressant puntsgewijs behandeld en weergegeven in een tabel. Links in de tabel staat naast de nummering een beknopte opsomming van de punten uit de brief en het emailbericht en in de kolom daarnaast vindt per punt de beantwoording plaats. In de rechterkolom wordt aangegeven of de reactie leidt tot aanpassing van het ontwerpbesluit met, indien van toepassing, een korte toelichting daarop.

Beide adressanten ontvangen het totaaloverzicht, inclusief eventuele bijlage(n).



Nr.	Samenvatting zienswijze per inzender	Beantwoording reacties per punt	plan-aanpassing
1.	Brief ontvangen d.d. 26 januari 2018		
a.	Door realisering van het bouwplan wordt het uitzicht van adressant bedorven en daardoor vermindert de waarde van zijn woning.	Het bouwplan wordt gerealiseerd op ca. 200 meter afstand van de woning van adressant. De maximale bouwhoogte van de bebouwing is ca. 6 meter. Ingevolge het vigerende bestemmingsplan mag op een afstand van ruim 30 meter van de woning van adressant een kas ten behoeve van glastuinbouw worden gebouwd met een maximale goothoogte van 6 meter en een maximale bouwhoogte van 8 meter. Planologisch gezien verslechtert het uitzicht van adressant ten gevolge van het bouwplan dan ook niet. Gelet op de afstand van de nieuwe bebouwing ten opzichte van de woning van adressant, de hoogte van deze bebouwing en de uiterlijke verschijningsvorm van de bouwmassa, zijn wij van mening dat het bouwplan het uitzicht van adressant niet onevenredig beperkt. Mocht adressant overigens aantoonbare schade lijden, bijvoorbeeld in de vorm van waardevermindering van zijn woning, ten gevolge van de afwijking van het geldende bestemmingsplan, dan staat het hem vrij een planschadeverzoek in te dienen bij de gemeente. Een dergelijke aanvraag moet worden ingediend binnen vijf jaar na het moment waarop het besluit om de omgevingsvergunning te verlenen onherroepelijk is geworden. Het planschaderecht is geregeld in de Wet ruimtelijke ordening (artikel 6.1 e.v.) en in de jurisprudentie.	Nee
b.	Adressant heeft zijn woning gekocht van de gemeente en is van mening dat de gemeente heeft verzwegen dat het onderhavige bouwplan achter zijn woning zou worden gerealiseerd. Temeer daar dit al bekend is sinds 2014.	In de Structuurvisie Amstelveen 2025, zoals vastgesteld door de raad op 21 december 2011, staat dat in het zuiden van de gemeente, langs de omgelegde N201 twee nieuwe bedrijventerreinen zijn gepland: De Loeten en Amstelveen-Zuid. Door de economische crisis is het voorontwerpbestemmingsplan "Bedrijventerrein De Loeten" niet verder in procedure gebracht.	Nee



		Overeenkomstig de uitvoeringsparagraaf van de Structuurvisie is gekozen voor faciliterend grondbeleid. Op basis daarvan is medewerking verleend aan diverse bedrijfsvestigingen. Eerst op 25 september 2017 is het onderhavige bouwplan aangevraagd naar aanleiding van een door de vervoerregio Amstelland en Meerlanden aan Connexxion gegunde vervoerconcessie voor 2018. De datum van gunning was 15 december 2016. In 2014 was het bouwplan derhalve niet aan de orde. In bijlage 1 van deze antwoordnota is een foto opgenomen waarop een verkoopbord zichtbaar is op het perceel achter de woning Legmeerdijk 268. Deze foto is van 14 juli 2015. Op het bord staat aangegeven dat er industrie bouwkvavels te koop zijn bij Nes Vastgoed. Ten tijde van de verkoop van de woning stond dit bord ook op deze locatie en was voor iedere voorbijganger goed waarneembaar. Potentiele kopers konden derhalve op de hoogte zijn van de aanstaande ontwikkelingen op de percelen achter de woning aan de Legmeerdijk 268. De levering van de woning heeft overigens plaatsgevonden in december 2016. Wij zijn van mening dat het voor adressant, langs diverse kanalen, kenbaar had moeten zijn dat het bedrijventerrein De Loeten op korte termijn tot ontwikkeling zou worden gebracht.	
c.	Adressant wilde zelf een stuk grond achter zijn woning kopen. Eerst kon dat niet en later wel, maar voor een veel te hoog bedrag. Hij eist een stuk grond voor dezelfde prijs als de ontwikkelaar heeft betaald.	De bedoelde strook grond was te koop aangeboden aan de ontwikkelaar. Deze was bereid af te zien van het aanbod, zodat de gemeente de grond kon aanbieden aan adressant. Via een emailbericht is adressant het aanbod gedaan om de strook grond te kopen. De prijs per vierkante meter was daarbij gelijk aan de prijs die de ontwikkelaar in rekening zou worden gebracht. Adressant vond deze prijs te hoog en heeft het aanbod daarom niet aanvaard.	Nee
d.	Het bouwplan is in strijd met het bestemmingsplan, maar er	Op 22 december 2017 is een omgevingsvergunning verleend voor	Nee



	wordt al maandenlang gebouwd.	het oprichten van een tijdelijke laadvoorziening voor elektrische OV bussen met bijbehorende bouwwerken en het aanleggen van een tijdelijke inrit. Daarna is een aanvang gemaakt met de werkzaamheden. Adressant heeft bezwaar gemaakt tegen het besluit om de vergunning te verlenen. Dit bezwaar wordt op de gebruikelijke wijze afgehandeld door tussenkomst van de commissie voor de bezwaarschriften. Een voorlopige voorziening is door adressant niet aangevraagd. Op het gehele perceel Meerlandenweg 70 hebben voor de datum van vergunningverlening overigens inderdaad werkzaamheden plaatsgevonden, zoals sloopwerkzaamheden ten behoeve van het verwijderen van de op het perceel aanwezige kassen.	
2.	Mailbericht ontvangen d.d. 31 januari 2018		
a.	Veiligheid: Op welke wijze wordt met de gevolgen van een brand van, of in de nabijheid van, de elektrische bussen omgegaan. Adressant is van mening dat een brand in deze bussen gevaarlijk is, omdat de batterijen veel chemicaliën bevatten en de energie in de batterijen niet beheerst kan worden. Dit betekent een giftige rook van een brand die niet eenvoudig bestreden kan worden. Het betreft hier nieuwe techniek die niet in de bestaande regelgeving verwerkt kan zijn. Daarnaast geeft een nieuwe techniek in principe meer kans op een calamiteit dan beproefde techniek.	Op 12 maart 2018 is van adressant een emailbericht ontvangen, waarin hij aangeeft dat, als gevolg van een gesprek d.d. 8 maart 2018 met Connexxion en de fabrikant van de bus (VDL) in combinatie met de RDW goedkeuring, ervan wordt uitgegaan dat hiermee de kans op het ontstaan van een brand in de bus zelf zoveel mogelijk is geminimaliseerd. In het emailbericht geeft adressant voorts aan dat als bezwaar nu overblijft de vraag wat het gevaar is voor de omwonenden bij een brand van de gestalde bussen of het nu door de bus zelf wordt veroorzaakt of van buitenaf. Een calamiteit in de vorm van een brand kan niet voor 100% worden uitgesloten. Uit de factsheet feitenmateriaal elektrische voertuigen en veiligheid (zie bijlage 2) maken wij op, dat uit eind 2012 door het Duitse expertisecentrum Dekra uitgevoerde brandtesten blijkt dat elektrische voertuigen met een lithium-ion accu bij brand minstens	Nee



		zo veilig zijn als voertuigen met verbrandingsmotoren en conventionele accu's. De vlammen- en rookontwikkeling bij brandende accu's bleek zelfs significant minder te zijn dan bij benzine en diesel. De rook van zo een accu brand kan daarbij wel bijzonder giftig zijn, waardoor het gevaar daarvan vergelijkbaar is met die van een brand met een conventioneel voertuig. Uit de tests die Dekra uitvoerde bleek het vuur zich bovendien minder snel te verspreiden, omdat er geen brandbare vloeistoffen uit de lithium-ion accu's lekken. Voor het blussen van de batterijbranden is een overvloed aan water gebruikt. Analyse van het bluswater laat zien dat de milieubelasting voor het blussen van brandende voertuigen met lithium-ion- en reguliere 12-volt accu's vergelijkbaar is. Het onderzoek wordt ondersteund door een onderzoek van het Instituut Fysieke Veiligheid, dat in opdracht van Stadsregio Amsterdam en Amsterdam Airport Schiphol is uitgevoerd (zie bijlage 3). In dit kader ten slotte hebben wij advies gevraagd aan de brandweer. Op 27 maart jl. hebben wij dit advies via de mail ontvangen. Ook de brandweer komt tot de conclusie dat de brandbestrijding bij elektrische bussen voor haar niet anders is dan de brandbestrijding bij conventionele bussen. Aangezien bij elektrische bussen, in tegenstelling tot bij conventionele bussen, geen gevaar bestaat op het uitlopen van brandende vloeistof, is de kans op branduitbreiding bij elektrische bussen wellicht zelfs geringer dan bij conventionele: er is immers geen kans op "lopend vuur" dat onder andere voertuigen door loopt en daardoor kan leiden tot versnelde branduitbreiding. Hoogstens zal de brandweer misschien meer water nodig hebben dan bij een brand in een conventionele bus, al is dat volgens haar niet zeker: gezien de	
--	--	--	--



		grote hoeveelheid kunststof in moderne bussen is de vuurlast hiervan sowieso hoog, los van het wel of niet aanwezig zijn van batterypacks. Voor de technische informatie en aanwijzingen over de betreffende bus gaat de brandweer gebruik maken van het Crash Recovery Systeem (CRS). De Schipholbussen van VDL zijn hierin reeds opgenomen. Daarnaast hebben enkele korpsleden een praktijkgerichte voorlichtingssessie van VDL bijgewoond. Bezien wordt of deze kan worden herhaald voor een aantal kernfunctionarissen. De door VDL aangeleverde informatie zal in ieder geval – voor zover relevant – met de bevelvoerders en Officieren van Dienst worden gedeeld tijdens een komende serie themadagen voor bevelvoerders. Er is volgens de brandweer op basis van het bovenstaande geen noodzaak tot het opstellen van een speciale blusprocedure. Ook wordt geen speciaal aanvalsplan door de brandweer plan gemaakt, omdat dit alleen wordt gedaan voor objecten waarbij gevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Bussen met een elektrische aandrijving vallen daar niet onder. Gelet op het voorgaande zijn wij van mening dat, in geval van een calamiteit in de vorm van een brand, de brandweer in staat is om adequaat op te treden.	
b.	Het is aannemelijk dat het terrein verlicht zal worden. Hoe wordt voorkomen dat adressant geen overlast ervaart van de verlichting?	Bij emailbericht van 12 maart 2018 heeft adressant gemeld dat het bezwaar omtrent de verlichting is weggenomen, omdat hem door Connexxion via de mail is toegezegd, dat de verlichting zal worden afgesteld in overleg met de omwonenden.	Nee

Bijlage 1

Bijlage 1

Internet Explorer browser window showing the 'KoA (Kijk op Amstelland)' application. The address bar shows 'http://asvkoa001/nedbrowser/NBG_main.asp?default=Y'. The application header includes 'Gemeente Amstelveen' and a search bar with 'Legmeerdijk 268, 1187NL Amstelveen'. The main interface features a 'Cyclorama viewer' window displaying a 360-degree panoramic image of a landscape with a large building and a sign. The viewer includes a list of image timestamps (e.g., 2015-07-14 14:45:23) and a 'Focusmode' checkbox. The background is an aerial map view with green property boundaries and numbers (e.g., 4587, 10027, 10028). A small inset map in the bottom right corner shows the location within a larger area. The bottom status bar displays various filters and a table of data.

Nr	Straatnaam	HsNr	HsLr	HsTv	Postcode	Buurtnaam	Woonplaats	Dossier	Type	Status	in onderzoek	Gebruiksdoel	m2	DocNr mutatie	Ingang mutatie	BagID VBO	Panden	Toon op Kaart
1	Legmeerdijk	268			1187NL	Buitengebied-Zuid	Amstelveen	Klik hier	Verblijfsobject	In gebruik	N	Woonfunctie	259	D-2013/330209	06-11-2013	0362010002018634	Panden	Toon op Kaart

Bijlage 2



Factsheet feitenmateriaal

Elektrische voertuigen

en veiligheid

Oktober 2014

Hybride elektrische en volledig elektrische voertuigen worden langzaam maar zeker steeds bekender. Het aantal voertuigen op de weg groeit gestaag¹ en daarmee rijst ook de vraag hoe veilig deze voertuigen zijn. Naar het onderwerp elektrische voertuigen (EV) en veiligheid is al veel onderzoek gedaan en ook de komende jaren zal nog veel onderzoek worden uitgevoerd. In deze online versie van de factsheet 'Elektrische voertuigen en veiligheid' wordt op een rij gezet wat er momenteel bekend en beschikbaar is.

Deze factsheet gaat in op de volgende onderwerpen.

2.1 Voertuigveiligheid

Deze paragraaf geeft een overzicht van de veiligheidseisen waaraan hybride en elektrische voertuigen moeten voldoen.



2.2 (Afwezigheid van) geluid

Geluid blijkt gelukkig weinig tot geen effect op objectieve en subjectieve verkeersveiligheid te hebben. Toch worden er vaak vragen over gesteld en deze paragraaf gaat daar nader op in.



2.3 Incident Management

Wat moeten hulpdiensten doen bij een ongeval met een elektrisch voertuig? Naast aandacht voor hoge spanning voerende bedrading blijkt ook het effectief uitschakelen van het zeer hoge koppel van elektrische voertuigen belangrijk.



2.4 Onderhoud en veiligheid

Hoe worden garagepersoneel, automonteurs en technici op de komst van elektrische voertuigen voorbereid?



2.5 Brandveiligheid

Hoe zit het met de brandveiligheid van elektrische en hybride elektrische auto's? Uit proeven en langzaam groeiende praktijkervaring blijkt dat elektrische en hybride elektrische voertuigen bij brand minstens zo veilig zijn als voertuigen met verbrandingsmotoren en conventionele accu's. De zogenoemde brandlast is lager dan bij een conventionele auto. Voor het blussen van een brandend elektrisch voertuig of accupakket is een overvloed aan water geschikt.



2.6 Te water geraking

In deze paragraaf wordt beschreven wat er gebeurt als een elektrisch voertuig geheel of deels onder water geraakt.



2.7 Laadinfrastructuur

Hoe staat het met de (brand)veiligheid van laadinfrastructuur bij het laden en bij een botsing?



2.8 Waterstof en brandstofcel

Wat zijn de belangrijkste eigenschappen van waterstof-brandstofcelauto's voor wat betreft veiligheid?



Noot

Wanneer u op een van de 'paragraafbalken' klikt, komt u terecht bij de beschrijving. Klikt u vervolgens onderaan de paragraafpagina op 'Inleiding', dan komt u weer terug op deze pagina Inleiding en inhoud.

¹ Ultimo Juni 2014: volledig elektrisch (personen- en bedrijfsauto's) ca. 5900, PHEV en EREV (met stekker) ca. 32.200, en hybride elektrisch zonder stekker ca. 98.100.

Vanaf 1 april 2011 bevat de Wegenverkeerswet 1994 ook eisen voor elektrisch aangedreven en hybride elektrische voertuigen voor afgifte van een Nationale kleine serie goedkeuring en een individuele goedkeuring. Voertuigen moeten voldoen aan bepaalde veiligheidseisen als ze worden gebouwd als, of omgebouwd naar elektrisch aangedreven of hybride elektrische voertuigen. Deze eisen hebben specifiek betrekking op de elektrische aandrijflijn. In grote lijnen moet het voertuig voldoen aan de volgende veiligheidseisen

- Uniforme voorschriften voor de goedkeuring van elektrische voertuigen (VN/ECE-reglement nr.100).
- Testen en eisen met betrekking tot de elektromagnetische compatibiliteit (EMC, richtlijn 72/245/EEG en 97/24/EG).
- Testen en eisen met betrekking tot het weggedrag (beleidsregel weggedrag).
- Eisen aan de bekabeling, voorziening uitschakeling hoogspanning en plaatsing van het accupakket (bijlage IV, annex 4, Regeling voertuigen).
- Vanaf 2011 moeten kabels met een hoog voltage een oranje kleur hebben zodat ze voor monteurs en hulpdiensten snel en eenvoudig te detecteren zijn. Vóór dit jaartal kunnen de kabels met een hoog voltage ook een andere kleur hebben.

Meer informatie over de veiligheidseisen waaraan elektrische voertuigen moeten voldoen, is te vinden op de website van de RDW² (Dienst Wegverkeer).

Alle nieuwe automodellen zijn wettelijk verplicht om bepaalde veiligheidstesten te ondergaan voordat ze verkocht mogen worden. De wetgeving stelt hiervoor een wettelijke minimumnorm van veiligheid voor nieuwe auto's. De meeste nieuwe productiemodellen worden aanvullend onderworpen aan de botsproeven van EuroNCAP, een gezamenlijk initiatief van de Europese consumentenorganisaties. In deze botsproeven behalen hybride en elektrische auto's met 4 en 5 sterren vergelijkbaar goede resultaten als 'gewone' benzine- en dieselauto's en zijn daarmee net zo veilig. De consument mag dus van zijn elektrische voertuig dezelfde hoge veiligheidsstandaard verwachten. De EuroNCAP-botsproeven gelden niet voor zelfgebouwde of omgebouwde elektrische en hybride auto's. Meer informatie over EuroNCAP, de botsproeven en de resultaten is te vinden op de website van EuroNCAP³.

Ook de veiligheid van elektrische 2-wielers is een punt van aandacht. Eind Juni 2014 waren er al meer dan 24.900 elektrische snor- en bromscooters in Nederland geregistreerd en het aantal neemt snel toe. Voor deze categorie is er geen wet- en regelgeving om de veiligheid van de gebruiker, maar ook de omgeving te kunnen garanderen als het gaat om de elektrische componenten (zoals een UNECE-R100). Dat maakt het moeilijk om potentieel onveilige voertuigen te weren van de Nederlandse weg. Een nieuwe kaderrichtlijn voor twee- en driewielige voertuigen is in ontwikkeling, maar zal pas over ongeveer drie jaar van kracht worden. De branchevereniging DOET (Dutch Organisation for Electric Transport) en zes Nederlandse elektrische scooterfabrikanten hebben daarom TNO gevraagd om een lijst met criteria op te stellen voor het borgen en verhogen van de veiligheid en kwaliteit van elektrische scooters. Deze lijst was voor DOET het vertrekpunt voor de toelatingseisen voor een eigen keurmerk.

² Website RDW: <http://www.rdw.nl>

³ Website EuroNCAP: http://nl.euroncap.com/home_nl.aspx

Bij rijsnelheden tot ongeveer 20 km/u maakt een elektrisch aangedreven personenauto vrijwel geen geluid. Daarboven overheerst het bandengeluid. Het vrijwel ontbreken van geluid kan lastig zijn voor fietsers en voetgangers. Het eventueel toevoegen van geluid is daarom onderwerp van studie in Geneve en Brussel.

Inmiddels is er een Europese conceptverordening opgesteld die onder andere nadere eisen stelt aan het geluidsniveau van elektrische voertuigen bij lage snelheid. Sinds 1 Januari 2013 staat de regeling voertuigen toe dat hybride of volledig elektrische voertuigen mogen zijn voorzien van een akoestisch voertuigwaarschuwingssysteem dat werkt tot het voertuig een snelheid van 25 km/u heeft bereikt.

