

Berging elektrische voertuigen na incidenten in parkeergarages



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

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2025

Auteurs	T. van Harn, B. Riemersma, T. Hessels
Contactpersoon	T. Hessels
Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Contactpersoon	S. Reitsma
Datum	22 april 2025

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

Samenvatting

Onderzoek van het NIPV heeft laten zien dat een elektrisch voertuig (EV) na een incident waarbij een batterij betrokken is doorgaans wordt ondergedompeld in een zogeheten dompelcontainer (Hessels & Geertsema, 2023). In parkeergarages is dit lastig vanwege de beperkte afmetingen. Om dan te komen tot een langdurig stabiele situatie, moet het EV met een al dan niet thermisch instabiele of door brand beschadigde batterij eerst uit de parkeergarage worden verwijderd, om vervolgens buiten de parkeergarage ondergedompeld te worden.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden voor het verwijderen van een EV uit een parkeergarage na een batterij-incident. De benodigde informatie is verkregen uit literatuur, eerdere onderzoeken van het NIPV, (online) nationale en internationale artikelen en rapportages over eerdere incidenten. Daarnaast zijn interviews gehouden met respondenten die ervaringen met en/of kennis hebben over het bergen van EV's uit parkeergarages.

In dit onderzoek worden verschillende alternatieven geïntroduceerd die kunnen helpen bij het bergingsproces. We hebben een viertal bergingsalternatieven geïdentificeerd:

- > dolly's
- > takelwagens met takelbrillen
- > blusrobots
- > bergingsrobots.

Deze alternatieven hebben we beoordeeld aan de hand van zeven criteria die wij van belang achten voor het veilig bergen van EV's uit parkeergarages. Deze alternatieven moeten:

1. voldoende wendbaar zijn binnen een minimale parkeerwegbreedte van 6,62 meter
2. niet hoger zijn dan 2,10 meter
3. voldoende grip hebben op een natte ondergrond en een helling van 24 %
4. op afstand bestuurbaar zijn, zodat berger en/of brandweer niet in de buurt van het voertuig hoeven te komen tijdens het bergingsproces
5. werken terwijl de wielen van het EV stilstaan gedurende het transport uit de parkeergarage
6. zoveel mogelijk rook- en brandbestendig zijn
7. een EV met wielschade of een doorgezakt chassis kunnen bevestigen.

Uit onze analyse blijkt dat een bergingsrobot het meest geschikt is voor het bergen van EV's uit parkeergarages. De bergingsrobot kan goed manoeuvreren binnen de garages en, afhankelijk van het ontwerp, in een bepaalde mate brand- en rookwerend zijn. Daarnaast is een bergingsrobot op afstand bestuurbaar. Er dient te worden nagedacht over de exploitatie van de bergingsrobot. De aanschaf en inzet van bergingsrobots zal nadere uitwerking behoeven van bergers en eigenaren en/of exploitanten van parkeergarages, eventueel ook in afstemming met de brandweer.

Inhoud

Samenvatting.....	3
Inleiding	6
Aanleiding	6
Doelstelling en onderzoeksvragen	6
Onderzoeksmethode.....	7
Afbakening	8
Leeswijzer	8
1 Probleembeschrijving.....	9
1.1 Batterij-incidenten in elektrische voertuigen	9
1.2 Incidentbestrijding bij batterijbranden in elektrische voertuigen in parkeergarages	9
1.3 Scenario's voor branden met EV's in parkeergarages	10
1.3.1. Scenario 1: Batterijpakket is niet betrokken	10
1.3.2. Scenario 2: Batterijpakket is in thermal runaway, blussing effectief	10
1.3.3. Scenario 3: Batterijpakket is in thermal runaway, accublussing niet effectief.....	10
1.3.4. Scenario 4: Batterijpakket is in thermal runaway, inperken van effecten niet mogelijk	11
2 Casuïstiek	12
2.1 Nederland – Parkeergarage Alkmaar	12
2.2 Nederland – Parkeergarage Barendrecht	13
2.3 België - Parkeergarage Brussel	14
2.4 Duitsland - Parkeergarage Karlsruhe-Durlach	14
2.5 Duitsland - Parkeergarage Ravensburg	15
2.6 Verenigde Staten - Parkeergarage Rosemont	15
2.7 Tsjechië - Parkeergarage Praag	16
2.8 Samenvattend	16
3 Mogelijke bergingsalternatieven.....	17
3.1 Autodolly's.....	17
3.2 Takelwagen met takelbril	18
3.3 Blusrobot.....	18
3.4 Bergingsrobot.....	19
4 Beoordelingscriteria	21
4.1 Evaluatie aspecten.....	21
4.1.1 Beperkte ruimte in parkeergarage.....	21
4.1.2 De kans op herontsteking van het batterijpakket	22
4.1.3 De staat van een EV na een brand	22
4.2 Criteria	22
5 Analyse bergingsalternatieven	24
5.1 Dolly's	25
5.2 Takelwagen met takelbril	25

5.3	Blusrobot.....	25
5.4	Bergingsrobot.....	25
6	Conclusie.....	27
	Referenties.....	29
	Bijlage 1: Parkeergarages	30

Inleiding

Aanleiding

Het aantal elektrische voertuigen¹ (EV's) in Nederland is de afgelopen jaren toegenomen. Naar verwachting zal deze toename de komende jaren doorzetten (ElaadNL, 2024). EV's kennen een ander brandrisico dan conventioneel aangedreven voertuigen, zoals auto's op benzine of diesel. Wanneer er een batterijbrand (thermal runaway) in de lithium-ion batterij van een EV ontstaat, kan deze na blussing weer opnieuw ontsteken (Brans, 2023). Dit vergt dus een andere wijze van incidentbestrijding door de brandweer, en ook andere procedures voor bergers.

Eerder uitgevoerd NIPV-onderzoek laat zien dat een gangbare wijze voor het bestrijden van een incident met een EV is om het voertuig onder te dompelen in een dompelcontainer (Hessels & Geertsema). Vanwege beperkte afmetingen in parkeergarages, zoals lage plafonds, is het in veel gevallen niet mogelijk om EV's binnen in een dompelcontainer te plaatsen. Een EV met een al dan niet thermisch instabiele of door brand beschadigde batterij moet eerst uit de parkeergarage worden verwijderd, om vervolgens buiten ondergedompeld te worden.

In dit onderzoek richten wij ons op het bergingsproces van EV's uit parkeergarages. Het bergingsproces is het op een veilige manier transporteren van een voertuig dat bij een incident is betrokken naar een veilige plaats. Er zijn verschillende alternatieven waarmee EV's uit parkeergarages verwijderd kunnen worden na een incident. Het is niet op voorhand duidelijk welke daarvan het meest geschikt zijn. Deze onduidelijkheid was aanleiding voor de werkgroep Veiligheid van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) om opdracht te geven tot het voorliggende onderzoek.