Recente onderzoeken laten zien dat de bijna afwezigheid van geluid bij elektrische en hybride elektrische auto's niet per definitie verkeersonveiliger is. De resultaten van twee recente studies laten geen significant grotere ongevalskans (objectief) voor voetgangers zien (SWOV, 2011: R-2011-11⁴) en ook geen significant verschil in de onveiligheidsbeleving (subjectief) van voetgangers bij verkeerslichten en oversteekplaatsen in vergelijking met auto's met moderne verbrandingsmotoren en start-stop-systemen (Dudenhöffer, 2011: uni-due⁵).

Elektrische fietsen en scooters kunnen door de afwezigheid van geluid voor (andere) fietsers en voetgangers een probleem vormen. Hier is nog nauwelijks onderzoek naar gedaan.

⁴ Rapport R-2011-11 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid: <http://www.swov.nl/rapport/R-2011-11.pdf>

⁵ Rapport uni-due: http://www.uni-due.de/~hk0378/publikationen/2011/2011_08_GAK.pdf

Naarmate het aantal elektrische voertuigen op de weg toeneemt, neemt de kans toe dat elektrische auto's bij ongevallen betrokken raken. Dit geldt ook voor snelwegen. Bij ongevallen op de snelweg is het zaak om middels *Incident Management* de hulpdiensten efficiënt en snel in te zetten, om gevaar te minimaliseren en het verkeer zo snel mogelijk weer op gang te krijgen. Bij een ongeval bestaat bij elektrische voertuigen het gevaar dat delen onder stroom staan of dat er door kortsluiting brand ontstaat, al is de kans daarop door veiligheidsvoorzieningen en constructie zeer klein. De procedure voor het benaderen en omgaan met bij een ongeval betrokken elektrische voertuigen is daarom belangrijk. Voor conventionele auto's was er al een richtlijn 'Veiligheidsmaatregelen bij incidenten'⁶. Voor elektrische voertuigen is inmiddels een bijlage toegevoegd met een richtlijn voor incident management bij elektrische voertuigen⁷.

Elektrische productieauto's worden opgenomen in een *Crash Recovery System* (CRS) dat is gekoppeld aan het kentekenregister van de RDW. In het CRS staat de brandstofsoort van auto's vermeld en daarmee kunnen af fabriek afgeleverde elektrische auto's als elektrisch worden herkend. Bij het intypen van een kenteken verschijnt informatie over hoe brandweerlieden een elektrische auto na een ongeluk het beste kunnen benaderen, waar ze wel en niet in de auto mogen knippen of hoe ze een vuur moeten doven.

Zelfgebouwde elektrische auto's en naar elektrisch omgebouwde auto's staan ook in het CRS, maar voor specifieke instructies is men dan afhankelijk van de door de (om)bouwer aangeleverde informatie. Het CRS betreft een commercieel product en lang niet alle brandweerregio's beschikken over dit systeem. Daardoor hebben veel brandweerpverleners momenteel geen toegang tot de informatie. Naar verwachting komen er de komende jaren alternatieven beschikbaar, b.v. in de vorm van apps.

Voor hulpverleners zijn er cursussen technische hulpverlening bij ongevallen met alternatief aangedreven voertuigen. Daarin komen zaken aan bod als het benaderen, veiligstellen en afhandelen van elektrische en hybride voertuigen bij incidenten.

Een punt van aandacht bij het omgaan met elektrische voertuigen is het zeer hoge koppel dat ook al bij lage toeren opgewekt wordt door een elektrisch voertuig. Hierdoor zijn de wiggen die onder wielen worden gelegd om weggrollen te voorkomen minder geschikt voor EV's. De auto-aandrijving moet om deze reden echt volledig afgeschakeld worden om veilig met het voertuig te kunnen werken. Een laatste punt dat aandacht behoeft is het slepen van een (deels) elektrische auto. Wanneer een elektrische auto wordt gesleept terwijl de aangedreven wielen rollen, zal extra energie in de accu worden opgeslagen, en kan de elektronica en/of accu overbelast of beschadigt raken. Vergelijkbaar met een auto met een versnellingsautomaat, mag een EV dus niet gesleept worden met de aangedreven wielen rollend. Daarvoor in plaats moeten de aangedreven wielen of de hele auto opgetakeld worden.

⁶ Richtlijn 'Veiligheidsmaatregelen bij incidenten': http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RI_Totaal2012_03.pdf

⁷ Richtlijn voor incident management bij elektrische voertuigen: http://www.incidentmanagement.nl/Portals/0/Documenten/RI_Totaal2012_03.pdf#page=20

De autobranche bereidt zich volop voor op de komst van de elektrische auto. Elektrische auto's stellen andere eisen aan garagepersoneel, monteurs en technici. Een elektromotor heeft minder bewegende delen dan een benzine- of dieselmotor en heeft daardoor minder onderhoud nodig. Verder werken de batterijpakketten van elektrische auto's met een hogere spanning van 300–600 Volt. De Arbo-wet vereist dat voor elektrotechnische werkzaamheden boven de 24 volt wordt voldaan aan de norm NEN 3140. Speciaal voor de automobielbranche is de NEN 9140 ontwikkeld die is afgeleid van de NEN 3140. De NEN 9140 geeft specifieke eisen voor het veilig werken aan elektrische voertuigen. Daarnaast verzorgen diverse instellingen trainingen 'Veilig werken aan elektrische & hybride voertuigen'. Voor hulpdiensten zoals brandweer en voor steekproefcontroleurs en andere technisch medewerkers van de RDW zijn vergelijkbare opleidingen ontwikkeld. Ook de autofabrikanten en hun toeleveranciers leiden hun mensen op conform specifieke veiligheidsinstructies. Vanaf september 2012 start de ANWB met een training voor wegenwachters om veilig pechhulp te kunnen verlenen aan elektrische auto's. Het gaat om een cursus die in twee fases wordt gegeven door het ANWB opleidingscentrum in Utrecht in samenwerking met de DEKRA. Daarbij is aandacht voor de basisbeginselen van het werken aan elektrische auto's, het benaderen van elektrische voertuigen en voor het werken aan installaties met hoge voltages langs de weg.

Fabrikanten van elektrische en hybride elektrische voertuigen besteden veel aandacht aan de brandveiligheid van hun voertuigen en ze testen deze daar vóór productie uitvoerig op. Ook na productie bewaken ze dat zorgvuldig. Zo nam General Motors eind 2011 het zekere voor het onzekere door de elektrische Chevrolet Volt tijdelijk uit productie te nemen nadat tijdens Amerikaanse botsproeven brand in het batterijpakket was ontstaan. Autofabrikanten en -importeurs hebben gedetailleerd uitgewerkte protocollen klaarliggen voor een eventueel incident met hun elektrische auto, ook bij brand. Op dit terrein worden in Nederland ook trainingen voor hulpdiensten ontwikkeld. Daarbij wordt gebruik gemaakt van wat er al in andere landen beschikbaar is. Een voorbeeld daarvan zijn de (online) trainingen van het Amerikaanse National Fire Protection Association (NFPA⁸).

De effecten van brand op voertuig en batterijpakket worden steeds beter doorgrond. Daarom hoeven brandweerkorpsen niet meer terughoudend te zijn met het verlenen van vergunningen voor laadpalen in parkeergarages. Er zijn wel nog vragen over wat er bij een calamiteit zou kunnen gebeuren bij een mogelijke beschadiging van de elektrische installatie of het batterijpakket of bij het door interne of externe oorzaak in de brand geraken van een elektrische auto. Het is belangrijk dat hier meer onderzoek naar wordt gedaan, dat er duidelijke protocollen en richtlijnen komen voor hulpdiensten en dat deze hierin worden getraind. De brandweer Rotterdam heeft voor haar regio inmiddels een praktijkrichtlijn opgesteld.

Uit eind 2012 door het Duitse expertisecentrum DEKRA uitgevoerde brandtesten blijkt dat elektrische en hybride elektrische voertuigen met een lithium-ion accu bij brand minstens zo veilig zijn als voertuigen met verbrandingsmotoren en conventionele accu's. De vlammen- en rookontwikkeling bij brandende accu's bleek zelfs significant minder te zijn dan bij benzine en diesel. De rook van zo'n accu brand kan daarbij wel bijzonder giftig zijn, waardoor het gevaar daarvan vergelijkbaar is met die van een brand met conventioneel voertuig.

Uit de tests die Dekra uitvoerde bleek bovendien dat het vuur zich minder snel te verspreiden omdat er geen brandbare vloeistoffen uit de lithium-ion accu's lekken. Voor het blussen van de batterij branden is een overvloed aan water gebruikt. Analyse van het bluswater laat zien dat de milieubelasting voor het blussen van brandende voertuigen met lithium-ion- en reguliere 12-volt accu's vergelijkbaar is. Meer informatie over het onderzoek is te vinden onder blussen⁹.

⁸ Website trainingen NFPA: <http://www.evsaftytraining.org/Training.aspx>

⁹ Artikel onderzoek Dekra: http://www.dekra.de/de/pressemitteilung?p_p_lifecycle=0&p_p_id=ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay&ArticleDisplay_articleID=24844066

De risico's van elektrische voertuigen die volledig onder water gedompeld zijn, zijn vrij goed bekend, zie b.v. de Amerikaanse informatie onder onderdompeling¹⁰. Hieruit blijkt dat het risico op elektrocutie nihil is. Er is een kleine kans dat zich door electrolyse waterstof- en zuurstof-gas in het voertuig ophopen. Daarom dienen bij verwijdering uit het water de deuren van het voertuig te worden geopend of de ruiten te worden ingetikt.

Over de risico's van elektrische voertuigen die slechts deel onder water geraken is minder bekend. Hier dient verder onderzoek naar te worden verricht.

¹⁰ Amerikaanse informatie over onderdompeling: <http://www.mgstech.net/new-vehicle-technology-awareness-for-public-safety-divers>

Omwillen van de aanraakveiligheid en brandveiligheid is er in Nederland voor gekozen om alle openbare oplaadpunten uit te voeren als mode 3, type 2, de zogenaamde 'type 2'-aansluiting, ook wel de 'Mennekes-stekker' genoemd. Dit is een aansluiting waar alleen spanning op komt te staan wanneer de laadkabel en elektrische auto op de juiste manier zijn aangesloten. Ook de volgorde van verplichte handelingen bij het laden maakt het laden brand en aanraakveilig. Zo moet eerst de kabel op de auto worden aangesloten, dan op het oplaadpunt en het communicatie protocol zorgt er voor dat de verbinding gecontroleerd wordt. Pas als de stekker in de oplaadpaal is vergrendeld komt er spanning op de uitgang (of loopt er stroom door de kabel) en begint het laden. Als tijdens het laden de stekker onverwacht toch uit de auto wordt getrokken zal het communicatie protocol dit detecteren en wordt de stroom onmiddellijk afgesloten en is de kabel veilig.

Over de veiligheid met betrekking tot het afrijden van laadpalen zijn nog vragen. Wat gebeurt er als een voertuig een laadpaal omrijdt? Op welke hoogte kan er dan nog spanning op staan? Hier is een potentieel conflict met de arbo-wetgeving voor de elektriciens (minimaal kniehoogte). Hier wordt momenteel naar gekeken. CROW heeft eind 2013 een richtlijn voor laadinfrastructuur en veiligheid gepubliceerd¹¹.

¹¹ CROW-richtlijn 336 Laadinfrastructuur en veiligheid: <http://www.crow.nl/over-crow/nieuws/crow-en-agentschap-nl-introduceren-richtlijnen-voor>

Waar een 'normaal' hybride-elektrisch voertuig is voorzien van een verbrandingsmotor, is een brandstofcelhybride-elektrisch voertuig voorzien van een brandstofcel. In de brandstofcel wordt waterstof direct omgezet in elektriciteit. Een brandstofcelhybride-elektrisch voertuig (FCHEV: fuel cell hybrid electric vehicle) wordt ook wel aangeduid als brandstofcel-elektrisch voertuig (FCEV: fuel cell electric vehicle), brandstofcelvoertuig (FCV: fuel cell vehicle) of waterstofvoertuig.

Het waterstof wordt getankt als gecompriemd gas, bij een 'normale' tankzuil. Voor bussen ligt de standaarddruk op 35 MPa (350 bar) en voor personenauto's lijkt de standaard op 70 MPa (700 bar) uit te komen. De huidige brandstofcelauto's kunnen op een volle tank (5 á 6 kg waterstof) ongeveer 500-600 km rijden en in ongeveer 3 minuten weer voltanken.

Brandstofcelvoertuigen op waterstof zijn lokaal volledig emissievrij en de potentie die het gebruik van waterstof heeft voor het verminderen van CO₂-emissies is groot, oplopend tot bijna 100 procent als waterstof wordt geproduceerd met CO₂-neutrale energiebronnen zoals wind- en zonne-energie, of uit duurzame biomassa of biogas. Rijden op waterstof is daarom een kansrijk spoor richting duurzame mobiliteit.

Hoewel de ontwikkeling van brandstofcelvoertuigen enige tijd minder aandacht heeft gekregen zien producenten en de Europese Commissie toch een groot toekomstperspectief. Zo zal in 2014 het project Hydrogen Infrastructure for Transport (HIT) worden afgerond. In deze door Nederland getrokken en mede door de EU gefinancierde studie zullen nationale uitrolplannen worden gepresenteerd, die ook op elkaar worden afgestemd en geïntegreerd. Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2013 een plan van aanpak "Rijden op Waterstof" opgesteld, waarin het faciliteren van de marktintroductie centraal staat.

De aantallen brandstofcelvoertuigen en tankmogelijkheden in Nederland en Europa zijn momenteel nog zeer klein, maar gezien genoemde ontwikkelingen zullen wereldwijd vanaf 2015 naar verwachting enkele duizenden voertuigen in gebruik worden genomen, waaronder in Nederland.

Brandstofcelvoertuigen komen wat betreft de aandrijflijn sterk overeen met volledig elektrische voertuigen. Veel aandachtspunten voor hulpverleners of first responders bij ongevallen zullen daarom hetzelfde zijn, behalve daar waar het waterstofsysteem betreft (i.e. rondom brandstofcel en waterstoftank). Daarvoor zullen aanvullende aandachtspunten in kaart moeten worden gebracht. Nadere inventarisatie via de autoproducenten of waterstofvoertuigexperts is onontbeerlijk om die specifieke aandachtspunten te verzamelen. Voor hulpverlening en incidentbestrijding rond waterstof zijn in de VS trainingsprogramma's ontwikkeld en informatieve websites opgezet, zoals h2tools.org¹⁴.

¹² Fabrikanten kiezen unaniem voor gebruik van waterstof in een brandstofcel in een elektrisch-hybride configuratie. Overigens kan waterstof in beginsel ook gebruikt worden in een verbrandingsmotor, maar dat zal beperkt blijven tot een enkel voertuig.

¹³ Hyundai introduceerde in april 2013 de Hyundai ix35, en ook van Toyota, Honda en Mercedes is al bekend dat ze de productie van waterstofauto's voorbereiden. Daarnaast is ook een aantal busfabrikanten al actief in ontwikkeling en levering van eerste series.

¹⁴ Website h2tools: <http://h2tools.org/>

Bijlage 3

Brandveiligheid van elektrische bussen



Instituut Fysieke Veiligheid
Expertisecentrum
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Colofon

Opdrachtgevers:	Stadsregio Amsterdam en Amsterdam Airport Schiphol
Titel:	Brandveiligheid van elektrische bussen
Datum:	30 september 2016
Status:	Definitief
Versie:	1.2
Auteurs:	dr. ir. Nils Rosmuller Tamo Vogel, MSc
Projectleider:	dr. ir. Nils Rosmuller
Review:	dr. ir. Ricardo Weewer
Eindverantwoordelijk:	dr. ir. Nils Rosmuller

Voorwoord

Nederland is een transport- en vervoerland, of het nu over de weg, het spoor of het water gaat. (Personen)vervoer over de weg in Nederland moet verduurzamen. Elektrische personenauto's dragen daar aan bij, maar ook steeds duurzamere brandstoffen en alternatieven in het openbaar vervoer leveren hun bijdrage. Dat is natuurlijk goed nieuws. De keerzijde van deze medaille is dat met innovaties ook mogelijke veiligheidsrisico's worden geïntroduceerd die we soms wel, maar soms ook niet kennen. Desondanks is de wens het vervoer te blijven faciliteren. Een dergelijke wens manifesteert zich nog sterker wanneer 'nieuwe brandstoffen' door wegtunnels gaan rijden: wat zijn hiervan de risico's, hoe groot zijn deze, en welke maatregelen zijn passend?

Schiphol kent drie eigen tunnels die worden gereviseerd, en staat tegelijkertijd aan de vooravond van de introductie van elektrische bussen op het STER-net. Deze gereviseerde tunnels vereisen een openstellingsvergunning afgegeven door de Omgevingsdienst. Dat hiertoe de veiligheid goed geregeld moet zijn is evident. Deze rapportage verschaft de eerste bouwstenen voor de duiding van de risico's van elektrische bussen in tunnels. Deze eerste duiding heeft geresulteerd in condities die opgenomen kunnen worden in de aanbesteding voor aanschaf van elektrische bussen. Het IFV prijst zich gelukkig met deze ontwikkeling van verduurzaming van het verkeer en vervoer in Nederland. Het IFV is verheugd hieraan bij te kunnen dragen door inzicht te verschaffen in de veiligheidsconsequenties van dergelijke innovaties. Het IFV is de opdrachtgever, Stadsregio Amsterdam en Amsterdam Airport Schiphol, dan ook zeer erkentelijk voor het gegeven vertrouwen om deze opdracht te mogen uitvoeren.

Inhoud

1	Aanleiding en aanpak	5
2	'Nieuwe' gevaren bij elektrische bussen	8
3	Soorten battery packs	9
3.1	NiMH-accu's	9
3.2	Li-ion batterijaccu's	10
3.3	Nieuwe batterij-technieken	12
4	Risico's en veiligheid	13
4.1	Thermal runaway	13
4.2	Brandgegevens Li-ion batterijen	14
4.3	Vrijkomen van gevaarlijke stoffen	21
4.4	Incidentbestrijding	23
4.5	Vergelijking elektrische bus met dieselbus	26
5	Conditie	29
5.1	Hoofdconditie	29
5.2	Subcondities	29
6	Conclusie	33
	Referenties	34

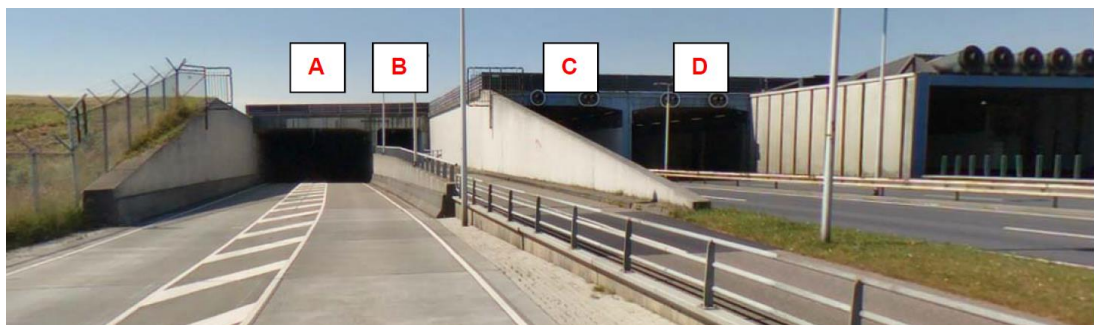
1 Aanleiding en aanpak

In de regio Amsterdam wil men omwille van duurzaamheid de streekbussen door middel van *battery packs* aan laten drijven (elektrisch). De Veiligheidsregio Kennemerland (VRK) heeft zo zijn zorgen geuit over de veiligheid van dergelijke bussen in de Buitenveldertunnel van Schiphol: bepaalde zaken zijn onbekend, dan wel onzeker. Die zorg is begrijpelijk¹: *onbekend maakt onbemind*. Te denken valt aan gevaren van de bussen zelf, zoals elektrocutiegevaar, de moeilijke bereikbaarheid van de *battery packs* om te blussen en de toxische verbrandingsproducten in de brandgassen zoals waterstoffluoride. Bij typische tunnelinvloeden wordt gedacht aan gevaren als de beperkte werkruimte, de potentieel hogere concentratie van toxische brand- en rookgassen en de grote hoeveelheid bluswater die gedurende lange periode beschikbaar moet zijn.