Doelstelling en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verkrijgen in, en te komen tot een beoordeling van, mogelijke alternatieven voor het bergen van EV's uit parkeergarages na een batterij-incident.

Daartoe geven we antwoord op drie onderzoeksvragen:

1. Welke bergingsalternatieven worden nationaal en internationaal toegepast na branden met EV's in parkeergarages?
2. Wat zijn criteria waar rekening mee gehouden dient te worden bij het bergen van EV's uit parkeergarages?
3. Welke bergingsalternatieven zijn het meest geschikt voor het transport van een EV uit parkeergarages wanneer het batterijpakket bij het incident betrokken is?

¹ Onder elektrische voertuigen worden verstaan: volledig elektrische voertuigen (BEV) en plug-in hybride voertuigen (PHEV) met een lithium-ion batterij

Onderzoeksmethode

We hebben mogelijk bergingsalternatieven geïnventariseerd aan de hand van nieuwsartikelen. Zowel nationale als internationale nieuwsartikelen waren een belangrijke bron, alsook rapportages over eerdere incidenten in Nederland. Deze praktijkvoorbeelden hebben ook bijgedragen aan het inzichtelijk krijgen van verdere uitdagingen bij het bergingsproces.

De criteria voor onze beoordeling hebben we verkregen met behulp van literatuuronderzoek en interviews met experts. Zo hebben we onder andere eerdere onderzoeken van het NIPV geraadpleegd voor informatie over EV's en batterijbranden. Ook hebben we uit dit literatuuronderzoek informatie verkregen over reguliere afmetingen en constructiewijzen van parkeergarages. Ten slotte hebben we met zes experts gesproken over het bergingsproces van EV's uit parkeergarages. Deze respondenten kwamen deels uit ons eigen netwerk, en zijn deels via andere connecties benaderd. Een overzicht van de interviews staat vermeld in tabel I.1.

We hebben het meest geschikte bergingsalternatief geïdentificeerd door de mogelijke opties te beoordelen via de opgestelde criteria.

Tabel I.1 Gesproken partijen en organisaties

Gesproken partijen/organisaties	Informatie verkregen over	Referentie in tekst
Berger	> Het bergen van conventionele voertuigen vs. EV's > Een overzicht van bergingsalternatieven > Potentiële manieren voor het bergen van EV's uit parkeergarages > Aandachtspunten bij het bergen van EV's	(Interview berger, 2025)
Ervaringsdeskundige depannagerobot politie	> Het bergen van personenvoertuigen met de bergingsrobot van de politie > Het bergen van een EV dat heeft gebrand met de bergingsrobot van de politie > Aandachtspunten bij het bergen van EV met een bergingsrobot	(Interview politie, 2025)
Veiligheidsregio Haaglanden	> Mogelijke scenario's voor branden met EV's in parkeergarages. > Het bergen van EV's uit parkeergarages na een brand	(Interview VRH, 2025)
Vertegenwoordiger van de parkeerbranche	> Bouwnormen parkeergarages > Ervaring en proeven met bergingsmethodes voor elektrische voertuigen	(Interview parkeerbranche, 2025)
Veiligheidsregio Limburg-Zuid	> Ervaringen met blusrobotexperimenten in parkeergarages	(Interview VRZL, 2025)

Afbakening

- > Dit onderzoek richt zich op parkeergarages waar wordt geparkeerd onder een hoek van 90 graden. Het is dus niet relevant voor langsparkeren, oftewel het parkeren van auto's in een rij achter elkaar.
- > Dit onderzoek beperkt zich tot bergingsalternatieven voor elektrische personenauto's volgens de RDW-categorie B met een lithium-ion batterijpakket. Bergingsalternatieven voor andere elektrische vervoersmiddelen, zoals vrachtwagens of e-bikes vallen buiten de scope van dit onderzoek.
- > Er wordt geen rekening gehouden met mogelijke gevaren die ontstaan door een verzwakte bouwconstructie van de parkeergarage.
- > Dit onderzoek gaat uit van volledig overdekte parkeergarages.
- > In dit onderzoek doen wij geen aanbevelingen voor specifieke types of merken van bergingsalternatieven.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt een omschrijving gegeven van de problematiek waaraan dit onderzoek bijdraagt. Om een beeld te vormen van de praktijk en gebruikte bergingsmethoden omschrijft hoofdstuk 2 een aantal casussen uit zowel binnen- als buitenland. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van potentiële bergingsalternatieven. Hoofdstuk 4 biedt inzicht in de criteria waarmee rekening gehouden moet worden bij de keuze voor een bergingsalternatief. In hoofdstuk 5 volgt de analyse van de verschillende bergingsalternatieven. In hoofdstuk 6 worden de onderzoeksvragen beantwoord.

1 Probleembeschrijving

1.1 Batterij-incidenten in elektrische voertuigen

Het batterijpakket in een EV is opgebouwd uit meerdere modules die ieder weer meerdere lithium-ion batterijcellen bevatten. Deze batterijcellen kunnen door elektrische, mechanische of thermische oorzaken, zoals bijvoorbeeld respectievelijk kortsluiting, doorboring of een externe brand beschadigd raken, waardoor een ongewenst proces ontstaat dat de temperatuur in de batterijcel laat stijgen. Dit proces wordt een thermal runaway genoemd. Een gevolg van dit proces is het vrijkomen van een brandbaar en toxisch gasmengsel. Door de toenemende warmte in een batterijcel raken ook de naastgelegen batterijcellen in een thermal runaway. Dit wordt thermische propagatie genoemd. Een thermal runaway kan een drietal effecten tot gevolg hebben (Brans, 2023).

1. De brandbare stoffen ontsteken niet, waardoor alleen een toxische wolk ontstaat.
2. Er ontstaat een wolk van toxische en brandbare stoffen en de brandbare stoffen ontsteken vertraagd, waardoor er een wolkbrand of dampwolkexplosie ontstaat.
3. De brandbare stoffen ontsteken direct, waardoor een batterijbrand ontstaat, waarbij ook toxische stoffen vrijkomen.

Een thermal runaway houdt zichzelf in stand, tot alle energie uit de batterij verloren is gegaan. Wanneer een batterij na het blussen van de initiële brand nog resterende energie bevat, kan deze opnieuw opwarmen door de thermal runaway, waardoor herontsteking kan plaatsvinden. Om dit scenario te bestrijden, is langdurige koeling van het batterijpakket benodigd (Brans, 2023; Hessels & Geertsema, 2023).