De *Diensttunnel* is in 1966 gebouwd en ligt direct naast de tunnel in de A4. De tunnel is bestemd voor lokaal en regionaal verkeer dat er met een snelheid van maximaal 70 km/u doorheen mag. Het gesloten deel van de tunnel is 520 meter lang en heeft twee gescheiden tunnelbuizen met elk twee rijstroken. De tunnel is voor het eerst gerenoveerd in de periode 1988-1992.

Het huidige Buitenveldertunnelsysteem bestaat uit een viertal tunnelbuizen, te weten A) de huidige Buitenveldertunnel, B) de fietstunnel, C) de huidige Diensttunnel Oost en D) de huidige Diensttunnel West. De Buitenveldertunnel is een vrije busbaan die onder de Buitenveldertbaan loopt. De tunnel is in 2000 gebouwd en heeft een gesloten deel van 480 meter lang. De tunnel heeft twee rijstroken (gescheiden door een middenberm) en tegengesteld verkeer. Per rijrichting gaan er 40 bussen per uur door de tunnel. De maximumsnelheid is 70 km/u.

De naast elkaar gelegen tunnels met hun gebruik zijn hieronder weergegeven:



Figuur 1: Het huidige Buitenveldertunnelsysteem.

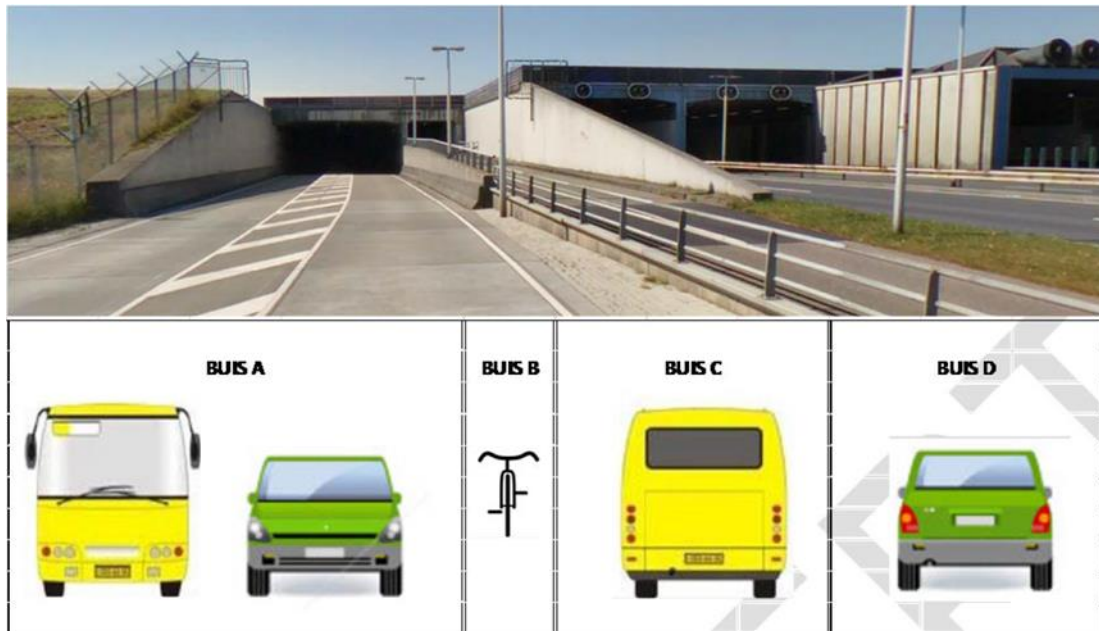
Deze situatie wordt aangepast. Per 1 mei 2019 zal een tunnelconfiguratie gerealiseerd zijn, en mits voorzien van openstellingsvergunning, die bestaat uit een andere configuratie. De configuratie van buizen die thans wordt voorbereid, en waarvan de opdrachtgevers van voorliggende rapportage (de Stadsregio Amsterdam en Amsterdam Airport Schiphol geen voorstander zijn²) betreft 4 buizen:

¹ Anderzijds rijden er thans ook personenvoertuigen en vrachtwagens op *battery packs*.

² Onder meer vanwege exploitatie-redenen en de 'complexe' verkeerssituatie direct voor het Buitenveldertunnelsysteem.

- > Een buis A (2 rijstroken in dezelfde richting) voor verkeer van Amsterdam naar Schiphol. Eén van de rijstroken is exclusief bestemd voor busvervoer (elektrisch en conventioneel), de andere rijstrook voor het verkeer van het onderliggende wegennet (waaronder vrachtverkeer). De rijstroken worden van elkaar gescheiden door een doorgetrokken witte lijn.
- > Een buis B, voor fietsers.
- > Een buis C en D, idem als buis A, voor verkeer van Schiphol in de richting Amsterdam. De rijstroken worden echter elkaar gescheiden door een tussenwand tussen de busstrook (buis C) en buis D voor regulier autoverkeer van het onderliggende wegennet (waaronder vrachtverkeer).

De onderstaande afbeelding schetst de in voorbereiding zijnde toekomstige situatie.



Figuur 2: Toekomstige configuratie in voorbereiding van het Buitenveldertunnelstelsel.

Geopend per 1 mei 2019 houdt in dat er een openstellingsvergunning is afgegeven door de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG). Dit betekent dat de tunnels 'veilig' moeten zijn. Een veilige tunnel wordt op tal van aspecten in samenhang gerealiseerd. Op hoofdcategorieën gaat het om techniek, organisatie en gedrag.

- > **Techniek:** Allereerst is er in Nederland de Tunnelwet met eisen aan die veiligheid en hieronder de van kracht zijnde tunnelstandaard. Deze standaard stelt ontwerp-eisen aan tunnels, al naar gelang het gebruik van de tunnel. Denk hierbij bijvoorbeeld aan vluchtdeuren, hulpkasten en installaties (ventilatie, oproepsystemen, etc.).
- > **Organisatie:** veiligheid van de tunnel wordt ook bepaald door de beheersorganisatie (welke afspraken zijn er gemaakt omtrent onderhoud, inspecties, hulpverlening, ...) en het gebruiksregime (wat mag er wel door aan voertuigen, in welke mate en met welke snelheden).
- > **Gedrag:** Tot slot wordt de veiligheid ook beïnvloed door het gedrag van mensen die gebruik maken van de tunnel zoals weggebruikers, maar zeker ook in dit geval, relevant specifieke doelgroepen zoals buschauffeurs.

Deze rapportage spitst zich toe op (slechts) een deelfacet van die tunnelveiligheid, namelijk de techniek van vervoermiddelen, te weten de veiligheidsgevolgen van het rijden van bussen voor personenvervoer, met battery packs als energiebron voor de aandrijving, verder elektrische bussen genoemd.

De gevaren, en het inzicht in de consequenties van elektrische bussen dienen duidelijk te zijn opdat hiertoe condities gesteld kunnen in de aanbesteding³ voor het rijden van streekbussen op battery packs. Deze eerste verkenning levert de aanzet voor deze te stellen condities in de aanbesteding voor de aan te schaffen 39 bussen.

De volgende vragen staan centraal in deze rapportage:

1. Wat zijn extra dan wel andere risico's als gevolg van elektrische bussen (*battery pack*) ten opzichte van dieselbussen in tunnels?
2. Welke condities ten behoeve van de (brand)veiligheid van elektrische bussen in de Buitenveldertunnel wordt geadviseerd op te nemen in de aanbesteding?

Om de boven gestelde vragen te beantwoorden hanteren we de volgende redeneerlijn.

Als eerste bekijken we welke extra, dan wel andere risico's bussen aangedreven op *battery packs* veroorzaken ten opzichte van bussen aangedreven op diesel. We bezien aan de hand van literatuur welke typen van batterijen gebruikt worden in het busvervoer van personen, en welke risico's met de meest gebruikelijke *battery pack* samenhangen.

Op de meest typische en meest cruciale risico's hiervan, zijnde de *thermal runaway*, zullen we vervolgens de verdere studie gaan richten. Elektriciteit/spanning als speciaal risico van elektrische bussen is in redelijke mate al standaard afgedekt door hoog voltage relais die uitslaan bij contactonderbreking, veelal gekoppeld aan botsensoren.

Vervolgens zullen we kijken naar de faalmechanismen die kunnen leiden tot de *thermal runaway*. Die mechanismen zijn:

- > Brand in (onderdelen van) de bus zelf.
- > Aanrijding van bus met zwaar wegvoertuig.
- > Falen van een cel in het battery pack van de elektrische bus.

Brandgegevens van de meest gangbare battery pack in bussen, Lithium-ion battery packs, zijn echter niet zonder meer beschikbaar dan wel toepasbaar. Met resultaten van de extrapolatie zullen we vervolgens de veiligheidsrisico's van elektrische bussen kwalitatief (beter dan, minder goed dan) vergelijken met dieselbussen. Dit gebeurt op een aantal aspecten, te weten:

- > de scenario kans (op ongevalsscenario 'brand van de brandstof')
- > brandontwikkeling
- > toxiciteit van gassen bij brand
- > spanning op voertuig bij brand
- > carcinogeniteit van gassen bij brand
- > bestrijdbaarheid: bereikbaarheid, bluswater hoeveelheid en afvalwater.

Op basis van deze vergelijkingen hetgeen uit de literatuurstudie boven tafel is gekomen, worden condities geformuleerd welke in de aanbesteding opgenomen kunnen worden.

³ Maar ook rekening mee kan worden gehouden in het tunnelontwerp en de incidentbestrijdingsprocedures.

2 ‘Nieuwe’ gevaren bij elektrische bussen

Het gebruik van energie uit battery packs voor de aandrijving van bussen in plaats van diesel als brandstof, levert een aantal specifieke gevaren op. Het meest prominente extra gevaar van bussen aangedreven door battery packs zit in deze battery packs zelf. Daarnaast speelt het gevaar van elektriciteit en mogelijk contact met spanning. De kans dat de carrosserie onder spanning komt te staan is echter klein. Systemen van moderne voertuigen zijn over het algemeen erg goed geïsoleerd en moeten al volledig beschadigd raken om gevaar op te leveren; er moet direct contact tussen spanning voerende delen en de carrosserie ontstaan. De schok die een cel bij een botsing te verduren krijgt, kan leiden tot interne beschadiging van de cel. Het gedrag van de accupacks onder extreme omstandigheden is door leveranciers getest en onderzocht. De behuizing van de accupack is over het algemeen zodanig sterk ontworpen dat de kans op zware beschadiging van de cellen behoorlijk klein is (Brandweeracademie, 2015). Daarnaast wordt het gevaar van elektriciteit en spanning standaard afgedekt door hoog voltage relais die uitslaan. Deze systemen zijn veelal gekoppeld aan botssensoren. Met inachtneming van de standaard veiligheidsprocedures is het extra gevaar van elektriciteit/spanning dus beperkt (Brandweeracademie, 2015). De gebruikte materialen voor aankleding en interieur van de bussen zullen geen grote verschillen opleveren met de huidige situatie en blijven dan ook buiten deze analyse.

Het betrokken raken van het battery pack bij brand en het optreden van een ‘thermal runaway’ is het essentiële veiligheidsverschil. Over het algemeen ontstaat brand in bussen op drie verschillende manieren:

- > Brand in (de constructie van) de bus zelf dan wel in het motorgedeelte van de bus
- > Aanrijding van de bus met een ander (zwaar) wegvoertuig waarbij brand uitbreekt
- > Bij elektrische bussen: het falen van een batterij cel/battery pack.

In de verdere rapportage wordt vooral gekeken naar het specifieke gevaar dat elektrische bussen opleveren met betrekking tot het ontstaan en ontwikkelen van brand. De bijzondere gevaren die elektrische bussen opleveren bij bijvoorbeeld technische hulpverlening door de brandweer worden buiten beschouwing gelaten.

3 Soorten battery packs

Er zijn verschillende typen battery packs (accubatterijen) die toegepast worden in elektrische en hybride voertuigen. De verschillende typen van batterijen moeten aan (internationale) standaarden voldoen waarin wordt geëist dat kan worden aangetoond dat de batterijen aan een groot aantal technische eisen dienen te kunnen voldoen. Denk hierbij aan Amerikaanse, Europese en ook aan Chinese normeringen. Hierin worden randvoorwaarden gesteld voor overstroom, overspanning, punctie, externe hitte, lekkage, ventileren bij hoge temperaturen et cetera. Via normering kunnen de volgende gebieden vrijwel volledig worden afgedekt:

- > Functionaliteit: ISO 6469 en ISO 12405-2,
- > Beschadiging door extern geweld en elektrisch "misbruik": UN38,3 - UL 1642 - QC/T (743) 2006 of GB/T 31484 2015,
- > Betrouwbaarheid ISO 12405-2 Homologatie (systeemniveau): R100.02.

In deze rapportage gaan we niet nader in op bestaande normering van de battery zelf. We richten ons in deze rapportage op de brandveiligheid van de battery pack in de bus, en de brandveiligheid van de elektrische bus in de tunnel.

Een battery pack bestaat uit meerdere losse cellen die de energie en het vermogen leveren aan elektromotoren welke op hun beurt de bus weer in beweging zetten. Een bekende accu waarover bijna alle hedendaagse voertuigen beschikken zijn loodaccu's in de vorm van 12- of 24-volt accu's (Brandweeracademie, 2015). Voor het volledig elektrisch laten rijden van (zware) voertuigen zijn loodaccu's minder geschikt. Loodaccu's zijn namelijk zwaar en kennen de laagste energiedichtheid van verschillende oplaadbare accu's. Voor de toepassing in elektrische voertuigen zijn Nikkel-metaal-hydride (NiMH) en Lithium-ion (Li-ion) accu's meer relevant. Door het in serie schakelen van verschillende aantallen van deze type cellen worden high power accubatterijen gerealiseerd die gebruikt kunnen worden bij elektrische voertuigen. Het aantal cellen in één enkele accubatterij kan daarbij variëren van 20 tot 100 cellen, waarbij een voertuig één of meerdere accubatterijen kan bevatten (Brandweeracademie, 2015). Hiervoor worden gesloten NiMH-accu's en Li-ion accu's toegepast. Beide worden hieronder nader toegelicht.

3.1 NiMH-accu's

De nikkel-metaalhydride-accu (NiMH) is een oplaadbare cel op basis van nikkel en een metaalhydride. Het maakt gebruik van het elektrolyt kaliumhydroxide wat een zeer bijtende pasta is. Vergelijken met de lithium-ion-accu is de energiedichtheid van NiMH-accu's lager en de zelfontlading hoger (Brandweeracademie, 2015).

Tabel 1: Overzicht van enkele voor- en nadelen NiMH-accu's (bron: (Brandweeracademie, 2015))

Type accu	Voordelen	Nadelen
Nikkel-metaal-hydride (NiMH)	> Hogere energiedichtheid dan loodaccu's. > Bevatten geen giftig cadmium. > Diep ontladen en overladen is geen probleem.	> De energiedichtheid is lager dan een Li-ion-accu en de zelfontlading is hoger. > Batterij kan niet goed tegen hoge (raakt beschadigd) en lage temperaturen (ontlading). > Bevatten bijtende, basische kaliumhydroxide (KOH in pasta, GEVI: 80). > Mogelijk vrijkomen waterstofgas, GEVI: 23.

NiMH batterij worden vooral toegepast in hybride voertuigen (Middelkoop, 2013). NiMH type batterijen zijn vooral effectief toegepast bij lichte voertuigen. Voor medium- en zwaar gebruik zijn de batterijen minder geschikt vanwege hun beperkte vermogen in relatie tot hun gewicht. Meer batterijen om het vermogen en daarmee bereik te vergroten is vaak niet rendabel in verband met een grote toename van het gewicht waardoor een bus of vrachtwagen minder (laad-)capaciteit krijgt. Voor de toepassing van elektrische bussen zijn dan ook Li-ion batterijaccu's meer geschikt en toegepast (Air Resources Board, 2015, pp. II-4 - II-5).

3.2 Li-ion batterijaccu's

Li-ion is een verzamelnaam voor een verscheidenheid aan batterijen die lithium-ionen gebruiken bij het opslaan en leveren van energie. De Li-ion batterijen worden op dit moment het vaakst gekozen voor toepassing bij lichte- en zware voertuigen en zijn in de markt breed beschikbaar (Air Resources Board, 2015, pp. II-5). De lithium power technologie is veel jonger dan de NiMH power technologie en wordt steeds meer toegepast. Lithium-ion accu's kennen een relatief hoge energiedichtheid en zijn mede daarom populair. Deze accu's worden vaak specifiek voor een apparaat gemaakt omdat er een regelsysteem aan gekoppeld moet zijn om te diepe ontlading te voorkomen. Dit type accu's kunnen halogeenen/of zwavelhoudende stoffen (bv. thionylchloride, SOCl_2) bevatten. Een Li-ion accu bevat relatief veel brandbare stoffen (metallisch lithium en oplosmiddelen) die bij een verhoogde temperatuur brandbare gassen vormen en daarmee een gevaar opleveren. Door opwarming verdampt vloeibaar elektrolyt naar gas waardoor de accu opzwellt en open kan barsten. Bij het vrijkomen van de damp kunnen dan schadelijke stoffen vrijkomen en flinke steekvlammen ontstaan (Brandweeracademie, 2015, pp. 17-21).

Tabel 2: Overzicht van enkele voor- en nadelen Li-ion accu's (bron: Brandweeracademie, 2015)

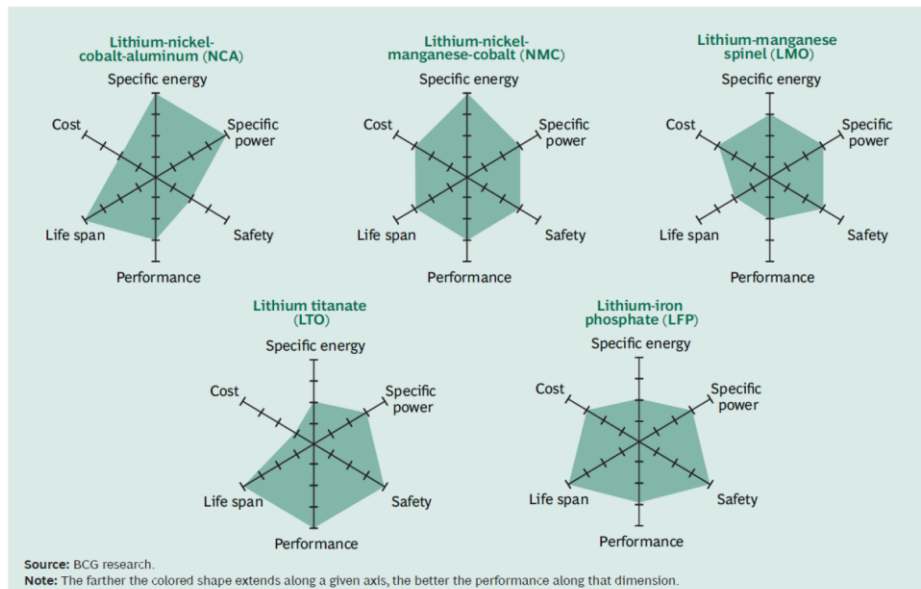
Type accu	Voordelen	Nadelen
Lithium-ion (Li-ion)	> Hoogste energiedichtheid (t.o.v. lood en NiMH), op de lithium-ion-polymeer-accu na. > Geringe zelfontlading (alleen door geïntegreerd regelsysteem). > Hoog vermogen (sterk afhankelijk van kathodemateriaal). > Milieuvriendelijker dan andere batterijen.	> Hebben een hoge kostprijs. > Gevoelig voor overladen en over-ontladen. > Explosie en brand mogelijk door hoge temperaturen (kritische temperatuur $\pm 110^\circ\text{C}$). > Bevatten relatief veel brandbare stoffen. > Niet-oplaadbare professionele batterijen kunnen zwavel- en/of halogeen houdende stoffen bevatten.