1.2 Incidentbestrijding bij batterijbranden in elektrische voertuigen in parkeergarages

Een handelingsperspectief voor branden met EV's buiten parkeergarages kan zijn om deze gecontroleerd uit te laten branden. De energie uit de batterij die de thermal runaway in stand houdt, gaat dan verloren. Bij branden in parkeergarages is dit geen geschikte oplossing. Bij langdurige brand kan namelijk schade aan de constructie van de parkeergarage ontstaan, en de brand kan gepaard gaan met grote rookontwikkeling. Het is dan ook van belang om de brand snel te blussen.

Om langdurige koeling van het batterijpakket te realiseren, wordt in het open veld doorgaans gebruikgemaakt van een dompelcontainer. Het EV wordt in de dompelcontainer getakeld en de dompelcontainer wordt vervolgens na transport gevuld met water. Hierdoor stabiliseert de temperatuur in de batterij, waardoor er geen herontsteking zal plaatsvinden (Hessels & Geertsema, 2023). Binnen parkeergarages kunnen echter geen dompelcontainers worden ingezet. Daar is namelijk sprake van een te beperkte doorrijhoogte en ruimte. Na het blussen van de initiële brand in de parkeergarage moet het EV dus uit de parkeergarage worden getransporteerd, waarna het buiten de parkeergarage in een dompelcontainer kan worden geplaatst.

Hieruit volgt dat het transporteren uit een parkeergarage van een EV dat heeft gebrand een andere aanpak behoeft dan het verplaatsen van reguliere voertuigen. Dit heeft met name te maken met de kans op herontsteking en het langdurige brandproces. Er is echter niet per definitie een kans op herontsteking wanneer er sprake is van een incident in een EV. In de volgende paragraaf lichten we dit toe.

1.3 Scenario's voor branden met EV's in parkeergarages

We maken onderscheid tussen vier scenario's voor branden met EV's in parkeergarages. Afhankelijk van het scenario kunnen andere bergingsmethodes noodzakelijk zijn. De vier scenario's zijn overgenomen uit een studie van Veiligheidsregio Haaglanden (Veiligheidsregio Haaglanden, 2025).

1.3.1. Scenario 1: Batterijpakket is niet betrokken

De brandweer concludeert door het monitoren met een warmtebeeldcamera na het blussen van het EV dat het batterijpakket niet thermisch instabiel is, en dus niet betrokken is bij het incident. De ruimte wordt door de brandweer geventileerd, waarna het incident wordt overgedragen aan de berger.

1.3.2. Scenario 2: Batterijpakket is in thermal runaway, blussing effectief

Na het blussen van het EV blijkt dat de batterij betrokken is geweest bij het incident, en dat het batterijpakket blijft opwarmen. Om de thermal runaway van het batterijpakket te stabiliseren, kan er bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een ultrahogedruk snij- en blussysteem. Zie hiervoor het daartoe opgestelde [handelingsperspectief](#) (NIPV, 2024). Indien het batterijpakket niet meer opwarmt na controle met een warmtebeeldcamera, kan de ruimte door de brandweer worden geventileerd. Het EV moet worden getransporteerd uit de parkeergarage, waarna het vervolgens in een dompelcontainer kan worden geplaatst.

1.3.3. Scenario 3: Batterijpakket is in thermal runaway, accublissing niet effectief

Na het blussen van het voertuig blijkt dat de batterij betrokken is geweest bij het incident. De batterij wordt geblust volgens het daarvoor opgestelde [handelingsperspectief](#). De accublissing blijkt echter niet effectief. De thermal runaway komt met tussenpozen weer terug.

Voor dit scenario moet de batterij worden gekoeld met bluswater, waardoor de effecten van de thermal runaway worden ingeperkt. Het doel van de incidentbestrijding is om de batterij gedurende een periode te koelen die lang genoeg is om het EV te bergen. Het EV kan met een transportmiddel uit de parkeergarage worden getransporteerd. Ondertussen moet de temperatuur van het batterijpakket worden gemonitord. Indien het batterijpakket opwarmt, moet het opnieuw worden gekoeld tot de effecten van de thermal runaway dusdanig zijn ingeperkt, dat het gevaar geweken is.

Het voertuig wordt in een dompelcontainer geplaatst wanneer het uit de parkeergarage is getransporteerd.

1.3.4. Scenario 4: Batterijpakket is in thermal runaway, inperken van effecten niet mogelijk

In scenario 4 is de thermal runaway van een batterijpakket dusdanig hevig, dat de effecten niet voldoende ingeperkt kunnen worden. Deze effecten volgen elkaar in zo'n snel tempo op, dat een bergingsproces niet in gang gezet kan worden. In dit scenario ligt de focus op het zoveel mogelijk inperken van de effecten, om verdere escalatie zoveel mogelijk te voorkomen. Dit proces houdt aan tot alle energie uit de accu is verbruikt. Mogelijk kan de brandweer blushandelingen verrichten om de effecten in te perken met behulp van ademlucht.

Uit dit hoofdstuk wordt duidelijk dat incidenten met EV's in parkeergarages een andere aanpak behoeven dan vergelijkbare incidenten in de open lucht. Het bergingsproces moet worden ingericht op de risico's van EV's. In het volgende hoofdstuk laten we zeven voorbeelden zien van incidenten met EV's in parkeergarages uit het binnen- en buitenland. Hieruit wordt duidelijk hoe het bergingsproces tot nu toe in de praktijk is gegaan.

2 Casuïstiek

In dit hoofdstuk beschrijven we zeven incidenten met EV's in parkeergarages in het binnen- en buitenland. Deze informatie hebben we verkregen uit (online) nationale en internationale nieuwsartikelen. Daarnaast is gebruikgemaakt van NIPV-rapporten die eerdere incidenten in Nederland beschrijven en evalueren. We besteden aandacht aan het incidentverloop, de incidentbestrijding en het bergingsproces. We geven, waar mogelijk, een beeld van de uitdagingen en de gekozen oplossingen.

2.1 Nederland – Parkeergarage Alkmaar

Op 1 juli 2020 kreeg de brandweer om 6:23 een melding van een brand in de Singelgarage in Alkmaar. Op camerabeelden was te zien dat er twee auto's in brand waren gestoken. De eerste betrokken auto was een niet-elektrische Citroën C3 die op circa vier meter van een EV stond dat aan het laden was. Dit EV was zelf niet betrokken bij de brand. De tweede betrokken auto was een elektrische Hyundai Ioniq. Beide in brand gestoken auto's stonden op verdieping -2. In totaal stonden er nog 153 andere auto's in de parkeergarage. Er vond geen overslag plaats naar naastgelegen auto's (Hessels & Ebus, 2020).

Na het ventileren was het onduidelijk of de accu van de Hyundai Ioniq betrokken was geweest bij de brand. De ter plaatse gekomen adviseur gevaarlijke stoffen (AGS) constateerde een hogere temperatuur in het accupakket dan in de rest van het voertuig. Hieruit concludeerde hij dat de accu instabiel was en er kans was op herontsteking. Na overleg met de taakcommandant en de officieren van dienst van de brandweer en politie werd besloten om de betreffende auto uit de garage te transporteren. De officier van dienst van de politie kreeg vanuit het operationeel centrum de suggestie om de bergingsrobot van de politie uit de regio Haaglanden aan te vragen. Deze is met spoed ter plaatse gekomen (Hessels & Ebus, 2020).

Een robot van brandweer Amsterdam Amstelland heeft geassisteerd door de bergingsrobot van de politie Haaglanden en de bedienaar bij te lichten. De robots worden radiografisch bestuurd. Het bleek echter dat in de parkeergarages slechts beperkt ontvangst was, waardoor de bedieners van de robot de parkeergarage in moesten om de robot goed te kunnen besturen. Zij hebben ademlucht gedragen, en de bediener van de politierobot ging pas de parkeergarage in toen de rook volledig was verdreven (Hessels & Ebus, 2020).

Tijdens het transport van het EV is de motor uit het voertuig gevallen. Buiten mat de AGS opnieuw de temperatuur van de batterij en deze bleek wederom hoger dan de rest van de auto. De auto is buiten de parkeergarage in een doppelcontainer getakeld en afgevoerd (Hessels & Ebus, 2020).

Op figuur 2.1 en 2.2 op de volgende pagina zijn de betrokken Citroën en Hyundai te zien.



Figuur 2.1 Citroën C3 (Hessels & Ebus, 2020).



Figuur 2.2 Hyundai Ioniq (Hessels & Ebus, 2020).

2.2 Nederland – Parkeergarage Barendrecht

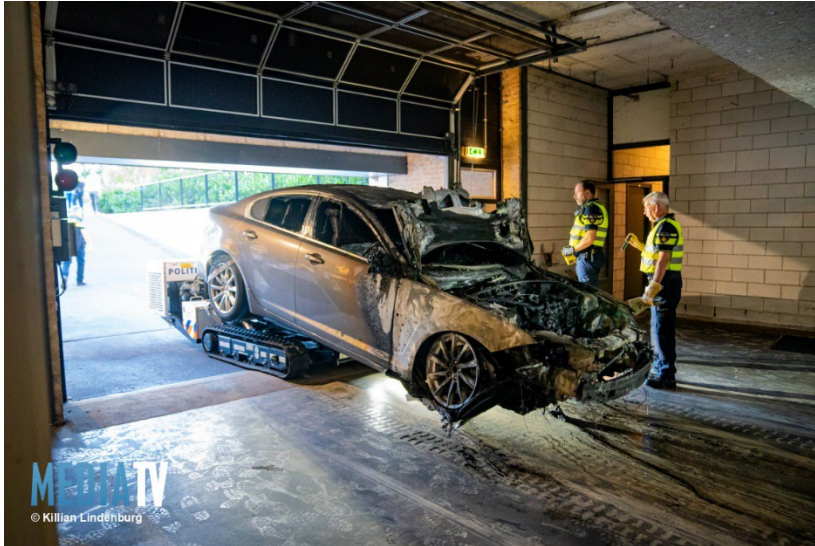
Op maandag 2 oktober 2023, even na 13:30, werd de brandweer van veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond gealarmeerd voor een brand in een ondergrondse parkeergarage aan de Wilgenwede in Barendrecht. Meerdere auto's vatten vlam, waardoor een flinke rookontwikkeling ontstond. Toen de brandweer bezig was om bij de brand te komen, werd een zwaargewond slachtoffer aangetroffen, dat volgens buurtbewoners zijn auto uit de parkeergarage wilde halen. Het slachtoffer is later op de dag in het ziekenhuis overleden (Barendrecht NU, 2023; MEDIATV, 2023).

Een auto-eigenaar had volgens bewoners al gemerkt dat er iets mis was met zijn auto en ging even naar zijn woning. Toen hij vervolgens terugkwam bij zijn auto, stond deze in brand. Acht minuten na het arriveren van de brandweer werd opgeschaald naar middel-brand, en na negentien minuten naar grote brand. Er kwamen meerdere blusvoertuigen en twee ladderwagens ter plaatse. De brandweer bluste de brand met een blusrobot.² Om 15:00 werd het sein brandmeester gegeven (Barendrecht NU, 2023; MEDIATV, 2023).

Na het blussen is de garage geruime tijd geventileerd met grote ventilatoren. De brandweer uit het Rotterdamse havengebied heeft bij het ventileren ondersteund. Het team digitale verkenning van de brandweer is met een robot de parkeergarage ingereden om de situatie te bekijken. Een van de uitgebrande voertuigen bleek een hybride, waardoor er een risico was op (her)ontbranding. Team transport van de politie kwam ter plaatse om de voertuigen uit het pand te halen met een bergingsrobot. Vanwege de krappe ruimte en beperkte hoogte konden er geen bergingsvoertuigen in de garage ingezet worden en was dit de enige optie (Barendrecht NU, 2023; MEDIATV, 2023).

In figuur 2.3 is te zien hoe de bergingsrobot van de politie een auto uit de parkeergarage haalt.

² Een op afstand bestuurbaar rupsvoertuig.



Figuur 2.3 Bergingsrobot van de politie transporteert auto uit de parkeergarage (Bron: MEDIATV, 2023)

2.3 België - Parkeergarage Brussel

Op 11 december 2022 ging er een brandalarm af in een restaurant in de Ravensteinstraat in Brussel. Het brandalarm was afgegaan door rook, afkomstig uit een ondergrondse parkeergarage in dezelfde straat. Deze rook was het gevolg van een brand met een elektrische auto die geparkeerd stond op verdieping -3. Hoe de brand was ontstaan, is niet bekend (BRUZZ, 2022).

Na een beroep op een takeldienst kon de brandweer van Brussel de auto uit de parkeergarage halen met behulp van een takelwagen met vierwielaandrijving. Vervolgens is de auto buiten de parkeergarage in een dompelcontainer geplaatst (Smout, 2022).

2.4 Duitsland - Parkeergarage Karlsruhe-Durlach

Op zaterdag 28 januari 2023 ontstond er brand in een hybride auto in een ondergrondse parkeergarage in het Duitse Karlsruhe-Durlach. De brandweer werd om 18:24 opgeroepen en had de brand snel onder controle. De oorzaak van de brand is niet achterhaald, maar het vermoeden is dat deze is ontstaan door een technisch mankement (Ka-news.de, 2023).