Een variant op de Li-ion batterijen is de **Lithium-ion-polymeer-accu (Lipo-batterij)**. Het verschil met de lithium-ion accu is dat het elektrolyt nu is opgelost in een polymeer. Deze accu's hebben een lage interne weerstand waardoor ze een hoge stroom kunnen afgeven. Bij verkeerd laden kan de temperatuur behoorlijk oplopen en kan de accu in brand vliegen of exploderen.

Er zijn verschillende type Li-ion batterijen beschikbaar die verschillen in (chemische) samenstelling. In de literatuur zijn de volgende varianten met kenmerken gevonden (Air Resources Board, 2015, pp. II-5 t/m II-8) & (Battery University, 2016):

- > Lithium-ijzer-fosfaat batterijen (LFP of LiFePO_4): In deze batterijen is een organische oplossing met lithiumzout in gebruik als elektrolyt. Door het gebruik van fosfaat als positieve elektrode wordt het potentieel op thermal runaway significant verlaagd wat de veiligheid van de batterij ten goede komt.
Thermal runaway bij $\pm 270^\circ\text{C}$
- > Lithium-Titanate batterijen (LTA of $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$): Deze types gebruiken een niet-waterig elektrolyt. Hoewel het een lage energiedichtheid heeft in vergelijking met andere Li-ion batterijen, kunnen ze wel veilig gebruikt worden binnen een groot gedeelte van de batterijcapaciteit en laden ze zeer snel op. De batterijen hebben een verhoogde stabiliteit en bieden daarmee meer bescherming tegen overladen.
Thermal runaway bij ? (een van de veiligste batterijen)
- > Lithium-Nikkel-Mangaan-Kobalt Oxide – Batterijen (NMC of $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$): Deze batterijen hebben betere eigenschappen op het gebied van energie en levensduur waardoor het bereik over het algemeen wat hoger ligt. Deze batterij komt terug in veel lichtgewicht elektrische voertuigen en is mede populair door lage zelfopwarming.
Thermal runaway bij $\pm 210^\circ\text{C}$
- > Lithium-Nikkel-Kobalt-Aluminium – batterijen (NCA of LiNiCoAlO_2) Dit is een batterij die steeds populairder worden in treinen en voor energieopslag. Ze hebben een hoge energiedichtheid en goede levensduur, maar is niet zo veilig als de andere batterijen. In auto's moet deze batterij voorzien worden van veiligheidsmaatregelen die de prestatie en gedrag van de batterijen monitoren om veiligheid beter te borgen.
Thermal runaway bij $\pm 150^\circ\text{C}$
- > Lithium-Mangaan-Oxide – batterijen (LiMn_2O_4): Deze batterijen kennen een relatief hoge thermische stabiliteit en zijn daarmee relatief veilig. De energie-prestaties liggen over het algemeen wat lager.
Thermal runaway bij $\pm 250^\circ\text{C}$
- > Lithium-Kobalt-Oxide – batterijen (LiCoO_2): Deze batterijen kennen relatief een hoge opslagcapaciteit maar moeten vaak opgeladen worden. Ook zijn deze batterijen niet zo veilig als andere types.
Thermal runaway bij $\pm 150^\circ\text{C}$

Elk batterij heeft zijn voor- en nadelen ten opzichte van de andere types. Dit geldt ook op het gebied van veiligheid. De lithium-titanate en lithium-ijzer-fosfaat batterijen zouden volgens de Air Resources Board (2015) het meest veilig zijn in het gebruik.



Figuur 3: Vergelijking van meerdere eigenschappen tussen verschillende Li-ion batterijen (Air Resources Board, 2015, pp. II-8)

3.3 Nieuwe batterij-technieken

Enkele relatief nieuwe en opkomende batterij-technieken zijn *Lithium-Air batterijen*. Het grootste potentiële voordeel van Li-air-technologie is de grote energiedichtheid, die theoretisch vergelijkbaar is met traditionele benzine (13 kWh/kg). Door zuurstof uit de lucht te gebruiken en niet de oxidator in de batterij te huisvesten, kan deze energiedichtheid behaald worden. Op dit moment zijn deze batterijen nog niet stabiel en daarom ook niet veilig (Air Resources Board, 2015, pp. II-8).

Een andere techniek die nu al wordt toegepast zijn zogenaamde *ZEBRA-batterijen* (Na-NiCl₂). Deze batterijen gebruiken een gesmolten zoutmengsel als elektrolyt en wordt nu toegepast op enkele 'medium-duty' voertuigen en ook al enkele 'heavy-duty' voertuigen (Air Resources Board, 2015, pp. II-8). Om het zout in gesmolten toestand te houden bevat elke cel een warmtebron om de cel te verhitten tot de werktemperatuur van 245°C. De batterijen leveren uitstekende prestatie en hebben een behoorlijk lange levensduur. Nadeel is dat de batterijen ook in rust een temperatuur moeten houden van 245°C waardoor de batterijen minder effectief worden (Middelkoop, 2013).

Op dit moment en voor de nabije toekomst lijken Li-ion batterijen het meest geschikt voor toepassing in grote voertuigen zoals elektrische bussen. Daarom zijn vooral de veiligheidsaspecten van deze batterijen hieronder nader onderzocht om een beeld te schetsen van risico's bij het passeren van de Buitenveldertunnel.

4 Risico's en veiligheid

Elektrische voertuigen kennen bepaalde risico's. In het rapport van Long et al. (2013) naar elektrische voertuigen worden deze gevaren opgesplitst in drie verschillende categorieën. Allereerst zijn er *chemische* gevaren vanwege de gevaarlijke stoffen die in batterijen gebruikt worden. Daarnaast leveren batterijen *elektrische* gevaren op. Batterijen leveren immers spanning en wanneer meerdere batterijcellen in serie met elkaar worden geschakeld kunnen grote vermogens bereikt worden die gevaar kunnen opleveren bij contact met onder spanning staande delen. Als laatste leveren batterijen *thermische* gevaren op. De batterijen kunnen heet worden, temperatuursverhoging zelf in stand houden (thermal runaway) en uiteindelijk in brand vliegen of veroorzaken (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013). In het volgende gedeelte zullen de gevaren van Li-ion nader worden besproken waarbij wordt gefocust op thermische en chemische gevaren.

4.1 Thermal runaway

Misschien wel het grootste gevaar van Li-ion batterijen is het optreden van 'thermal runaway'. Thermal runaway is een falingsmechanisme dat leidt tot zelfverhitting in een batterij wat kan resulteren in brand (Colella, et al., 2016). Een falende batterij kan het gevolg zijn van een ontwerp of productiefout waarbij de elektrode, separator, elektrolyt of onderlinge processen bij betrokken zijn. Over het algemeen komen deze fouten weinig voor en wanneer deze ontdekt worden, worden vaak batterijen teruggeroepen om de fout te herstellen. Een batterij kan ook falen door externe factoren zoals het verkeerd gebruiken van een batterij of blootstelling aan (extreme) omstandigheden. Deze fouten zijn moeilijk in een faalkans te benoemen (Battery University, 2016). Li-ion batterijen zijn in de afgelopen jaren behoorlijk verbeterd maar over de faalkans zijn verschillende cijfers terug te vinden. Zo wordt door Larsson et al. (2016) gesproken over een faalkans van één per miljoen of lager terwijl op de website van MIT Technology review wordt gesproken over een faalkans van ongeveer 1-op-100 miljoen (Massachusetts Institute of Technology, 2013). Al met al lijkt het een lage kans te zijn, maar hierbij moet wel rekening worden gehouden dat bij gebruik van veel batterijen de kans op een falende batterij vergroot wordt. De verwachting is dat batterijveiligheid steeds verder wordt verbeterd en faalkansen verder terug worden gebracht (Battery University, 2014).

Er zijn *geen intrinsiek veilige* Li-ion batterijen. Intrinsiek veilig houdt in dat de battery pack zodanig ontworpen is, dat het vrijkomen van voldoende energie voor zelfontbranding van wordt voorkomen. Battery packs hebben allemaal hun eigen 'safety window': een veiligheidsmarge die, wanneer condities hier buiten komen, kunnen leiden tot het zichzelf opwarmen en een thermal runaway veroorzaken (Air Resources Board, 2015). Temperaturen waarbij dit op kan treden liggen, afhankelijk van het type batterij, gemiddeld tussen ca 55 en 250°C (Brandweeracademie, 2015). Bij thermal runaway van een batterij cel komen brandbare gassen vrij doordat het vloeibare elektrolyt omgezet wordt in gassen. Deze gassen kunnen, wanneer deze zich in een besloten ruimte zoals een 'pouch' of cassette bevinden, onder (hoge) druk vrijkomen en daarbij schade veroorzaken.

Een gevaar is dat de gassen die vrijkomen, brandbaar zijn en bij voldoende zuurstof en een ontstekings temperatuur (de temperatuur van de cel verpakking kan hiervoor hoog genoeg zijn) tot ontbranding kunnen komen (Mikolajczak, Kahn, White, & Long, 2011).

Thermal runaway wordt veroorzaakt door een stijging in temperatuur van een batterij cel. Deze stijging kan o.a. plaatsvinden door (Colella, et al., 2016):

- > Blootstelling aan vuur
- > Storing in het (thermal) batterijmanagementsysteem
- > Interne kortsluiting door defect in een individuele cel
- > Een fout (spanningsgolf) tijdens het opladen (of ontladen) van de cel
- > Slechte onderlinge connectie tussen de batterijen (levert meer weerstand en daardoor hitte op)
- > Mechanische schade veroorzaakt door buitenaf.

Thermal runaway is de meest gangbare vorm van een (catastrophic) falingsmechanisme dat kan leiden tot brand in batterijen. Thermal runaway in een enkele batterij cel kan door opwarming een kettingreactie veroorzaken door het opwarmen van naastgelegen cellen welke vervolgens ook in een thermal runaway geraken. Een effectieve bestrijdingsmanier vereist dat het blusmiddel in contact komt met de batterijcellen om een zo groot mogelijk koelingseffect te hebben en de kettingreactie naar andere cellen te vertragen of te voorkomen (Colella, et al., 2016). In het document van Air Resources Board (2015) wordt aangegeven dat er volgens 'een producent' Li-ion batterijen bestaan waar geen thermal runaway in kan optreden; zelfs niet bij doorboring, onderdompeling, verhitting, samenpersen of blootstelling aan vlammen (Air Resources Board, 2015, pp. II-5).

4.2 Brandgegevens Li-ion batterijen

Gesteld wordt dat een thermal-runaway het grootste gevaar is dat op kan treden bij Li-ion batterijen. Wanneer een battery pack in brand vliegt of bij een brand betrokken raakt, draagt het bij aan het totale brandvermogen. Hoe groot deze bijdrage is kan op meerdere manieren weergegeven worden. In deze eerste verkenning van beschikbare literatuur zijn geen gegevens gevonden over full-scale testen waarbij battery packs zijn gebruikt met een grootte zoals deze toegepast worden in bussen. Wel zijn er enkele onderzoeken en gegevens gevonden met betrekking tot experimenten variërend van een enkele cel tot aan battery packs zoals deze toegepast worden in personenauto's. Waar mogelijk worden deze gegevens indicatief geëxtrapoleerd naar de grootte van battery packs zoals deze toegepast worden in het busvervoer. Dit is indicatief omdat er tal van mitsen en maren zitten aan lineaire extrapolatie die onvoldoende bekend zijn, maar tevens indicatief omdat op deze wijze wel een eerste beeld van fysische effecten wordt gecreëerd. De capaciteiten van battery packs in het busvervoer kunnen net als bij personenauto's verschillen en zijn afhankelijk van bijvoorbeeld het benodigde bereik, mogelijkheden tot opladen, benodigde snelheid en vermogen. Zo worden in het document van de Air Resources Board (2015) capaciteiten gevonden die uiteen liggen van 83 kWh voor een schoolbus tot 590kWh voor een (grote) streekbus. Om enkele gevonden resultaten in het onderzoek te vergelijken met een bus is redelijkerwijs een capaciteit van de bus aangenomen van 250kWh. Daarbij moet benadrukt worden dat deze gekozen waarde en doorgetrokken resultaten puur ter indicatie zijn en andere batterij capaciteiten en types andere resultaten kunnen opleveren.

Op de volgende belangrijke veiligheidsindicatoren wordt hieronder nader ingegaan:

- > Volume van vrijkomende gassen
- > Heat release rate
- > Vrijkomen van energie
- > Straling en temperatuur.

Elke paragraaf wordt afgesloten met een conclusie over de betekenis voor het busvervoer met battery packs.

4.2.1 Volume vrijkomende gassen en ontbrandingsgrenzen

Wanneer cellen bij brand of door thermal runaway verhit worden ontstaan er brandbare gassen binnen de cel. Deze brandbare gassen kunnen niet uit de cel ontsnappen waardoor de druk toeneemt. Sommige cellen beschikken over overdrukbeveiliging die bij een bepaalde druk gassen laat ontsnappen om zo deze druk te verlagen. Bij andere cellen (zoals pouch cells) ontbreekt dit en zullen de gassen op zwakke plekken vrijkomen (vaak de aansluitpunten van de cellen of bij de naden van een cel) (Colella, et al., 2016).

Colella et al. (2016) hebben experimenten uitgevoerd met Li-ion cellen (type LiCoO₂) met een vermogen van 7,7Wh. Uit het onderzoek van Colella et al. (2016) blijkt dat hoe 'voller' (meer opgeladen) een batterij is, hoe meer gassen er uit de batterij vrijkomen. Hierbij gaat het niet om een lineair verband. Zo blijkt uit een test dat bij een volle batterij (100%) een ongeveer 3 keer zo groot volume aan gassen vrijkomt dan bij een halfvolle batterij (50%). In onderstaande tabel zijn de resultaten voor verschillende oplaadpercentages weergegeven:

Tabel 3: Vrijkomend volume aan gassen bij verhitten Li-ion cel (Colella et al. 2016)

Oplaadpercentage	Volume aan vrijkomende gassen	Volume per Wh
50%	0.8 Liter	0.10 Liter per Wh
100%	2.5 Liter	0.33 Liter per Wh
150%	6.0 Liter	0.78 Liter per Wh

In hetzelfde onderzoek is ook onderzocht wat de explosiegrens⁴ is van de vrijkomende gassen. De explosiegrenzen van het vrijkomende gas lagen hierbij tussen de 6% (Lower Explosive Limit) en ±38% (Upper Explosive Limit). Hierbij ging het om een volledig opgeladen batterij (SOC: 100%) (Colella, et al., 2016).

Betekenis voor busvervoer

In het onderzoek van Colella et al. (2016) zijn enkele waardes gepresenteerd voor het vrijkomende volume aan gassen bij het verhitten van een Li-ion cel. Op basis van deze gegevens kan er bij een bus met volledig opgeladen (SOC van 100%) battery pack van 250kWh potentieel 82.500 liter aan gassen vrijkomen⁵. Dit komt overeen met een volume van 82,5m³.

⁴ In het rapport van Colella et al. (2016) wordt ontbrandingsgrens als synoniem voor de explosiegrens gehanteerd.

⁵ Deze waarden zijn slechts indicatief. De daadwerkelijke effecten zijn o.a. afhankelijk van het type batterij welke toegepast is, de grootte van deze batterij en hoe vol deze is opgeladen. Ook hoeven verbanden niet altijd lineair te zijn: een twee keer zo grote batterijcapaciteit hoeft dus niet twee keer zo grote effecten op te leveren.

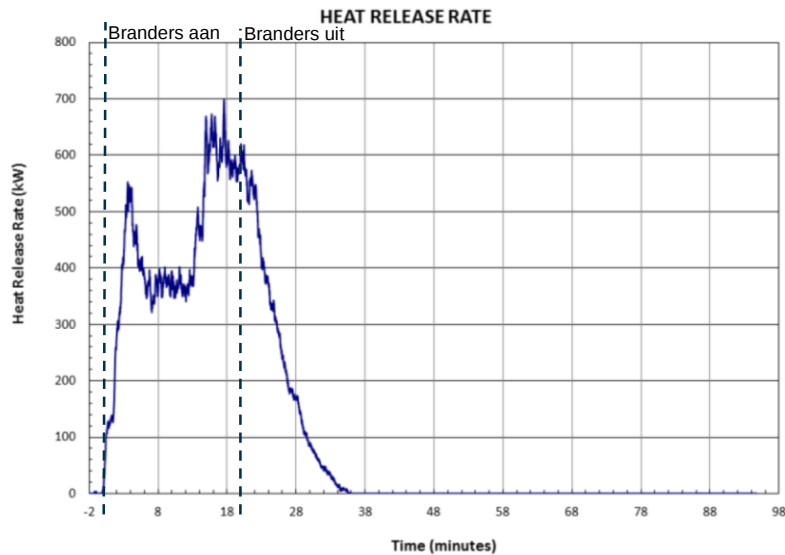
De gassen die vrijkomen uit het elektrolyt bij Li-ion batterijen zijn brandbaar en leveren daarbij gevaar op. De ontbrandingsgrenzen zoals bepaald in het onderzoek van Colella et al. (2016) zullen naar verwachting voor busvervoer dezelfde waarden opleveren: tussen de 6 en 38%⁶. Voor diesel, waar conventionele bussen mee rijden, liggen ontbrandingsgrenzen tussen 0,6 % (LEL) en 7,5 % (UEL) (Shell Trading Rotterdam B.V., 2012). Gassen die voortkomen uit dieselolie zullen dus sneller een explosief mengsel in de lucht opleveren. Wel is het explosiegebied van gassen uit Li-ion batterijen groter dan die van dieselgassen wat vooral een rol gaat spelen als er veel gassen vrijkomen. Er zal nader (literatuur-)onderzoek nodig zijn om uit te zoeken hoe de rookproductie bij een brandend battery-pack zich over tijd verhoudt tot een koolwaterstofbrand. Een eerste indicatie is gevonden in een persbericht van het Duitse instituut DEKRA. Daarin wordt gesteld dat bij door hun uitgevoerde experimenten aanzienlijk minder vlammen én rook geproduceerd werd bij een Li-ion batterij dan bij brandende benzine (DEKRA, 2012).

4.2.2 Heat Release Rate

De brandbaarheid van een product wordt vaak weergegeven door het bepalen van de Heat Release Rate (HRR). Daarbij wordt de HRR gemeten in Joules per seconde oftewel in Watt. Hoe hoger deze waarde hoe meer een product als motor van de brand aanwezig is en daarmee een hogere bijdrage heeft in de brandontwikkeling. De HRR wordt gezien als de belangrijkste parameter om het brandgevaar van een product te bepalen (Colella, et al., 2016).