De auto is door het bergingsbedrijf uit de parkeergarage gehaald om hem te verplaatsen naar een speciaal ingerichte veilige locatie waar de accu verder gekoeld kon worden. Het gebruikte bergingsalternatief is niet bekend. De brandweer was bij het proces betrokken (Ka-news.de, 2023).

2.5 Duitsland - Parkeergarage Ravensburg

Op zondag 21 november 2021 brak in een parkeergarage in het Duitse Ravensburg kort na 3:00 uur een brand uit die gepaard ging met veel rookontwikkeling. De veroorzaker was een elektrische auto die aan het laden was. Voor het bestrijden van de brand werden 44 brandweermensen ingezet van twee brandweerkorpsen. Er raakte niemand gewond; de materiele schade bedroeg enkele honderdduizenden euro's. Het uitgebrande voertuig, dat staat afgebeeld in figuur 2.4, werd door een takelwagen tot buiten de parkeergarage getransporteerd, waarna het vervolgens in een dospelcontainer werd geplaatst (Pichler, 2021).



Figuur 2.4 Uitgebrand EV parkeergarage Ravensburg (Pichler, 2021)

2.6 Verenigde Staten - Parkeergarage Rosemont

Op donderdagochtend 18 januari 2024 ontstond er brand in een elektrische Volkswagen ID.4 in een parkeergarage in Rosemont (Illinois). Binnen de parkeergarage bevonden zich diverse laadpunten: acht op de eerste verdieping en tien op de zesde verdieping. De Volkswagen ID.4 was aangesloten op een van deze punten. Om het vuur te doven werd gebruikgemaakt van een verzwaarde branddeken. Een speciaal team voor gevaarlijke stoffen werd opgeroepen om de situatie te beoordelen. Toen de brand onder controle was, werd de auto met een sleepwagen naar buiten verplaatst. Figuur 2.5 laat zien hoe het EV met een ketting is bevestigd aan de sleepwagen. Het duurde vijf uur om het EV te blussen. Na het bestrijden van de brand werd de auto afgevoerd. Een brandweerauto reed erachteraan voor het geval dat de auto opnieuw zou ontbranden (Fire Engineering, 2024; Wessel, 2024).



Figuur 2.5 De uitgebrande auto wordt naar buiten gesleept met een sleepwagen (Olk, 2024)

2.7 Tsjechië - Parkeergarage Praag

Op 4 mei 2023 brak er in een parkeergarage in Praag brand uit in een ondergrondse parkeergarage. Deze parkeergarage had geen open ingang. De auto's moesten via een lift naar binnen en naar buiten. De brand ontstond in een volledig elektrisch aangedreven Jaguar I-Pace. De brandweer heeft de voertuigbrand geblust. Vervolgens is een Coldcut Cobra in de parkeergarage ingezet om de thermal runaway in het batterijpakket tot stoppen te brengen. Nadat dit was gelukt, heeft de brandweer het voertuig op autodolly's³ geplaatst om het uit de parkeergarage te kunnen halen. Aan de dolly's bij de voorwielen werden spanbanden bevestigd, zodat twee brandweermensen het voertuig naar een autolift konden verplaatsen. Met de autolift is het voertuig tot grondniveau gebracht. Hierop is de de auto uit de autolift gereden en in een dompelcontainer geplaatst (EV FireSafe, 2023).

2.8 Samenvattend

In dit hoofdstuk hebben we het bergingsproces na zeven incidenten met EV's in parkeergarages beschreven. We zien we dat het bergingsproces vaak wordt bemoeilijkt door drie zaken. Ten eerste wordt het proces bemoeilijkt door de beperkte beweegruimte voor bergingsvoertuigen in parkeergarages. Ten tweede door de eigenschappen van de brand, zoals rookontwikkeling. Ten derde speelt ook de staat van een EV na een brand een rol. Het reguliere bergingsproces wordt in de praktijk vaak aangevuld met extra materieel van de brandweer of andere hulpdiensten. In de gevonden casuïstiek zijn er drie bergingsalternatieven toegepast:

- > autodolly
- > takel- of sleepwagen
- > bergingsrobot.

Deze alternatieven komen in het volgende hoofdstuk aan bod.

³ Om elk wiel wordt een autodolly geplaatst. De autodolly bestaat uit vier wielen per dolly, waarmee het voertuig kan worden verplaatst.

3 Mogelijke bergingsalternatieven

Uit de casuïstiek besproken in het vorige hoofdstuk zijn drie bergingsalternatieven naar voren gekomen. Op basis van de gevoerde gesprekken hebben we hier nog een vierde alternatief aan toegevoegd: de blusrobot. We zien de autodolly's als een bergingsmiddel en de takelwagen, blusrobot en bergingsrobot als bergingsvoertuigen. Deze vier alternatieven worden toegelicht in paragraaf 3.1 tot en met 3.4.

3.1 Autodolly's

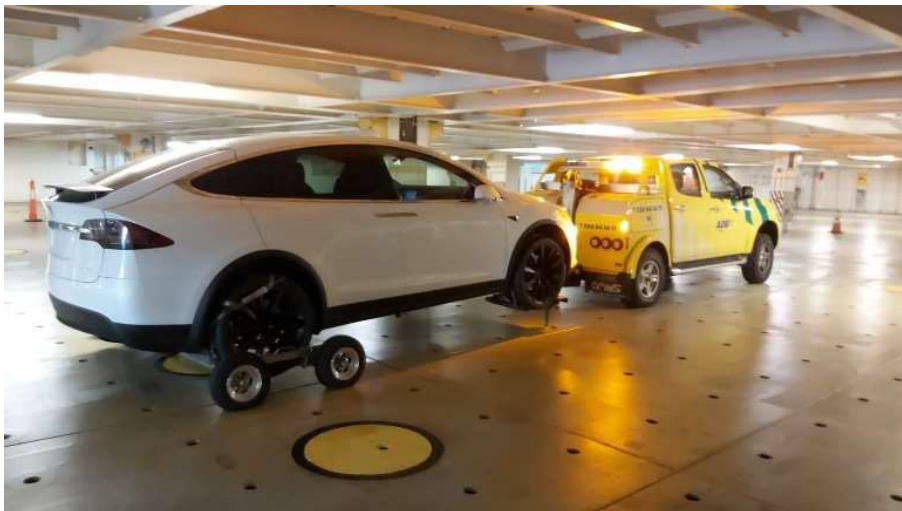
Autodolly's zijn op wielen bevestigde platen waarop een auto kan worden getransporteerd. In de volksmond worden dolly's ook wel hondjes genoemd. De dolly's kunnen onder een voertuig worden geplaatst, waardoor het verplaatst kan worden zonder de eigen wielen of aandrijving te gebruiken. Het voertuig wordt aan één zijde opgekrikt. Hierdoor komen twee wielen vrij te liggen, waar de autodolly's onder worden geplaatst. Vervolgens wordt de andere kant van het voertuig opgekrikt, zodat de andere twee wielen vrij komen te liggen waar ook dolly's onder worden geplaatst. Als het voertuig op vier dolly's staat kan het vrij worden verreden in verschillende richtingen (Interview berger). Figuur 3.1 laat een auto geplaatst op dolly's zien. In deze figuur is te zien dat aan de dolly onder het rechtervoorwiel een spanband is bevestigd. Eenzelfde spanband is ook bevestigd aan de dolly onder het linker voorwiel. Twee personen kunnen op deze manier het voertuig uit de parkeergarage trekken.