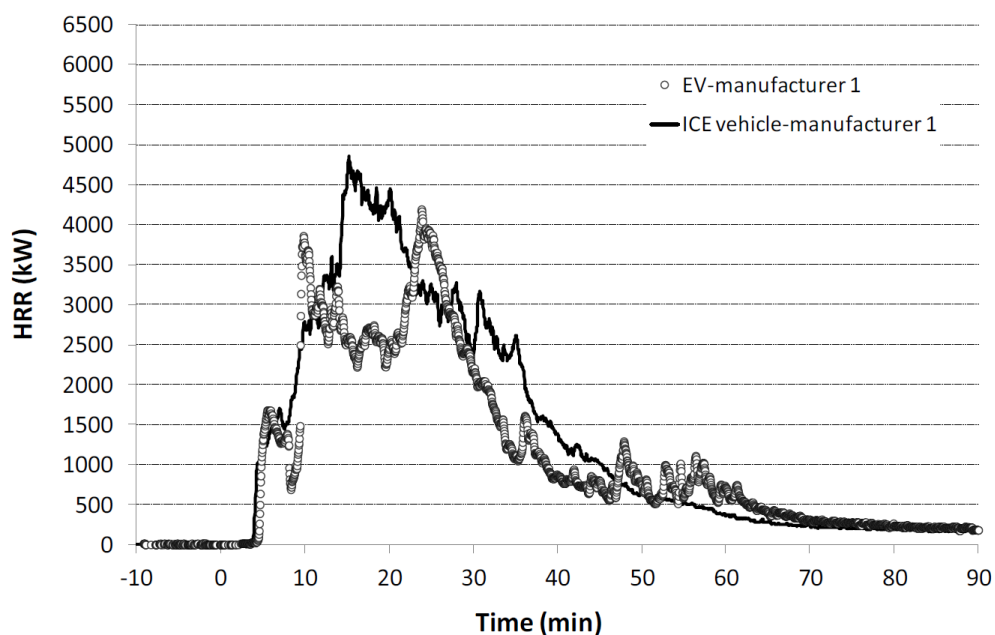
In het onderzoek van Colella et al. (2016) werd bij de 7.7 Wh Li-ion cell die voor 50% was opgeladen, een piek in de HRR bereikt van 18kW. Daarbij heeft zowel de inhoud van de cel alsook de verpakking van de cel deelgenomen aan de verbranding. Ook voor de HRR geldt dat hoe voller een batterij is opgeladen, hoe meer brandvermogen er uit de batterij vrijkomt (Colella, et al., 2016). Ook door Larsson et al. (2014) werd gevonden dat hoe voller een batterij is opgeladen, hoe meer energie er uit vrijkomt bij brand en hoe hoger de HRR is. In dit onderzoek werden HRR-piekwaarden gemeten die uiteenliepen van 13 tot 57kW voor batterijen met een capaciteit van ongeveer 100Wh. Bij het terugrekenen komen de onderzoekers daarmee op maximale HRR-waarden die tussen de 110 en 490Watt (W) per Wattuur ligger (Wh) (Larsson, Andersson, Blomqvist, Lorén, & Mellander, 2014). Er zijn ook enkele 'thermal runaway onderzoeken' gedaan met full-scale battery packs (zij het in personenvoertuigen). Een van deze onderzoeken is een onderzoek van Long et al. (2013) waar een groot battery pack (fully charged Li-ion) van 16kWh in een thermal runaway werd gebracht. Het batterijpakket gaf een piek in vrijkomend brandvermogen (HRR) van ongeveer 300kW. De gemiddelde HRR van de battery pack lag op 128kW over een periode van 90 minuten (zie figuur 4).

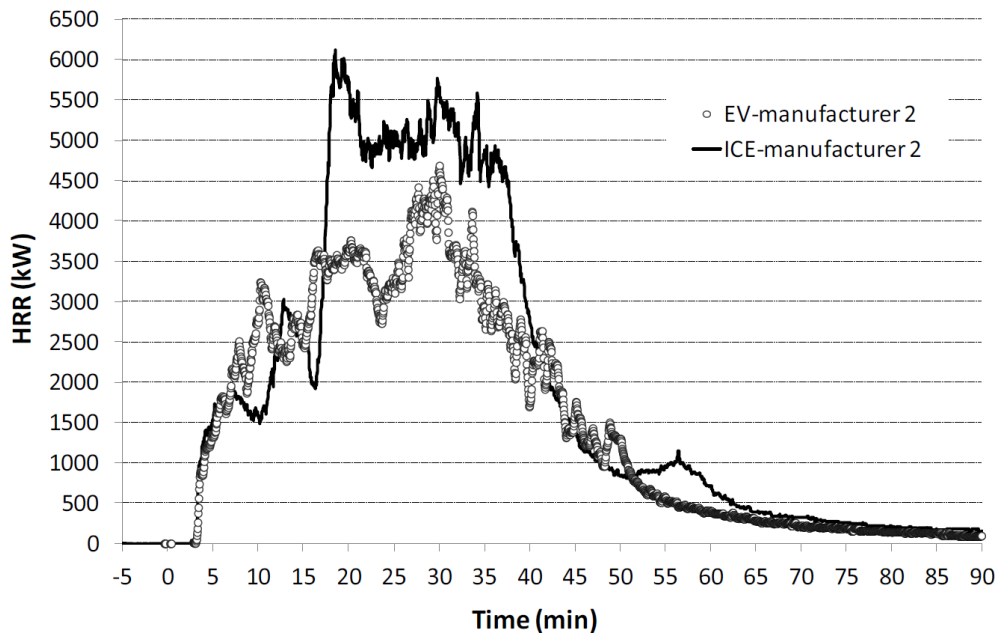
⁶ Deze waarden zijn slechts indicatief. De daadwerkelijke effecten zijn o.a. afhankelijk van het type batterij welke toegepast is, de grootte van deze batterij en hoe vol deze is opgeladen. Ook hoeven verbanden niet altijd lineair te zijn: een twee keer zo grote batterijcapaciteit hoeft dus niet twee keer zo grote effecten op te leveren



Figuur 4: HRR bij verbranding van battery-pack. Let wel, in de eerste 20 minuten staan er propaanbranders aan met een vermogen van 400kW (bron: Long et al. 2013)

In een onderzoek van Lecocq (2012) zijn twee verschillende merken elektrische auto's en twee identieke merken op brandstof rijdende voertuigen met elkaar vergeleken. De eerste elektrische auto beschikte over een battery pack met een vermogen van 16,5 kWh. De tweede beschikte over een battery pack met een vermogen van 23,5kWh. De voertuigen op brandstof waren gevuld met diesel, al is ons niet bekend om hoeveel liter diesel het ging. Bij de twee voertuigen van het eerste automerk was de piek in HRR van het met diesel aangedreven voertuig met 4,8 MW groter dan de HRR van 4,2 MW van het elektrische voertuig. Bij het tweede automerk gaf het elektrische voertuig een maximale HRR van 4,7 MW waar het gelijkende voertuig op diesel een HRR gaf van 6,1 MW (Lecocq, Bertana, Truchot, & Marlair, 2014).





Figuur 5: Het verloop in HRR waarden bij de experimenten van Lecocq et al. (2012) waar een elektrische auto en identieke auto op diesel met elkaar zijn vergeleken.

Collela (2016) verwijst daarentegen naar een onderzoek van Watanabe (2012) waaruit zou blijken dat de HRR van een elektrisch voertuig drie keer zo hoog was als bij een vergelijkbaar voertuig op brandstof. Helaas is het niet gelukt om deze studie te achterhalen.

Betekenis voor busvervoer

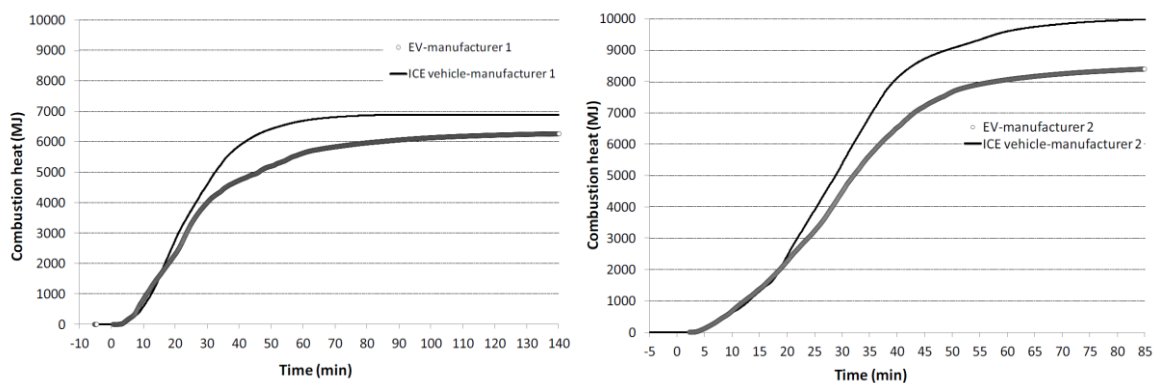
Het is lastig om de cijfers voor de Heat Release Rate te extrapoleren naar de betekenis voor het busvervoer. De waarde van HRR wordt door meerdere specifieke factoren beïnvloed zoals het brandoppervlak en de hoeveelheid zuurstof die aanwezig is om de verbranding in gang te houden dan wel te laten groeien. Wanneer de cijfers van Larsson et al. (2014) (HRR tussen 110 en 490 Watt per Wh) vertaald worden naar de grootte van een battery pack voor een bus met een batterij van 250kWh, levert dit een mogelijke HRR op tussen 27,5 en 122,5 Megawatt⁷. Bij lineaire extrapolatie van de cijfers zoals gevonden in het onderzoek van Long et al. (2013) zou een Li-ion batterij met 250kWh een piek in de HRR geven van ongeveer 4,7 Megawatt en een gemiddelde HRR van 2,0 Megawatt⁷. De verschillende geëxtrapoleerde waarden liggen behoorlijk ver uit elkaar. Meer onderzoek is nodig om tot een betrouwbare HRR-waarde voor een Li-ion battery pack van 250kWh te komen.

Het is lastig om op basis van de huidige beschikbare gegevens de HRR van elektrische bussen te vergelijken met die van dieselbussen. De test van Lecocq et al. (2012) geeft nog het beste inzicht in die vergelijking. Daar gaven voertuigen met een dieseltank 15 tot 30% hogere HRR-waarden in vergelijking met elektrische voertuigen. Het is onze verwachting dat dit ook zou gelden voor het verschil tussen elektrische bussen en dieselbussen: dus een hogere HRR-waarde van dieselbussen in vergelijking met elektrische bussen.

⁷ Deze waarden zijn slechts indicatief. De daadwerkelijke effecten zijn o.a. afhankelijk van het type batterij welke toegepast is, de grootte van deze batterij en hoe vol deze is opgeladen. Ook hoeven verbanden niet altijd lineair te zijn: een twee keer zo grote batterijcapaciteit hoeft dus niet twee keer zo grote effecten op te leveren

4.2.3 Vrijkomen van warmte

Bij het bepalen van het brandvermogen speelt ook de hoeveelheid warmte of energie die bij de verbranding van een product vrij kan komen een rol. In het onderzoek van Larsson et al. (2014) lag de totale hoeveelheid vrijkomende warmte (*Total Heat Release; THR*) bij verschillende Li-ion batterijen tussen 28 en 75 kJ per Wh (Larsson, Andersson, Blomqvist, Lorén, & Mellander, 2014). In het full-scale onderzoek van Long et al. (2013) kwam er bij het battery pack met een grootte van 16kWh in totaal ongeveer 720 megajoule aan energie vrij (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013, pp. 89-95). In het onderzoek van Lecocq (2012), waar twee verschillende elektrische auto's en hun identieke op diesel rijdende voertuigen met elkaar zijn vergeleken, is ook gemeten hoeveel energie er bij de verbranding is vrijgekomen; daarbij gaat het om de gehele auto en niet alleen het battery pack of de dieseltank. Voor het eerste automerk kwam er 6300 megajoule (29,8 MJ/kg) vrij bij verbranding van het elektrische voertuig en kwam er 6900 megajoule (35,9 MJ/kg) vrij bij verbranding van het voertuig op diesel. Bij het tweede automerk kwam er bij het elektrische voertuig 8500 megajoule (30,7 MJ/kg) vrij en bij het voertuig op diesel 10.000 megajoule (36,4 MJ/kg) (Lecocq, Bertana, Truchot, & Marlair, 2014).



Figuur 6: Weergave van totaal vrijkomende warmte (energie) bij elektrisch voertuig en voertuig op diesel (bron: Lecocq, 2012)

Bij het vergelijken van de vrijkomende warmte lijken aan de hand van figuur 6 beide voertuigen (onderste lijn is het elektrisch voertuig, de bovenste het dieselveertuig) eenzelfde brandontwikkeling te kennen in de eerste 20 a 30 minuten. Omdat bij de experimenten de voertuigen bij het interieur zijn aangestoken lijkt deze overeenkomst in brandverloop te komen doordat in de eerste paar minuten alleen het interieur heeft gebrand. Zowel de dieseltank als het battery pack zullen dus pas later in het brandverloop een rol hebben gespeeld. Daarbij lijkt de brandontwikkeling in de dieselveertuigen sneller te verlopen dan bij de elektrische voertuigen.

Colella et al. (2016) hebben in hun onderzoek het netto getal aan vrijkomende energie bepaald voor een 50% opgeladen Li-ion batterij. Daarbij kwamen zij op een waarde van 28,1 kilojoule per gram. Ook hierbij geldt dat hoe voller een batterij is opgeladen hoe meer energie er bij brand kan vrijkomen. Voor een volle batterij zijn er uit dit onderzoek helaas geen gegevens bekend (Colella, et al., 2016).

Betekenis voor busvervoer

Bij een battery pack van 250kWh leveren de waarden uit het onderzoek van Larsson et al. (2014) een potentieel aan vrijkomende energie op tussen 7.000 megajoule en 18.750 megajoule. Wanneer het onderzoek van Long et al. (2013) wordt omgerekend naar een

battery pack van 250kWh levert dit een potentieel aan vrijkomend energievermogen van 11.250 megajoule op. Hierbij gaat het alleen om de battery pack.

Bij een daadwerkelijke brand in een bus spelen ook zaken als interieur van de bus en constructiematerialen een rol bij het totaal aan potentieel vrijkomend energievermogen.

Het lijkt er op dat er bij elektrische voertuigen, ceteris paribus, minder energie vrij kan komen dan bij een vergelijkbaar voertuig op brandstof (Lecocq et al., 2014). Bij een vergelijking met diesel kunnen waarden het best terug worden gebracht naar dezelfde eenheden. Colella et al. (2016) presenteerden voor een 50% opgeladen batterij een waarde van 28,1 kilojoule per gram⁸. De waarde van diesel is 43,4 kiljoule per gram (The Engineering Toolbox, 2016). Per gram kan er dus bij de verbranding van diesel meer energie en daarmee hitte vrijkomen dan bij de verbranding van een Li-ion batterij (50% opgeladen).

4.2.4 Straling en temperatuur

In het onderzoek van Long et al. (2013) is bij de full-scale testen gekeken naar de straling die voortkwam uit het brandende battery pack. Hierbij werden op een afstand van ongeveer 1,5 meter voor het 16kWh Li-ion battery pack waarden gemeten van 2,1 en 2,2 kW/m². Op een iets grotere afstand werd een maximum gemeten van 2,7 kW/m². Bij een derde test, waarin ook het interieur van de auto mee brandde, werd op 1,5 meter een stralingswaarde gemeten van 8,1 kW/m². In hetzelfde onderzoek werd ook een battery pack met een vermogen van 4kWh voor een hybride voertuig aan dezelfde tests onderworpen. Deze genereerde een straling van 3,5 en 3,7 kW/m² op een afstand van ca. 1,50 meter. Met een aankleding van het interieur werd er op 1,50 meter een stralingswaarde van 11,9 kW/m² gemeten (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013).

Bij brand in batterijcellen kunnen door de aanwezigheid van metalen hoge temperaturen worden bereikt. Het is bekend dat batterijcellen bij brand temperaturen kunnen bereiken van meer dan 600°C (Mikolajczak, Kahn, White, & Long, 2011) & (Brandweeracademie, 2015).

Betekenis voor busvervoer

Het is niet zonder meer mogelijk om de gevonden waarden te extrapoleren naar battery packs zoals toegepast bij bussen. De verwachting is dat wanneer een battery pack met hoger vermogen in brand staat, de straling ook hoger zal zijn. Toch blijkt een battery pack met kleiner vermogen (4,4kWh tegen 16kWh) bij de full-scale testen van Long et al. (2013) een grotere stralingswaarde op te leveren op 1,50 meter afstand dan het battery pack met een groter vermogen. Het voorzichtige vermoeden hierbij is dat niet zo zeer het vermogen van het battery pack stralingswaarde beïnvloedt, maar dat dit meer afhankelijk is van de grootte en verpakkingsmaterialen van het battery pack. Uit die resultaten van Long et al. (2013) blijkt wel dat de materialen van het interieur een grotere bijdrage hebben aan de gemeten straling dan de battery packs.

Er zijn in deze eerste literatuurverkenning geen onderzoeken gevonden waarbij de straling van een elektrisch voertuig en een identiek voertuig op brandstof (diesel) met elkaar zijn vergeleken. Daar zou nader (literatuur) onderzoek voor nodig zijn.

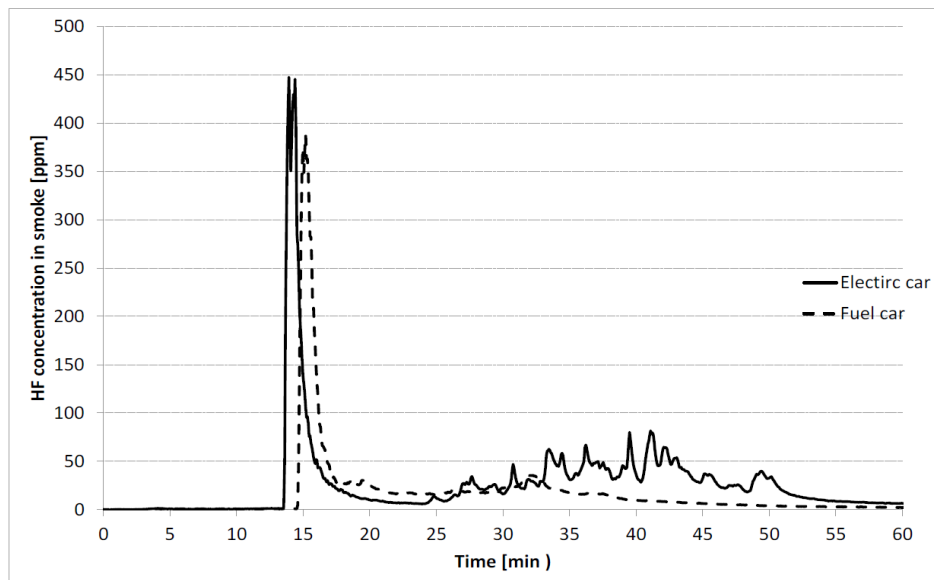
⁸ Het effect van een ander type Li-ion batterij, oplaadpercentage of grootte op dit cijfer zijn niet bekend. Daar zou nader onderzoek voor nodig zijn.