Figuur 3.1 Autodolly's (Hessels, 2025)

3.2 Takelwagen met takelbril

Een takelwagen⁴ is een auto die een andere auto kan bergen. Een takelwagen heeft een takelbril die onder de voorwielen van de te bergen auto wordt geplaatst. Er dienen bij EV's dolly's onder de achteras te worden gebruikt om herontsteking te voorkomen. Mechanische beweging kan namelijk zorgen voor het regenereren van elektriciteit, wat een herontsteking kan veroorzaken (Borletti & Schellink, 2023). De bergingsoptie met een takelwagen is dus enigszins vergelijkbaar met de optie die beschreven staat in de vorige paragraaf. Er is hier echter sprake van een motorisch aangedreven sleepproces, wat binnen parkeergarages mogelijk voordelen biedt.



Figuur 3.2 Takelwagen met takelbril (Borletti & Schellink, 2023)

3.3 Blusrobot

Een blusrobot is een op afstand bedienbare blusvoorziening op rupsbanden. Sommige blusrobots hebben ook de mogelijkheid om auto's te verplaatsen. De Magirus AirCore TAF-35 blusrobot die in figuur 3.3 wordt weergegeven bevat vorken waarmee obstakels kunnen worden vertild en versleept. De TAF-35 is 2 meter hoog en weegt 3.900 kg. De blusrobot bevat lepels waarmee, zoals in figuur 3.4 weergegeven, een personenauto op kan worden getild. De robot is hier echter niet specifiek voor ontwikkeld (interview VRZL; Magirus, 2018).

Tijdens praktijktesten is gebleken dat de verbinding tussen robot en bestuurder aandacht vergt (Interview VRZL). In de praktijktesten werd gebruikgemaakt van een wifi-verbinding. Deze was wisselvallig, met name binnen de parkeergarage. Een verbinding via een 4G- of 5G-netwerk zou stabielere zijn, en een grotere afstand kunnen overbruggen (Interview VRZL).⁵ Tot slot is het niet duidelijk in hoeverre een blusrobot brand- of rookbestendig is, en in hoeverre blusrobots op bevuilde of natte ondergrond voldoende mobiliteit hebben om te manoeuvreren of een helling te beslechten (Interview VRZL).

⁴ Een synoniem van takelwagen is sleepwagen (Synoniemen.net, z.d.). Wij concluderen dat takel- en sleepwagens zowel een schuifplateau als een takelbril kunnen bevatten. In dit rapport gaan wij ervan uit dat zowel een takelvoertuig als sleepwagen werkt volgens het principe dat is weergegeven in figuur 3.2 (dus geen schuifplateau, maar een takelbril).

⁵ Zie voor meer onderzoek naar robots binnen de brandweer ook Gaspar (2021).



Figuur 3.3 Magirus AirCore TAF-35 (interview VRZL)

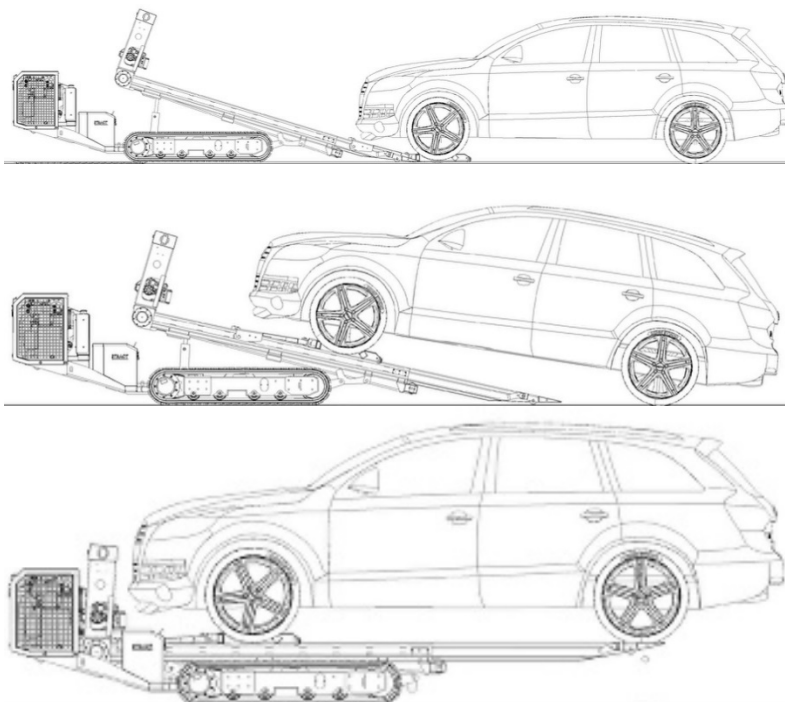


Figuur 3.4 Magirus lift auto (MAGIRUS, 2023)

3.4 Bergingsrobot

Een bergingsrobot is een op afstand bedienbaar voertuig op rupsbanden dat personen-voertuigen kan bergen. In Nederland worden bergingsrobots al gebruikt door de politie, bijvoorbeeld wanneer auto's die een explosief bevatten verplaatst moet worden. Eenzelfde robot is ook al ingezet voor het bergen van EV's uit parkeergarages, zoals in Alkmaar (paragraaf 2.1) en Barendrecht (2.2.).

Bergingsrobots die bedoeld zijn om personenvoertuigen te bergen, kunnen verschillende methodes toepassen om een auto op te tillen. Zo kunnen ze een hydraulische laadklep hebben, zoals te zien op Figuur 3.5. Een bergingsrobot kan ook een flatbed hebben dat onder de auto geplaatst kan worden, om die vervolgens op te tillen. Dit is te zien in Figuur 3.6. Bergingsrobots worden doorgaans aangedreven door een unit met twee rupsbanden die op afstand bestuurbaar is.



Figuur 3.5 Eastract bergingsrobot met een hydraulische laadklep (Eastract, z.d.).



Figuur 3.6 First-mover bergingsrobot met een flatbed (First Mover, 2023).

4 Beoordelingscriteria

Uit de informatie van de voorgaande hoofdstukken leiden wij af dat drie aspecten centraal staan bij de keuze voor een bergingsalternatief dat EV's na een incident uit parkeergarages kan verwijderen:

- > Beperkte ruimte in parkeergarage (4.1.1)
- > De kans op herontsteking van het batterijpakket (4.1.2)
- > De staat van een EV na een brand (4.1.3).

Deze drie aspecten worden in paragraaf 4.1 geëvalueerd, waarna in paragraaf 4.2 criteria worden opgesteld. Met behulp van deze criteria beoordelen we de potentiële bergingsalternatieven in hoofdstuk 5.

4.1 Evaluatie aspecten

4.1.1 Beperkte ruimte in parkeergarage

Hoewel parkeergarages over het algemeen beperkingen kennen in hun toegankelijkheid, is het in sommige gevallen alsnog mogelijk om reguliere bergingsvoertuigen in te zetten. Dit is bijvoorbeeld te zien in de casus in Rosemont (Verenigde Staten), waar een EV wordt geborgen met een takelwagen (2.6). Uit de casus in Barendrecht (2.2) en Alkmaar (2.1) wordt echter duidelijk dat het niet altijd mogelijk is, en dat er dus behoefte is aan een alternatief.

Om criteria op te stellen waaraan een bergingsvoertuig moet voldoen, willen we inzicht verkrijgen in de minimale maten van parkeergarages die in Nederland voorkomen. De functionele en prestatie-eisen waaraan parkeergarages in Nederland moeten voldoen, zijn vastgelegd in NEN 2443⁶. Deze norm maakt onderscheid in openbare, niet-openbare en stallingsparkeergarages. De laatste vorm heeft de meest minimale afmetingen; daarom zullen wij van deze maten uitgaan. Tevens gaan we uit van parkeergarages waar haaks wordt geparkeerd. Dit houdt in dat de parkeerhoek 90 graden is ten opzichte van de rijbaan. Wij nemen aan dat onder deze hoek het meest gemanoeuvreerd moet worden met een eventueel bergingsvoertuig. In Bijlage 1 staat een uitgebreidere analyse van kenmerken van parkeergarages. In tabel 4.1 staat een opsomming van de drie variabelen die wij als het belangrijkste inschatten:

- > Parkeerwegbreedte: de lengte tussen het uiteinde van het parkeervak en een wand of het volgende parkeervak.
- > Hellingpercentage: het percentage van de helling van de rijbanen naar andere verdiepingen in de parkeergarage.
- > Vrije hoogte vanaf het vloeroppervlak: de hoogte vanaf de vloer tot objecten zoals leidingen of het plafond.

⁶ NEN 2443 is een Nederlandse norm die richtlijnen geeft voor het ontwerp en beheer van parkeervoorzieningen. De norm is niet wettelijk verplicht. Wel kan ze indirect bindend zijn als deze wordt opgenomen in wet- en regelgeving, contracten of vergunningseisen.

Tabel 4.1 Minimale maten parkeergarages (NEN 2443, 2013)

Onderdeel	Stallingsparkeergarage
Minimale parkeerwegbreedte	6,62 m
Maximaal hellingspercentage	24%
Vrije hoogte vanaf vloeroppervlak	2,20 m (incidenteel 2,10 m)

4.1.2 De kans op herontsteking van het batterijpakket

Van de in hoofdstuk 1 omschreven scenario's is er slechts bij Scenario 1 geen sprake van een kans op herontsteking van het batterijpakket. Na dit scenario kunnen bergers en hulpverleners zonder gevaar nabij het EV komen.

Bij scenario's 2, 3 en 4 bestaat er wel een kans op herontsteking van de batterij. Er is echter geen casuïstiek gevonden waarbij herontsteking van het batterijpakket tijdens het bergingsproces heeft plaatsgevonden. Desondanks zien we de kans op herontsteking wel als een gevaar dat in acht genomen moet worden genomen door de brandweer en bergers op basis van de beschrijving in hoofdstuk 1. Bergingsalternatieven moeten dus voorbereid zijn op deze scenario's. In de praktijk betekent dit dat tijdens het bergingsproces de wielen van het EV niet mogen bewegen. Zoals vermeld, kan mechanische beweging namelijk zorgen voor het regenereren van elektriciteit, waardoor een herontsteking kan worden veroorzaakt (Borletti & Schellinck, 2023).

4.1.3 De staat van een EV na een brand

Rondom een EV dat gebrand heeft ligt nog bluswater. Vloeren in parkeergarages bevatten een afwerklaag en opstanden, zodat (brandbare) vloeistoffen erop blijven liggen en zo niet op lagere niveaus terechtkomen. Een natte ondergrond kan zorgen voor een verminderde grip. Verminderde grip kan met name op hellingen binnen de parkeergarages zorgen voor gevaarlijke situaties. Hulpdiensten moeten daarnaast ook rekening houden met andere (vettige) residuen, zoals bijvoorbeeld verbrandingsafval, die rondom het EV kunnen liggen (Borletti & Schellink, 2023). Dit kan de toegankelijkheid en het functioneren van een bergingsalternatief mogelijk belemmeren. Verbrande wielen en kapotte veren kunnen ervoor zorgen dat het chassis direct op de grond ligt, zoals te zien op meerdere foto's in hoofdstuk 2.

Mogelijke bergingsalternatieven moeten voldoende in staat zijn om te manoeuvreren en zich voort te bewegen in situaties met verminderde grip. Bovendien moeten ze ook het EV weten te vervoeren wanneer dit volledig is uitgebrand of anderszins minder mobiel is.

4.2 Criteria

Op basis van de in paragraaf 4.1 benoemde aspecten komen wij tot zeven criteria waar bergingsalternatieven in Nederland aan moeten voldoen om EV's te kunnen bergen uit parkeergarages, nadat ze betrokken zijn geweest bij een incident. Deze criteria zijn:

1. voldoende wendbaar binnen minimale parkeerwegbreedte van 6,62 meter

2. niet hoger dan 2,10 meter
3. voldoende grip op een natte ondergrond en een helling van 24 %
4. op afstand bestuurbaar zijn, zodat berger en/of brandweer niet in de buurt van het voertuig hoeven te komen tijdens het bergingsproces
5. werken terwijl de wielen van het EV stilstaan gedurende het transport uit de parkeergarage
6. zoveel mogelijk rook- en brandbestendig
7. een EV met wielschade of een doorgezakt chassis kunnen bevestigen.

Met behulp van deze criteria analyseren we de mogelijke bergingsalternatieven in het volgende hoofdstuk.

5 Analyse bergingsalternatieven

In dit hoofdstuk worden de geïdentificeerde bergingsalternatieven beoordeeld aan de hand van de gestelde criteria. Wanneer we beoordelen of een bergingsalternatief aan een bepaald criterium voldoet, hanteren we drie mogelijke opties:

- Het bergingsalternatief voldoet niet aan het criterium.
- + Het bergingsalternatief voldoet aan het criterium.
- ? Er is onvoldoende informatie om te beoordelen of het bergingsalternatief aan het criterium voldoet.