4.3 Vrijkomen van gevaarlijke stoffen

In tunnelveiligheid spelen temperatuur en brandvermogen (heat release rate) vaak een belangrijke rol in. Hoewel beide van invloed zijn op de constructieveiligheid, spelen beide volgens Truchot et al. (2016) een minder groter rol in overleefbaarheid. Daar gaat het volgens de auteurs voornamelijk om de giftigheid van gassen die vrijkomen bij brand (Truchot, Fouillen, & Collet, 2016). Bij het verbranden van battery packs komen gevaarlijke stoffen vrij. Daarbij gaat het om bijtende stoffen van het elektrolyt, verbranding van kunststoffen (onder meer van de verpakking) en kunnen verschillende giftige gassen vrijkomen als waterstoffluoride (HF) en chloorwaterstof (HCL) (Brandweeracademie, 2015).

In het artikel van Truchot et al. (2016) wordt onder meer gekeken naar de resultaten van een full-scale test waarin een brandende elektrische auto wordt vergeleken met drie auto's op traditionele brandstof. Daarbij wordt ingegaan op de veronderstelling dat door de specifieke samenstelling van batterijen, elektrische auto's waarschijnlijk meer giftige gassen produceren bij brand. In het onderzoek wordt een resultaat besproken waarbij een elektrische auto met Li-ion batterij is aangestoken. De belangrijkste conclusie is dat er bijna geen verschil zit in de productie van giftige gassen bij een brandende elektrische auto en auto's op koolwaterstoffen. Er blijkt wel meer waterstoffluoride (HF) geproduceerd te worden, ongeveer 1,8x zo veel. Toch wijkt de uitstootcurve van HF niet veel af van een normale auto (zie

figuur). Als verklaring hiervoor wordt gegeven dat de batterij zorgt voor het vrijkomen van meer HF, maar dit pas van invloed is op de tweede fase van de brand; de eerste fase vormt namelijk eenzelfde patroon als bij een normale auto en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de aircovloeistof. Omdat de batterij pas na 30 minuten een rol gaat spelen, heeft het volgens Truchot et al. (2013) geen invloed op de giftigheid van rook tijdens de evacuatieperiode van mensen in een tunnel (Truchot, Fouillen, & Collet, 2016).



Figuur 7: Uitstoot van HF gedurende de brandperiode van de elektrische auto (bron: (Truchot, Fouillen, & Collet, 2016))

Truchot et al. (2016) hebben de resultaten bij de verbranding van een elektrische auto vergeleken met drie auto's die rijden op brandstof (zie **tabel 4** hieronder). Daarbij valt op dat er geen grote verschillen zitten tussen de verschillende voertuigen. Koolstofdioxide is het gas dat het meest vrijkomt. Het grootste verschil tussen het elektrische voertuig en de drie

conventionele voertuigen zit verhoudingsgewijs (zoals eerder aangegeven) in het vrijkomen van waterstoffluoride (circa twee keer zo hoog).

Tabel 4: Emissiegegevens verschillende stoffen bij verbranding auto's (als percentage van totaal). Bron: (Truchot, Fouillen, & Collet, 2016)

Auto en aandrijving	Auto 1 (brandstof)	Auto 2 (brandstof)	Auto 3 (brandstof)	Auto 4 (elektrisch)
Type voertuig	Stadsauto	Middenklasse gezinsauto	Topklasse gezinsauto	Middenklasse gezinsauto
Giftige gassen				
Waterstofchloride (HCL)	0.38%	0.29%	0.33%	0.30%
Waterstoffluoride (HF)	0.12%	0.11%	0.07%	0.23%
Blauwzuurgas (HCN)	0.03%	0.02%	0.05%	0.02%
Kool- en stikstofoxiden				
Koolstofdioxide (CO ₂)	96.54%	96.95%	97.33%	96.98%
Koolstofmonoxide (CO)	2.29%	2.11%	1.94%	1.83%
Stikstofoxide (NO)	0.13%	0.10%		0.12%
Stikstofdioxide (NO ₂)	0.06%	0.06%	0.15%	0.05%
Zwaveldioxide (SO ₂)	-	-	0.13%	-
Onverbrande stoffen				
Koolwaterstoffen	0.45%	0.37%	-	0.45%

In een ander onderzoek, van Larsson et al. (2014) is ook gekeken naar de gevaarlijke stoffen die vrijkomen bij de verbranding van een Li-ion batterij. Daarbij hebben zij waarden gevonden die teruggerekend werden naar 15 tot 124mg HF (waterstoffluoride) per Wh. Daarbij kwam in hun resultaten naar voren dat hoe minder de batterij is opgeladen, hoe meer HF er uit een brandende batterij vrijkomt. In dit onderzoek wordt het gevaar van vrijkomende gassen, zoals HF, onderstreept. Daarbij is het belangrijk om te realiseren dat wanneer deze gassen in een omsloten ruimte, zoals een autocabine, terecht komen, de concentratie snel hoog genoeg kan zijn om gevaar te vormen (Larsson, Andersson, Blomqvist, Lorén, & Mellander, 2014).

In het artikel van Larsson et al. (2016) wordt aangegeven dat nog onvoldoende bekend is over de effecten van vrijkomende gevaarlijke gassen zoals HF, en dat meer onderzoek naar de uitstoot van gassen nodig is. Echter is het verstandig om vooraf een strategie (of manier) te bepalen over hoe om te gaan met deze gassen om zo te voorkomen dat deze terecht

komen in het passagiersgedeelte van een bus. Daarbij vormt in tunnels de uitstoot van deze gassen een risico omdat deze zich daar kunnen ophopen (Larsson, Anderson, Andersson, & Mellander, 2016).

Betekenis voor busvervoer

Bij bussen zal over het algemeen een groter battery pack worden toegepast dan in personenauto's. Daarbij komt er potentieel een groter volume aan gassen vrij (zie paragraaf 4.2.1), waardoor er per saldo ook in absolute aantallen meer schadelijke stoffen vrij zullen komen. Met het cijfer uit het onderzoek van Larsson et al. (2014) zal voor een battery pack met 250kWh tussen 3,75 en 31 kilogram aan waterstoffluoride vrij komen⁹. Hoe schadelijk dit zal zijn is onder meer afhankelijk van de ruimte waarin het gas vrijkomt. Komt het in de cabine van een bus vrij, dan zullen snel gezondheidsschadelijke concentraties worden bereikt. Ook bij het vrijkomen van gassen in een garage of tunnel kunnen deze zich ophopen en gevaar opleveren. Wanneer het in de buitenlucht vrijkomt, zal het gas zich mengen met de buitenlucht en treedt er minder snel een gevaar op met de vrijkomende gassen.

Vergeleken met conventionele voertuigen, en dus ook bussen op diesel, ligt het verschil vooral later in de brandperiode. In totaal zal er over de gehele brandperiode ongeveer 1,8 keer zo veel waterstoffluoride vrijkomen (Truchot, Fouillen, & Collet, 2016).

4.4 Incidentbestrijding

Bij incidenten zijn er een aantal specifieke gevaren en omstandigheden die ontstaan door de betrokkenheid van Li-ion battery packs. In deze paragraaf worden een aantal zaken besproken zoals deze teruggevonden zijn in bestudeerde literatuur.

4.4.1 Blussing

Zoals eerder aangegeven leveren Li-ion batterijen een uitdaging op bij het ontstaan van brand. Door Long et al. (2013) zijn verschillende full-scale experimenten met battery packs uitgevoerd. Daarbij is een auto nagebootst bestaande uit een stalen frame en platen. Bij vier experimenten waren battery packs vrij bereikbaar tijdens de blussing. Wel is het battery pack geïnstalleerd zoals het verkocht wordt; dus in een beschermde constructie. Bij twee experimenten was het voertuig bekleed en had het een interieur waardoor de battery packs minder goed bereikbaar waren. Binnen dit onderzoek concludeerden de onderzoekers het volgende voor wat betreft het blussen van een brand met een Li-ion batterij (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013):

- > De brandende Li-ion batterijen konden met water geblust worden.
- > De ontoegankelijkheid van de batterijen, die door de fabrikanten ter bescherming worden afgedekt in een soort omhulsel, bemoeilijkt de blussing significant. Zo kunnen hot spots die zich in het battery pack bevinden bijna niet bereikt worden.
- > Nadat de vlammen gedoofd zijn is het gevaar van thermal runaway (zie paragraaf 4.1) nog niet geweken. Om de battery packs voldoende te koelen is zeer veel water nodig gedurende een lange periode.
- > De benodigde hoeveelheid water om te blussen en koelen is onder meer afhankelijk van de grootte van de batterij, maar nog meer van haar locatie (bereikbaarheid) en

⁹ Deze waarden zijn puur indicatief. De daadwerkelijke effecten zijn o.a. afhankelijk van het type batterij welke toegepast is, de grootte van deze batterij en hoe vol deze is opgeladen. Ook hoeven verbanden niet altijd lineair te zijn: een twee keer zo grote batterijcapaciteit hoeft dus niet twee keer zo grote effecten op te leveren.

afscherming. Bij de afgeschermdde batterij (formaat voor auto) was in dit onderzoek tot bijna 10.000 liter nodig om deze voldoende te koelen¹⁰.

- > Voor de blussing van een battery pack in een voertuig moet gerekend worden op een blus- en koelperiode van één uur of langer. Hierbij moet rekening worden gehouden met de inzet van personeel en (extra) adembescherming. Er blijft gedurende lange tijd kans op herontsteking van het battery pack. Zo ontstond bij één van de experimenten 22 uur na blussing weer brand in het battery pack.
- > Voor een effectieve blussing lijkt het beter te zijn om het water voor langere tijd op één plek op te brengen alvorens de straal verplaatst wordt naar een ander gedeelte van de batterij. Nadat bij de batterij de vlammen er af zijn en deze in eerste instantie gekoeld is, lijkt het meer effectief om de straalsoort op de 'fog' stand te zetten om de buitenkant van de batterij verder af te koelen en uitgassen van elektrolyt te beperken.

Ook andere bronnen bevestigen de lastige blusbaarheid van brand in of met Li-ion batterijen. Zo geeft ook Middelkoop (2013) aan dat battery packs vaak moeilijk te blussen zijn vanwege hun slechte bereikbaarheid. Daarbij geeft zij het advies om te blussen vanaf een veilige afstand met veel water. Wanneer het batterijpakket niet bereikbaar is, zal men ervoor moeten kiezen om het voertuig gecontroleerd uit te laten branden en de omgeving af te schermen (Middelkoop, 2013). Deze tactiek wordt ook als optie door Long et al. (2013) voorgesteld. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met de omgeving en kans van brandoverslag (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013).

In hoeverre een tunnel geschikt is om een brandende battery pack van een bus gecontroleerd in uit te laten branden en onder welke condities dit mogelijk is, is in dit onderzoek verder niet onderzocht.

Ook in het werkdocument van de Brandweeracademie (2015) wordt aangegeven dat de blussing en koeling van een battery pack gemiddeld meer tijd en water zal vergen dan branden van conventionele voertuigen. De afscherming van een battery pack bemoeilijkt de blussing bij brand. Wel zijn er sommige autofabrikanten die inmiddels een smeltplaat toepassen welke bij een autobrand zal doorbranden. Hierdoor is de battery pack beter bereikbaar voor het bluswater waardoor het water de batterij daadwerkelijk bereikt en effectiever wordt gekoeld, dan zonder een dergelijke voorziening. De brand in een battery pack blussen met alternatieve blusmiddelen zonder water zoals zand of poeder leidt zelden tot succes. Er is dan geen koeling en de reactie van lithium en elektrolyt wordt niet onderbroken, met als gevolg de kans op herontsteking (Brandweeracademie, 2015).

Betekenis voor bussen

Bij bussen worden grotere battery packs gebruikt. Het is aannemelijk dat er daarom meer water en tijd nodig is dan voor de blussing en koeling van een battery pack in een personenauto. Om te bepalen hoeveel water er nodig zal zijn om een battery pack van 250kWh te blussen is meer onderzoek nodig, al is het waarschijnlijk dat dit behoorlijk meer zal zijn dan 10.000 liter zoals is gemeten in het onderzoek van Long et al. (2013). Ter indicatie, wanneer die resultaten (bij een battery pack van 16kWh) lineair geëxtrapoleerd zouden worden naar een battery pack van 250kWh, levert dit een benodigde hoeveelheid water op van 156.000 liter (156m³)¹¹. Naast grootte van het battery pack speelt ook de bereikbaarheid van het battery pack voor water een grote rol. Het is niet de verwachting dat een battery pack in een bus makkelijker bereikbaar zal zijn dan in een auto.

¹⁰ De onderzoekers spreken hierbij de verwachting uit dat in de praktijk battery packs nog ontoegankelijker zullen zijn dan bij de experimenten en het daardoor waarschijnlijk moeilijker is om deze effectief te koelen.

¹¹ Deze waarden zijn puur indicatief. De daadwerkelijke effecten zijn o.a. afhankelijk van het type batterij welke toegepast is, de grootte van deze batterij en hoe 'vol' deze is opgeladen. Ook hoeven verbanden niet altijd lineair te zijn: een twee keer zo grote batterijcapaciteit hoeft dus niet twee keer zo grote effecten op te leveren. Om dit verband te bepalen zou nader onderzoek nodig zijn.

Voor de blussing van een bus op diesel of op een battery pack kan in beide instanties gebruik worden gemaakt van water. Bij diesel zal wel schuim opgebracht moeten worden om een effectievere blussing mogelijk te maken. Het grote verschil met een brandende bus met battery packs betreft de benodigde tijd en hoeveelheid water om een veilige situatie te bewerkstelligen. Bij brandende battery packs zal er langer gekoeld moeten worden met significant grotere hoeveelheden water om de kans op thermal runaway zo klein mogelijk te maken. Dit kan een periode van een uur of langer beslaan. Vervolgens blijft er nog een restryisco dat het battery pack alsnog na enkele uren tot ontbranding komt.

4.4.2 Elektrocutie

De in serie geschakelde batterijen bij een battery pack kunnen hoge voltages bereiken. Zo kunnen battery packs voor bussen voltages bereiken tot wel 600 volt (Brandweeracademie, 2015). Bij incidenten met dergelijke voertuigen is er het risico van elektrocutie bij contact met spanning voerende delen. De kans dat de carrosserie onder spanning komt te staan is klein. Het systeem van spanning voerende delen is goed geïsoleerd en moet volledig beschadigd raken om tot deze ongewenste situatie te komen; er moet direct contact tussen stroom voerende delen en de carrosserie ontstaan (Brandweeracademie, 2015). Bij incidenten zal voorkomen moeten worden dat de (beschadigde) batterij of het batterijcircuit direct wordt aangeraakt, geopend of beschadigd (Middelkoop, 2013).

Bij brandbestrijding lijkt het risico op elektrocutie klein te zijn. Bij het onderzoek van Long et al. (2013) werd gemeten welke spanning er op het chassis van het elektrische voertuig kwam te staan tijdens brand. Hier werd een beperkte en ongevaarlijke spanning gemeten (0,3 tot 0,4 Volt). Ook werd onderzocht hoe hoog de spanning op de straalpijp werd bij bestrijding van de brand in de batterij met water. De gemeten spanning op de straalpijp was hierbij verwaarloosbaar klein. Volgens de onderzoekers biedt het gebruik van standaard persoonlijke beschermingsmiddelen (kleding, schoeisel, ademlucht, etc.) voldoende bescherming wanneer op afstand wordt geblust en direct fysiek contact met de batterij of spanning voerende delen wordt voorkomen (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013).

Meer onderzoek is nodig om de gevaren te kunnen benoemen bij offensieve inzetacties waarbij aan het voertuig wordt geknipt, doorboort of op andere manieren wordt gemanipuleerd voor bijvoorbeeld technische hulpverlening of het verkrijgen van toegang tot het battery pack bij brand.

Betekenis voor busvervoer

Ook bij elektrische bussen zullen veel veiligheidssystemen aanwezig zijn waardoor de kans op elektrocutie klein lijkt te zijn. Wel blijft het gevaar op elektrocutie bestaan wanneer direct contact wordt gemaakt met spanning voerende delen of een (beschadigd) battery pack. Daarbij zal het hoge voltage dat bij bussen bereikt wordt (grote) schade aan het lichaam kunnen opleveren. Hoewel meer onderzoek nodig is om de gevaren op elektrocutie bij blussing van een groot battery pack in een bus in kaart te brengen, is de verwachting dat de spanning op carrosserie en straalpijp net als in het onderzoek van Long et al. (2013) beperkt zullen zijn.

In vergelijking met dieselbussen is het gevaar op elektrocutie bij elektrische bussen groter. Dieselbussen kennen natuurlijk ook elektrische systemen, maar deze zijn vaak geschakeld op een 24-volts accu. Deze accu zal nog steeds in elektrische bussen te vinden zijn, maar het voltage dat een battery pack aan een bus kan leveren ligt met 600 volt een stuk hoger en geeft daarmee een extra risico.

4.4.3 Overige gevaren

Naast het gevaar van brand (thermal runaway) en elektrocutie kunnen battery packs meer gevaren opleveren. In deze paragraaf worden enkele van deze bijkomende gevaren behandeld zoals deze in de literatuur zijn teruggevonden.

Lekkage

Bij lekkage van de batterijen kunnen er schadelijke en bijtende stoffen vrijkomen (Mikolajczak, Kahn, White, & Long, 2011). Bij lekkage van battery packs kan het elektrolyt vrijkomen wat een bijtende, alkalische of zure vloeistof kan zijn en brandbare oplosmiddelen kan bevatten. Het vrijkomen van elektrolyt zal niet snel gebeuren. Dit komt doordat het elektrolyt in gel-vorm is geabsorbeerd in de celplaten en niet zo maar uit het battery pack lekt, zelfs niet als de cel is gebarsten. Lekkage van elektrolyt is alleen mogelijk als er kracht wordt uitgeoefend op een beschadigde cel, bijvoorbeeld als bij een ernstige aanrijding met een zwaar voertuig het pakket 'geplet' wordt (Brandweeracademie, 2015).

Explosiegevaar

Daarnaast kunnen er, zoals eerder aangegeven, gassen worden gevormd in een batterij cel. Door deze gassen wordt er druk opgebouwd in de cellen. Wanneer deze druk te hoog wordt kan dit gas onder hoge druk vrijkomen. Daarbij is het gevaar dat er delen van de cel of verpakking met kracht worden weggeschoten en op deze manier verhitte materialen en vlammen verspreidt over grotere afstand (meerdere meters) rond het battery pack. In elektrische voertuigen kunnen verschillende type cellen worden toegepast zoals platte cellen, pouches en cilindrische cellen. Vooral deze cilindrische batterij cellen leveren een risico van rondvliegende delen op (Mikolajczak, Kahn, White, & Long, 2011, pp. 51-52). Bij de full-scale experimenten van Long et al. (2013) zijn geen rondvliegende projectielen, explosies of uitbarstingen waargenomen tijdens de tests. Wel waren er hevige vonken (violent sparking) te zien. In de experimenten ging het om vierkante, platte cellen en zijn er geen batterijen getest die samengesteld zijn uit de veronderstelde meer risicovolle cilindrische cellen (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013).

Verontreiniging bluswater

Een ander aspect waar rekening mee moet worden gehouden bij brandbestrijding van elektrische bussen is de mogelijke vervuiling van het bluswater. In het onderzoek van Long et al. (2013) is gekeken naar welke milieuverontreinigende stoffen er in het bluswater terug werden gevonden. Het bluswater was iets zuurder na blussing dan voor blussing. Daarnaast werden er in het verontreinigde bluswater verhoogde waarden teruggevonden voor de stoffen chloor en fluor. Bij chloor ging het om 2 tot 3 keer verhoogde waarden, en voor fluor waren de waarden meer dan 100 keer zo groot (Long, Blum, Bress, & Cotts, 2013). Het gevolg van deze verhoogde waarden op bijvoorbeeld schadelijkheid en waterzuivering is door Long et al. (2013) niet beschreven. Om deze gevolgen in kaart te brengen zal nader onderzoek nodig zijn.

4.5 Vergelijking elektrische bus met dieselbus

In dit hoofdstuk worden de gevaarsaspecten als gevolg van de battery pack van de elektrische bus verschillende aspecten kwalitatief vergeleken met een dieselbus (en eventueel elektrische voertuigen als over bus geen info is). Daarbij is er gekeken naar:

- > de scenario kans (op ongevalsscenario 'brand van de brandstof')
- > brandontwikkeling

- > toxiciteit van gassen bij brand
- > spanning op voertuig bij brand
- > carcinogeniteit van gassen bij brand
- > bestrijdbaarheid: bereikbaarheid, bluswaterhoeveelheid en afvalwater.

Scenariokans

De kans op brand in het battery pack door het falen van een cel is erg klein. Elke cel heeft kans op falen, maar deskundigen stellen deze in de range van 1-op-1 miljoen tot sommigen zelfs op 1-op-100 miljoen. Daarbij moet worden opgemerkt dat hoe meer cellen er in een battery pack gebruikt worden, hoe groter de kans wordt dat er daarbij eentje zal falen. Een groter gevaar vormen externe factoren zoals beschadiging of doorboring. Door o.a. deze factoren en opwarming kunnen batterijen in thermal-runaway geraken. Afhankelijk van het type batterij kan dit door opwarming bij temperaturen vanaf 150°C tot 270°C plaatsvinden. Het meest veilig lijken Lithium-ion-Titanate batterijen en Li-ion-ijzer-fosfaat batterijen. De kans op brand in een dieselbus is ook relatief beperkt. Diesel is wel een brandbare vloeistof en wanneer deze uit de tank vrijkomt, zal deze brandbare dampen af kunnen geven. Dit gebeurt bij een temperatuur > 55°C. Deze brandbare dampen kunnen ontstoken worden door een ontstekingsbron met een temperatuur van 225 - 230°C (Shell Trading Rotterdam B.V., 2012), en zullen tot een snelle brandontwikkeling leiden.

Brandontwikkeling

In de verschillende bestudeerde onderzoeken zijn verschillende brandgegevens gevonden met betrekking tot Li-ion batterijen. Wanneer het gaat om de maximale Heat Release Rate lijken elektrische batterijen minder vermogen te veroorzaken dan koolwaterstoffen zoals diesel. Ook geven verschillende onderzoeken aan dat er bij Li-ion batterijen in totaal minder warmte (energie) vrij komt per eenheid dan bij diesel het geval is. Koolwaterstoffen, zoals diesel, kennen een brandcurve waarin de temperatuur in de eerste paar minuten zeer snel stijgt en de brand zich dus snel ontwikkelt. Bij battery packs ligt deze ontwikkelingssnelheid waarschijnlijk lager. Dat blijkt ook uit de geschetste curve met waterstoffluoride (figuur 7); pas na ongeveer 25 minuten wordt er waterstoffluoride gemeten welke vermoedelijk afkomstig is uit het battery pack. De batterijcellen hebben een aanlooptijd nodig om op te warmen, uit te gassen en vervolgens aan de verbranding deel te nemen. Als gevolg hiervan zal de brand zich in vergelijking met koolwaterstoffen in de eerste paar minuten meer gelijkmatig ontwikkelen en pas het bij optreden van thermal runaway een exponentieel verloop kennen.

Toxiciteit

Bij een brand komen er bij zowel een bus op diesel als bij een bus op battery packs giftige stoffen vrij. Bij een brand in een elektrische bus zal meer van het giftige gas waterstoffluoride vrijkomen. Daarom is de toxiciteit bij elektrische bussen waarschijnlijk groter dan bij bussen op diesel. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat toxiciteit voor een groot gedeelte bepaald wordt door de verwerking van kunststoffen en interieurs in een voertuig.

Over de gevolgen van de verhoogde concentratie waterstoffluoride uit het battery pack in relatie tot andere giftige stoffen die vrijkomen en de exacte verhouding tussen elektrische voertuigen en conventionele voertuigen bestaat nog wel onduidelijkheid in de literatuur.

Elektriciteit

De gevaren van elektriciteit zijn bij een elektrische bus groter dan bij een bus op diesel. Hiertoe zitten er in elektrische voertuigen diverse veiligheidssystemen. Wanneer deze veiligheidssystemen ook bij bussen zijn ingebouwd, worden deze gevaren beperkt. Er bestaan verschillende extra veiligheidssystemen (zoals noodknoppen en noodschakelaars) om de veiligheid verder te vergroten bij incidenten. Ook dieselbussen

kennen elektrische gevaren als gevolg van het 24-volts circuit, al zijn deze kleiner dan bij elektrische bussen. Een verhoogd gevaar leveren elektrische bussen wanneer met (hydraulisch) gereedschap toegang tot het voertuig moet worden verschaft. Daarbij moet worden voorkomen dat men in direct contact komt met spanningvoerende delen zoals kabels of een losliggende batterij.

Carcinogeniteit

Op dit moment is er onvoldoende informatie beschikbaar over het verschil in carcinogeniteit tussen diesel en Li-ion batterijen. In de bestudeerde literatuur is informatie gevonden over schadelijke stoffen zoals waterstoffluoride, maar in hoeverre deze op de korte en lange termijn een verhoogd risico op kanker opleveren is nog niet terug gevonden. Daar zou nader onderzoek voor nodig zijn om te bepalen of hier al gegevens over bekend zijn.

Bestrijdbaarheid

Uit de literatuur is gebleken dat branden met Li-ion batterijen moeilijk te bestrijden zijn. Wanneer de battery pack in brand staat is voor een effectieve blussing en koeling zeer veel water nodig; zeker bij een battery pack ter grootte van een bus. Daarbij zorgt de vaak moeilijke bereikbaarheid van deze pakketten voor een lange inzetduur. Zelfs na geruime tijd koelen blijft er voor langere tijd kans op herontsteking in een batterij cel. Een brand in een dieselbus is relatief eenvoudig te blussen met water en schuim. Inzettechnieken en inzetacties zijn door de brandweer op dat gebied al beproefd en gemeengoed. Voor incidenten met Li-ion batterijen geldt dit nog niet.

Samenvattend

Als we de dieselbus als uitgangssituatie nemen, dan geeft de onderstaande tabel het verschil aan van de elektrische bus ten opzichte van de dieselbus op de hierboven beschreven vergelijkingsaspecten.

Tabel 5: Elektrische bus dieselbus

Vergelijkingsaspect	Elektrische bus dan dieselbus
Scenariokans brand brandstof	Kleiner
Brandontwikkeling	Langzamer en geringer
Toxiciteit	Groter
Elektriciteit	Groter
Carcinogeniteit	Geen verschil/weinig gegevens gevonden
Bestrijdbaarheid	Moeilijker

Onze conclusie op basis van deze tabel luidt dat elektrische bussen niet onveiliger lijken (vanwege enkele thans nog bestaande onzekerheden) dan dieselbussen.

5 Condities

Uit de analyse van de risico's van elektrische bussen volgt dat elektrische bussen niet onveiliger lijken te zijn dan dieselbussen. Wel zijn er voor enkele extra gevaren en onzekerheden een aantal maatregelen mogelijk die de bijhorende risico's van elektrische bussen kunnen reduceren. Hiertoe hebben we condities opgesteld om op te nemen in de aanbesteding, en waarmee het aspect brandveiligheid van elektrische bussen verder gegarandeerd kan worden. Daarbij is er verschil gemaakt tussen een hoofdconditie voor het veilig gebruik van elektrische bussen en verschillende subcondities.

5.1 Hoofdconditie

Zorg er voor dat er geen thermal runaway op kan treden, dan wel dat de kans hierop zo laag mogelijk is (zie hiertoe de subcondities hieronder).

Het grootste gevaar van elektrische bussen is het optreden van thermal runaway. De hoofdconditie om elektrische bussen veilig in te zetten is dan ook het voorkomen van een thermal runaway. Ondanks dat in de bestudeerde literatuur wordt aangegeven dat elk typ Li-ion batterij zijn eigen 'safety window' heeft (een range van condities die, wanneer de battery pack daarbuiten treedt, zichzelf gaat opwarmen en een thermal runaway veroorzaken), wordt er in één bron ook genoemd dat een producent aangeeft dat zijn batterij geen kans heeft op thermal runaway. Als het daadwerkelijk mogelijk is het optreden van thermal runaway door zowel interne als externe factoren weg te nemen, zou dit de brandveiligheid van elektrische bussen aanzienlijk verbeteren. Mocht dat onmogelijk blijken, dan kunnen onderstaande subcondities aan de elektrische bus de veiligheid verder garanderen.

5.2 Subcondities

Er zijn verschillende veiligheidssystemen beschikbaar die de veiligheid van Li-ion batterijen kunnen vergroten. Hierbij is onderscheid gemaakt in subcondities die betrekking hebben op het voorkomen van brand in een battery pack, het beperken van de gevolgen bij brand in een battery pack en op subcondities die een effectieve incidentbestrijding faciliteren.

Voorkomen van brand in een battery pack

De condities zijn deels gebaseerd op het artikel van Larsson et al. (2016) waarin diverse maatregelen en systemen worden benoemd om de kans op het ontstaan van brand in elektrische bussen zo klein mogelijk te houden.

1. Zorg voor deugdelijke compartimentering van de battery pack zelf en van de battery pack ruimte in de bus.

Aan de ene kant wordt door interne compartimentering in de accu zelf de gevolgen van een thermal runaway beperkt / vertraagd. Daarnaast kan compartimentering van de gehele batterij de overige delen van de bus beter beschermen bij brand, bijv. het passagiersgedeelte. Andersom geldt dit natuurlijk ook voor bescherming van de accu bij brand in het passagiersgedeelte.

2. **Zorg voor voldoende afstand tussen de battery pack en andere brandgevoelige onderdelen van de bus**
Installeer het batterijpakket op afstand van en/of zorg voor een goede afscherming van locaties/onderdelen van de bus waar relatief vaak brand ontstaat zoals wielkasten, elektromotoren en brandgevaarlijke vloeistoffen (zie ook conditie 9 hieronder).
3. **Zorg voor een deugdelijk voorziening (bijv. 'Battery Management Systeem' (BMS)) die het voltage, spanning en temperatuur van de battery pack continu monitort**
Een BMS monitort het batterijpakket en heeft controle over het voltage van individuele cellen, de totale spanning (stroom) in het pakket, temperatuur en kan een batterij isoleren in geval van nood.
4. **Zorg voor een deugdelijk verpakking, afscherming en montage van de battery pack (bijv. een 'Mechanical Crash Structure' (MCS))**
Een deugdelijke MCS heeft betrekking op de verpakking, afscherming en montage in het voertuig die het batterijpakket beschermen tegen een mechanische impact van buitenaf.
5. **Zorg voor een voorziening waardoor het battery pack automatisch wordt uitgeschakeld bij een incident (bijv. 'High Voltage Connectors/Disconnectors')**
Deze worden gebruikt om een batterijpakket uit te schakelen bij normaal gebruik en kunnen ook bij een crash het batterijpakket uitschakelen om het elektrocutiegevaar te verkleinen. Let wel dat de bus nog wel manoeuvreerbaar moet zijn (bijv. voor het wegslepen ervan).
6. **Zorg voor een deugdelijke bescherming tegen kortsluiten (bijv. een 'Short Circuit Protection')**
Hierbij gaat het om het toepassen van zekeringen en materialen die beschermen tegen kortsluiting en kortsluitingsbronnen van buitenaf die mogelijk kunnen leiden tot kortsluiting in het batterijpakket zelf.
7. **Zorg voor een deugdelijke voorziening om de temperatuur in een battery pack te monitoren (bijv. een Thermal Management System (TMS))**
Het TMS is specifiek ontworpen om de temperatuur in een battery pack te controleren en werkt nauw samen met het BMS. Bij een stijging in temperatuur kan het TMS systeem bijvoorbeeld een koelsysteem in werking stellen of (delen van) het pakket uit laten schakelen. De bedoelde informatie zou op twee plekken (redundantie) gepresenteerd moeten worden: op het dashboard van de buschauffeur en in de centrale operating room van de busonderneming/concessiehouder.

Beperken van de gevolgen van brand in elektrische bus

Wanneer het toch mis gaat moet er rekening worden gehouden met het beperken van de gevolgen van brand en de veiligheid van inzittenden. Vooraf kunnen maatregelen worden getroffen om gevolgen beperkt te houden. Daarbij denken wij aan de volgende subcondities:

8. **Zorg voor een installatie die de chauffeur en passagiers direct waarschuwt bij een 'thermal runaway'**
Zorg voor snelle detectie van brand/ thermal runaway / opwarming in de cellen en zorg dat de chauffeur en passagiers direct gewaarschuwd worden (direct en via de centrale van de busonderneming) om tijdige ontruiming mogelijk te maken. Deze conditie hangt nauw samen met de conditie over het installeren van een thermal management systeem (conditie 7).

9. Zorg voor een brandwerende scheiding *tussen* batterijpakket en passagierscompartiment

Op deze manier wordt de kans verkleind dat de brand zich uitbreidt naar het passagiersgedeelte waarmee de veiligheid voor passagiers wordt verbeterd en branduitbreiding in beide richtingen beperkt kan worden. Waar het in conditie 2 hierboven gaat om het creëren van voldoende onderlinge afstand tussen de battery pack en brandgevoelige onderdelen van de bus, gaat het in deze conditie om het gebruik van brandwerende materialen tussen battery pack en het passagiersgedeelte.

10. Zorg voor een deugdelijke bescherming van het passagierscompartiment tegen toxische gassen

Voorkom dat vrijkomende toxische gassen uit Li-ion batterijen in het passagierscompartiment terecht kunnen komen, daarbij opgemerkt dat het vrijkomen van schadelijke gassen in een tunnelbuis ook buiten het voertuig gevaar op kan leveren.

11. Zorg voor brandwerende scheidingen *in* de battery pack

Installeer brandwerende scheidingen in het batterijpakket, bijvoorbeeld tussen de batterijmodules, om verspreiding van brand in het batterijpakket te kunnen stoppen.

Incidentbestrijding

Om de kans op een succesvolle incidentbestrijding te vergroten denken wij aan de volgende subcondities:

12. Zorg ervoor dat hulpverleningsdiensten veilig bij en aan het voertuig kunnen werken door het voertuig bij een noodsituatie spanningsloos te maken

Bij incidenten moeten hulpverleners bij en aan het voertuig kunnen werken zonder het gevaar op elektrocutie. Het is aanbevolen om een fysieke mogelijkheid tot het spanningsloos maken van het voertuig te creëren. De onderzoekers denken hierbij aan een noodknop die door hulpverleners ingedrukt kan worden bij een noodgeval en scheiding maakt tussen het battery pack en de hoog voltage installatie.

13. Zorg ervoor dat het battery pack goed te bereiken is voor het blusmiddel van de brandweer

Daarbij is het belangrijk dat het blusmiddel direct op of in de batterij gebracht kan worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een aansluitsysteem voor materiaal van de brandweer waardoor het de batterij direct kan koelen (ca 100 a 200 liter per minuut). Ook is het van belang dat het koelwater goed afgevoerd kan worden.

14. Zorg voor een voorziening aan de bus waardoor deze bij incidenten uit de tunnel gesleept kan worden (bijv. een of meerdere trekogen).

Bij onvoldoende blus- en koelwater kan het een effectieve inzettechniek zijn om het battery pack uit te laten branden, maar dan wel op een veilige plek. Dat is veelal niet in de tunnel maar er buiten. De bus zal dan uit de tunnel gesleept moeten worden mits dit veilig kan, hetgeen vraagt om snelle sleepacties (de brand moet nog niet in alle hevigheid zijn losgebarsten). De sleeprichting zal mede afhangen van eventuele obstakels in de tunnel en de ondersteuning door het tunnelventilatiesysteem. Het is van belang dat de bus beschikt over een zogenaamde vrijloop zodat deze gesleept kan worden zonder dat dit op een weerstand stuit.

Daarnaast zal een gedegen instructie aan de buschauffeurs over hoe te handelen bij bepaalde verkeerssituaties, gevaren en signalen vanuit de monitoringsystemen in de bus een bijdrage kunnen leveren aan de veiligheid van elektrische bussen in de tunnels.

Voorgesteld wordt om ook deze opmerking, voor zover mogelijk (omdat het geen technische/ontwerp maatregel aan de bus betreft), in de aanbesteding als conditie op te nemen.

Een conditie die daarnaast wel degelijk bijdraagt aan de veiligheid en waar de busfabrikant en concessiehouder een rol in spelen maar ook niet een ontwerpmaatregel aan de bus betreft, is dat beide (minimaal een keer per jaar en indien de actualiteit daar aanleiding toegeeft, direct) met concessieverlener, tunnelbeheerder en de Veiligheidsregio in overleg gaan over de meest actuele ontwikkelingen op het gebied van:

- a) technische ontwikkelingen omtrent battery packs,
- b) Internationaal en nationaal beleid rondom elektrisch vervoer en de veiligheid ervan,
- c) leren van incidenten (op de eigen lijnen en in groter perspectief)

Hierboven zijn condities geformuleerd en geadviseerd ten behoeve van de aanbesteding voor de aanschaf van elektrische bussen. Het betreft dus condities/maatregelen aan de bussen zelf in relatie tot de battery pack. Aan de battery pack worden al tal van eisen gesteld vanuit (inter-)nationale normen en richtlijnen.

Zoals in de inleiding van dit rapport geschetst, bestaat tunnelveiligheid uit het samenhangende geheel van tunnelontwerp, gebruik van de tunnel (waaronder dus de voertuigen) en organisatie. Ook het tunnelontwerp, de tunneltechnische installaties en de organisatie (veiligheidsbeheersysteem en incidentbestrijding) zal een grote bijdrage kunnen leveren aan de veiligheid in de tunnel. Uiteindelijk zal het geheel (van elektrische bussen in de tunnel en de incidentbestrijding) moeten worden beschouwd om de tunnelveiligheid te beoordelen.

De beoordeling in Nederland van de veiligheid van een wegtunnel vindt onder meer plaats door een kwantitatieve risico analyse (QRA) om aan te tonen dat de tunnel aan de wet- en regelgeving voldoet. Het hiertoe beschikbare RWS QRA model is voor 'standaard' Rijkswegtunnels. Van een standaard Rijkswegtunnels is in het Buitenvelderttunnelsysteem geen sprake: de tunnels liggen niet in hoofdwegennet, kennen een specifieke doelgroepenstrook voor bussen en specifiek gebruik (hoog aandeel van elektrische bussen in het gebruik). Een dergelijke QRA is derhalve geen sinecure vanwege de hierboven geduide verschillen van elektrische bussen ten opzichte van conventionele bussen.

Tunnelveiligheid wordt bepaald door het ontwerp van de tunnel, de voertuigen, gebruik/gedrag van personen in de voertuigen en hulpverleningsmogelijkheden. Indien opvolging wordt gegeven aan de voorgestelde condities dan lijkt het voor het onderdeel van het voertuig (lees de battery pack in de elektrische bus) dat de veiligheid in tunnels voor dit aspect voldoende is gegarandeerd. Natuurlijk zullen ook aan het tunnelontwerp en het gebruik van de tunnel eisen gesteld kunnen worden ten behoeve van de veiligheid. Die eisen zullen afgestemd moeten worden met de gevaren van het gebruik, zoals het rijden met elektrische bussen. Tevens zullen opleiding, training en oefening van de buschauffeur en hulpdiensten bijdragen aan de veiligheid van elektrische bussen in tunnels.

Tot slot zal extra kennis van specifiek de gevaren van elektrische bussen in tunnels en de bestrijding ervan bij kunnen dragen aan de tunnelveiligheid. We hebben op diverse plekken in deze rapportage aangegeven welke delen van informatie er op dit moment ontbreken over met name fysische aspecten van brandende battery packs van bussen. Een meer uitgebreidere literatuurstudie (bijv. t.b.v. de kansinschatting van branden van battery packs/thermal runaway) met eventueel daaropvolgend een experimenteel onderzoeksprogramma zou een goede stap zijn om de ontbrekende informatie (en mogelijk meer) op te leveren (bijv. over snelheid van brand- en rookontwikkeling of bestrijdingstactieken bij branden van elektrische bussen).

6 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag welke belangrijke extra of andere risico's de elektrische bussen hebben ten opzichte van dieselbussen, en welke invloed elektrische bussen hebben op de veiligheid in tunnels.

Over de extra dan wel andere risico's blijkt uit deze eerste verkenning dat elektrische bussen op het aspect aandrijving niet onveiliger lijken te zijn dan dieselbussen. Dieselbussen hebben een grote hoeveelheid aan de brandgevaarlijke stof diesel bij zich welke bij incidenten vrij kan komen en brand kan veroorzaken. Bij elektrische bussen wordt het vervoer van enkele honderden liters brandgevaarlijke stof weggenomen doordat de battery pack de energie voor de aandrijving levert. Het is waarschijnlijk dat bij een brand in een elektrisch voertuig minder energie vrij komt dan bij een identiek voertuig dat beschikt over een (volle) dieseltank. Over de verhouding tussen elektrische en dieselbussen voor wat betreft de Heat Release Rate, straling en temperatuur is op dit moment nog onvoldoende bekend om hier een duidelijke afweging te maken tussen welke meer brandveilig is.

Het bijzondere aan elektrische bussen is het grote battery pack wat voor de energie van de elektrische aandrijving zorgt. Verder zijn deze bussen qua gevaren vergelijkbaar met "normale" bussen die in het streekvervoer worden gebruikt. Het belangrijkste gevaar van een batterijpakket is de kans op thermal runaway waarbij er een kettingreactie in het pakket op gang gebracht kan worden die de brandontwikkeling versnelt. De interne faalkans op thermal runaway is echter klein en met verschillende maatregelen kunnen de risico's en effecten verder beperkt worden. Elektrische bussen leveren daarnaast nog enkele specifieke gevaren op. Zo komen er bij verhitting van battery packs schadelijke en giftige stoffen vrij. Daarbij zal er vooral meer waterstoffluoride, een giftige stof, vrij komen bij brand. Volgens de huidige informatie is de extra hoeveelheid ten opzichte van huidige voertuigen beperkt en ook verhoudingsgewijs ten opzichte van andere vrijkomende schadelijke stoffen lijkt de bijdrage van waterstoffluoride beperkt. Naar de precieze effecten zal echter meer onderzoek nodig zijn. Ook het gevaar op elektrocutie lijkt beperkt te zijn. Direct contact met spanning voerende delen zal wel voorkomen moeten worden en beproefde systemen om de bus bij een incident spanningsloos te maken kunnen vooraf geïnstalleerd worden.

Het bestrijden van brand in de battery pack van elektrische bussen is moeilijker dan brand van de dieselveorraad bij dieselbussen. De slechte bereikbaarheid van het battery pack en benodigde tijdsduur om batterijcellen voldoende terug te koelen vergen een grote hoeveelheid bluswater en langere inzetduur. Tunnels zullen de bestrijding van gevolgen van branden met elektrisch bussen verder bemoeilijken. Echter, zoals hierboven reeds aangeduid zal bij een brand van de battery pack naar waarschijnlijkheid minder energie vrijkomen en een stuk trager ontwikkelen dan een koolwaterstof brand (brand van de dieselinhoud van de dieselbus), wat ruimere mogelijkheden biedt voor de brandbestrijding.

Referenties

- Air Resources Board. (2015). *Technology Assessment: Medium- and Heavy-Duty Battery Electric Trucks and Buses (Draft)*. Sacramento, CA: California Environmental Protection Agency (State of California).
- Battery University. (2016, 07 05). *BU-205: Types of Lithium-ion*. (Cadex Electronics Inc.) Retrieved 07 22, 2016, from Learn about batteries:
http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion
- Battery University. (2016, 05 13). *Safety Concerns with Li-ion*. (Cadex Electronics Inc.) Retrieved juli 28, 2016, from http://batteryuniversity.com/learn/article/safety_concerns_with_li_ion
- Battery University. (2014, 03 19). *Safety of Lithium-ion Batteries*. (Cadex Electronics Inc.) Retrieved 07 28, 2016, from
http://batteryuniversity.com/learn/article/safety_of_lithium_ion_batteries
- Brandweeracademie. (2015). *Brandweeroptreden bij incidenten met batterijen, accu's en brandstofcellen (concept)*. Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.
- Colella, F., Biteau, H., Ponchaut, N., Marr, K., Somandepalli, V., Horn, Q., & Thomas Long, R. (2016). Electric Vehicle Fires. *Proceedings from the Seventh International Symposium on Tunnel Safety and Security* (pp. 629 - 636). Montreal, Canada: Exponent.
- DEKRA. (2012, 10 29). *Lithium-Ionen-Batterien stellen in Brandversuchen Sicherheit unter Beweis*. (W. Sigloch, Ed.) Retrieved from Aktuelle DEKRA Versuchsreihe zur Sicherheit von Elektrofahrzeugen:
http://www.dekra.com/de/pressemitteilung?p_p_lifecycle=0&p_p_id=ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay&_ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay_articleID=24844066
- Larsson, F., Anderson, J., Andersson, P., & Mellander, B. (2016). Safer battery systems in electric vehicles – an electrified bus perspective. *Eurotransport*, 2016(Volume 14, issue 3), 50 - 53.
- Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P., Lorén, A., & Mellander, B. (2014). Characteristics of lithium-ion batteries during fire tests. *Journal of Power Sources*(Volume 271), 414-420.
- Lecocq, A. e. (2012). *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. Verneuil-en-Halatte, France: INERIS – National Institute of Industrial Environment and Risks.
- Lecocq, A., Bertana, M., Truchot, B., & Marlair, G. (2014). *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle*. Verneuil-en-Halatte, France: INERIS – National Institute of Industrial Environment and Risks.
- Long, R., Blum, A., Bress, T., & Cotts, B. (2013). *Best Practices for Emergency Response to Incidents involving Electric Vehicle Battery Hazards: A Report on Full-scale Testing Results*. Quincy, MA (USA): The Fire Protection and Research Foundation.
- Massachusetts Institute of Technology. (2013, november 26). *Are Electric Vehicles a Fire Hazard?* Retrieved 07 28, 2016, from MIT Technology Review:
<https://www.technologyreview.com/s/521976/are-electric-vehicles-a-fire-hazard/>
- Middelkoop, J. (2013, juni 27). Workshop hybride en elektrische aandrijving. *Presentatie Netwerkdag OGS*.
- Mikolajczak, C., Kahn, M., White, K., & Long, R. (2011). *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment*. Quincy, MA (USA): Fire Protection Research Foundation.
- Shell Trading Rotterdam B.V. (2012). *Veiligheidsinformatieblad - Diesel*. Rotterdam: Shell Trading Rotterdam B.V. Retrieved juli 28, 2016, from <http://www.shell.com/business-customers/trading-and-supply/trading/trading-material-safety-data-sheets/>
- The Engineering Toolbox. (2016, juni 23). *Fuels - Higher Calorific Values*. Retrieved juli 28, 2016, from http://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html

- Truchot, B., Fouillen, F., & Collet, S. (2016). An Experimental Evaluation of the Toxic Gas Emission in Case of Vehicle Fires. *Proceedings from the Seventh International Symposium on Tunnel Safety and Security* (pp. 419 - 429). Montréal, Canada: SP Technical Research Institute of Sweden.
- Watanabe, N. e. (2012). *Comparison of fire behaviors of an electric-battery-powered vehicle and gasoline-powered vehicle in a real-scale fire test*. Japan: National Research Institute of Police Science.

Bijlage 4

DATUM ONTVANGST	26 JAN. 2018		
TEKENING	SO-0		
TKN / KOPIE AAN			



D-2018/029578, Z-2017/047938

Aan Gemeente Amstelveen
Postbus 4, 1180 BA Amstelveen

25-01-2018

Zaaknummer: Z-2017/047938

Documentnummer: D-2018/001784

Geachte gemeente,

Ik wil hierbij bezwaar maken tegen het besluit van de gemeente om de vergunningsaanvraag te verlenen.

Ik wil bezwaar maken tegen het besluit van de gemeente om de vergunning aanvraag te verlenen, voor de bouw van een oplaad punt voor bussen achter mijn huis. Ten eerste doordat de bouw van een oplaadpunt mijn uitzicht bederft en de waarde van mijn huis hierdoor verminderd.

Ten tweede, omdat toen ik mijn huis heb gekocht ik meerdere malen aan meneer Renting heb gevraagd of ik het stuk grond achter mijn huis ook kon kopen, hierop was het antwoord steeds dat hij er achter aan zou gaan. Nadat ik geen antwoord van meneer **A.Renting Hoofd Vastgoed** op deze vraag heb gekregen heb ik het zelf aan de gemeente gevraagd, deze zeiden dat er geen bestemmingsplan was en dat het perceel achter mijn huis groen zou blijven. Ik vind het daarom ook erg apart dat ten tijde van het kopen van het huis niemand mij kon vertellen wat het bestemmingsplan was en nadat ik het huis heb gekocht er ineens het plan is om een oplaadpunt achter mijn huis te bouwen. Ik denk dan ook dat de gemeente ten tijde van het kopen van het huis opzettelijk voor mij verzwegen heeft dat er een oplaadpunt voor bussen zou komen, omdat zij wist dat ik het huis dan niet zou kopen.

Daarnaast vind ik het ook erg raar dat ik kennis moest nemen van dit plan door mijn buurman. Een dag daarna kwam meneer **M.Veldhuisen (de projectontwikkelaar van het plan)** naar mij toegekomen en vertelde hij mij dat het stuk grond achter het perceel van hem is. Dit heb ik bij de gemeente nagevraagd en die zeiden dat het van de gemeente was. Toen ik meneer Veldhuisen hiermee geconfronteerd heb, zei hij ineens dat de gemeente hem het stuk land heeft beloofd maar dat het nog niet van hem was. Ik snap daarom ook niet dat als dat het geval was waarom niemand mij dit kon vertellen toen ik het huis kocht, helemaal nu blijkt dat het plan er al sinds 2014 is.

Uiteindelijk heb ik bij mij thuis een gesprek gehad met gemeente waarbij zei vertelde dat ik via een site van de gemeente had kunnen zien dat dit plan er was, als dit zo was en het plan er al sinds 2014 is, waarom kon dan nooit iemand mij vertellen dat dit plan er was. Verder heb ik ook een bezwaar tegen dit besluit, omdat de gemeente

bij mij thuis in eerste instantie vertelde dat ik onder geen enkele omstandigheid alsnog een stuk grond kon krijgen en nadat ik hun beschuldigde van corruptie en de ombudsman heb ingeschakeld zij ineens zeiden dat ik misschien wel een stukje grond kon krijgen. Oftewel hoe kan het dat de gemeente continu met andere verhalen komt.

Vervolgens zei de gemeente dat ik met meneer Veldhuisen moest overleggen over een oplossing om elkaar tegemoet te komen. Meneer Veldhuisen heeft mij vervolgens aangeboden om voor **50,000euro** een klein stukje te kopen (hier heb ik bewijs voor), waarmee ik niet instemde. Vervolgens heeft de gemeente mij het voor 180 euro ex btw, per vierkante meter aangeboden, dit zou dezelfde prijs zijn die meneer Veldhuisen heeft betaald, toen ik daar een bewijs van vroeg zeiden ze dat dit slechts mondeling is afgesproken. Ik vind het tevens ook erg raar dat meneer Veldhuisen mij een prijs kan aanbieden voor een stuk grond dat hem slechts is beloofd. Als dat geen teken van corruptie is weet ik het ook niet meer. Ik vind het dan in z'n geheel ook raar dat wanneer ik een stuk grond wil kopen ik een vergunning moet hebben en direct moet betalen maar dat meneer Veldhuisen slechts met een mondelinge afspraak en geen enkele vergunning al kan bouwen en zelfs aan mij kan doorverkopen.

Het verbaasde me dan ook niks dat meneer Veldhuisen mij vertelde dat hij een goede relatie heeft met meneer **A. Renting Hoofd Vastgoed, Hoofd Ruimtelijke Ordening, Koen boon project manager Izabel Kuiper juridisch** en dat zij al vaker zaken hebben gedaan. Verder heb ik een bezwaar tegen dit besluit omdat de bouw van dit perceel in strijd met het bestemmingsplan is. Tevens zijn ze inmiddels als een paar maanden aan het bouwen, terwijl de aanvraag nu pas verleend is. Ik vind het dan ook raar dat de gemeente van mij meteen geld wilt voor een stuk land terwijl meneer Veldhuisen al een tijdje aan het bouwen is zonder dat er nog een vergunning voor is. Ik eis dan ook dat ik een gelijk stuk grond als meneer Veldhuisen voor dezelfde prijs krijg, ik zie namelijk niet in waarom hij voor goedkoper met slecht een mondelinge afspraak daar mag bouwen en ik niet. Zo niet dan eis ik dat de bouw per direct stop word gezet. Voor mij is de maat nu vol, ik ben nu al meer dan een jaar bezig met het vragen van wat het bestemmingsplan is en krijg steeds geen antwoord. Vervolgens zegt de gemeente dat er geen bestemmingsplan is maar toch komt er een oplaadpunt voor bussen. Ik denk dan ook dat er sprake is van corruptie en dat gemeente geld heeft gekregen van meneer Veldhuisen om het stuk land aan hem te verkopen. Het is geen geheim dat corruptie bestaat binnen de gemeente, en dit is recent ook weer is het nieuws geweest. Ten slotte ging het in eerste instantie slecht op een oplaadpunt van bussen achter mijn huis, die is toen een stuk naar achteren verplaatst en in plaats daarvan word het nu helemaal vol gebouwd met 8000 vierkante meter gebouwen achter mijn huis. Daarnaast zou het oplaadpunt achter de huizen van mijn twee buurmannen komen, deze waren het hier uiteraard ook niet mee eens. Vervolgens heeft meneer Veldhuisen hun toen een extra stuk land gegeven en het verplaatst naar het stuk grond achter mijn huis zodat zij hier geen bezwaar tegen zouden maken.

Ik heb tevens bij een advocaat nagevraagd of het mogelijk is dat gemeente mondeling een afspraak maakt met iemand en dat hij alvast gaat bouwen, het antwoord is hierop was ontkennend. Ook de ombudsman heeft mij verteld dat het niet mogelijk is dat er al word gebouwd zonder dat het stuk land gekocht is. Daarom

stap ik ook per direct naar de rechter als de gemeente mij niet een goed bod doet na dit bezwaar. Ten slotte accepteer ik het niet als deze brief word behandeld door Jan Pooiter, meneer Renting, mevrouw Kuipers en meneer Koen Boon. Deze mensen beschermen meneer Veldhuisen namelijk alsof het hun familie is. Daarom eis ik een neutraal persoon, zo niet doe ik aangifte tegen al deze vier personen en handelen we dit verder af in de rechtbank.

Met vriendelijke groet,

A simple, handwritten signature consisting of a single, continuous, curved line that forms a shallow 'U' shape.

Stedelijke Ontwikkeling

Uw contact M. Panday
T (020) 540 41 45
F (020) 540 45 59
gemeente@amstelveen.nl

Postbus 4, 1180 BA Amstelveen
Vermeld bij reactie ons kenmerk en datum
van deze brief

verzonden 16 JAN. 2018

Datum 16 januari 2018
Oms kenmerk Z-2017/047938, D-2018/001784

Betreft Start terinzagelegging ontwerpbesluit omgevingsvergunning Connexxion

Geachte heer _____

Op 25 september 2017 hebben wij een aanvraag om een omgevingsvergunning (Z-2017/047938) ontvangen voor het realiseren van een busremiseterrein met bijbehorende voorzieningen op het perceel Meerlandenweg 70 op bedrijventerrein De Loeten.

Op 16 januari jl. hebben wij besloten om in beginsel planologische medewerking te verlenen aan het bedoelde bouwplan. De daarvoor voorgeschreven procedure voorziet in de terinzagelegging van het ontwerpbesluit en de daarbij behorende stukken.

Zoals wij u in een eerder stadium hebben toegezegd, informeren wij u thans schriftelijk over de start van de formele procedure. De stukken liggen met ingang van 18 januari a.s. gedurende een periode van zes weken ter inzage. Een ieder kan tijdens deze periode een zienswijze tegen het ontwerpbesluit bij ons naar voren brengen.

Voor de wijze waarop u de stukken kunt inzien en voor de wijze waarop u op de stukken kunt reageren, verwijzen wij u naar de inhoud van de bij deze brief gevoegde tekst van de bekendmaking.

Hoogachtend,
Burgemeester en wethouders van de gemeente Amstelveen,
namens dezen,



drs. J.A. de Poorter
hoofd Stedelijke Ontwikkeling

Bijlagen 1

Van:

Verzonden: woensdag 31 januari 2018 19:48

Aan: Gemeentebestuur

CC: Boon, Koen

Onderwerp: Zienswijze: verzoek uitleg veiligheid busremise

Geachte Burgemeester en Wethouders,

Met dit bericht dien ik formeel mijn zienswijze in voor de vergunning voor de busremise aan de Meerlandenweg 70.

Mijn bezwaar is tweeledig:

1: Veiligheid. Op welke wijze wordt met de gevolgen van een brand van, of in de nabijheid van, de elektrische bussen omgegaan. Naar mijn mening is een brand in deze bussen gevaarlijk omdat de batterijen veel chemicaliën bevatten en de energie in de batterijen niet beheerst kan worden. Dit betekent een giftige rook van een brand die niet eenvoudig bestreden kan worden.

Het oorspronkelijke antwoord van de gemeente dat het bouwbesluit wordt gevolgd stelt mij niet gerust. Het betreft hier nieuwe techniek die niet in de bestaande regelgeving verwerkt kan zijn. Daarnaast geeft een nieuwe techniek in principe meer kans op een calamiteit dan beproefde techniek.

2: Verlichting. Het is aannemelijk dat het terrein verlicht zal worden. Hoe wordt voorkomen dat wij geen overlast ervaren van de verlichting? Wat is het verlichtingsplan en wat is de lichtbelasting voor mijn (en andere) huizen.

Op maandag 29 januari 2018 heb ik een constructief gesprek gehad met Koen Boon van de gemeente Amstelveen. Ik heb hem mijn zorgen kunnen toelichten. Aangezien de antwoorden nog niet voorhanden zijn heeft hij mij in contact gebracht met de heer Weijers van Connexxion. Hij toegezegd mij documenten toe te sturen die mijn vragen toelichten en zo nodig verder in gesprek te gaan

Ik hoop dat de antwoorden mijn bezwaren zullen wegnemen zodat ik mijn zienswijze kan intrekken.

--

Met vriendelijke groet,