De beoordeling is uitgevoerd door onderzoekers van het NIPV⁷, tevens auteurs van dit rapport, op basis van de verkregen informatie uit dit onderzoek. De onderzoekers hebben de alternatieven eerst afzonderlijk beoordeeld. Vervolgens zijn beide beoordelingen geëvalueerd, en is via consensus de definitieve beoordeling bereikt die staat weergegeven in tabel 5.1. In de paragrafen 5.1 tot en met 5.4 volgt een uitgebreidere analyse van elk bergingsalternatief.

Tabel 5.1 Beoordelingscriteria

Criteria	Autodolly's	Takelwagen	Blusrobot	Bergingsrobot
Wendbaar binnen minimale parkeerwegbreedte van 6,62 meter?	+	-	-	+
Niet hoger dan 2,10 meter?	+	-	+	+
Voldoende grip op helling en natte ondergrond?	?	?	?	?
Wielen EV staan stil gedurende transport uit de parkeergarage?	+	+	+	+
Op afstand bestuurbaar?	-	-	+	+
Zoveel mogelijk rook- en brandbestendig	-	-	?	+/?
Kan een EV bevestigen met wielschade of een doorgezakt chassis?	?	?	?	?
Aantal +	3	1	3	5

⁷ Thed van Harn en Ben Riemersma.

5.1 Dolly's

Autodolly's zijn geen geschikt alternatief voor het bergen van EV's. Hoewel dolly's handig en wendbaar zijn in kleine en lage ruimtes, zijn bergers en/of de brandweer bij het gebruik van dit transportmiddel genoodzaakt om dicht bij het EV te komen, terwijl de batterij zou kunnen herontsteken, met alle mogelijke gevaren van dien. Daarnaast zijn autodolly's niet op afstand bestuurbaar, en ook niet brand- en rookbestendig. Dit bergingsmiddel is dan ook niet geschikt voor de in hoofdstuk 1 toegelichte scenario's 2, 3 en 4. Tot slot is het niet duidelijk in hoeverre bergers of hulpdiensten in staat zijn om met handmatig bediende dolly's een helling van 24 % te beslechten.

5.2 Takelwagen met takelbril

Takelwagens zijn niet geschikt als alternatief voor het bergen van EV's. Hoewel ze zijn ingericht om auto's te transporteren, kunnen ze te groot zijn om bergingsactiviteiten uit te voeren in parkeergarages. Daarnaast zijn ze beperkt wendbaar. Takelwagens zouden in staat moeten zijn om auto's te bergen over een helling van 24 %. Tegelijkertijd moeten de achterwielen van het EV ook worden vastgezet via dolly's. Takelvoertuigen zijn niet op afstand bestuurbaar. Ze zijn bemenst, waardoor de chauffeur mogelijk in gevaar gebracht wordt wanneer een EV tijdens het bergingsproces opnieuw ontsteekt. Ditzelfde geldt voor personen die nabij het EV moeten komen voor het bevestigen van de dolly's bij de achterwielen. Dit bergingsvoertuig is dan ook niet geschikt voor de scenario's 2, 3 en 4.

5.3 Blusrobot

De blusrobot is volgens de criteria evenmin een geschikt alternatief voor het bergen van EV's uit parkeergarages na een brand. Uit praktijktesten werd bijvoorbeeld geconcludeerd dat de robot lastig manoeuvreerbaar is, en dat de lepels zoals die is afgebeeld op Figuur 3.3 en Figuur 3.4 niet werkbaar is in een parkeergarage waar de aanrijdroute haaks staat op de geparkeerde auto's. Een robot is in principe op afstand bestuurbaar.

5.4 Bergingsrobot

De bergingsrobot is volgens de criteria in tabel 5.1 het meest geschikte bergingsalternatief. Een bergingsrobot kan goed manoeuvreren in kleine ruimtes, opereert niet op grote hoogte en is op afstand bestuurbaar.

Er zijn echter verschillende bergingsrobots, en niet allemaal zullen ze in dezelfde mate aan de gestelde criteria kunnen voldoen. Er zijn bergingsrobots die in een bepaalde mate brand- en rookbestendig zijn en hellingen beslechten. Mogelijk kan een bergingsrobot uitgebreid worden met andere hulpmiddelen, zoals bijvoorbeeld een blusvoorziening voor het bestrijden van een eventuele herontsteking tijdens het transport.

In tabel 5.2 lichten we vier belangrijke zaken toe die kunnen helpen bij het selecteren van een geschikte bergingsrobot voor het bergen van EV's uit parkeergarages.

Tabel 5.2 Criteria voor een bergingsrobot

Aspect	Toelichting
Voldoende grip op hellingen en bevulde ondergrond?	Praktijktesten in een parkeergarage met een blusrobot hebben uitgewezen dat er gripverlies kan optreden op een vloer waarop een laagje water ligt, wanneer de blusrobot een voorwerp moet trekken (interview VRZL). Wij bevelen aan om ook praktijktesten met een bergingsrobot uit te voeren op een natte ondergrond in een parkeergarage.
Op afstand bestuurbaar	Om een bergingsrobot op afstand te besturen is het van belang dat handelingen inzichtelijk worden gemaakt. Dit kan door het gebruik van camera's. Het aantal camera's, alsook de kwaliteit daarvan, is belangrijk voor de inzetbaarheid van de robot. Bovendien kan een warmtebeeldcamera van meerwaarde zijn om de temperatuur van een batterijpakket te monitoren. Uit praktijkexperimenten met blusrobots blijkt dat binnen parkeergarages het signaal tussen de controller en de robot minder goed is dan in de buitenlucht. Wij gaan ervan uit dat dit ook geldt voor de bergingsrobot. Om hulpverleners zo min mogelijk bloot te stellen aan het gevaar van een herontsteking is het van belang om de afstand tussen hen en het EV zo groot mogelijk te houden. Hoe beter het signaal tussen de controller en de robot, hoe groter de afstand waarop de robot aangestuurd kan worden en hoe veiliger het bergen is. Mogelijk kan door het opzetten van een 4G- of 5G-verbinding een stabielere signaal worden verkregen dan via een wifi-verbinding.
Rook- en brandbestendig	Gezien de kans op herontsteking is het van meerwaarde wanneer een bergingsrobot zoveel mogelijk brand- en rookbestendig is. Rook kan het functioneren van een brandstofmotor belemmeren. Een elektromotor heeft vergeleken met een brandstofmotor geen toevoer van lucht nodig, waardoor deze blijft functioneren bij rookontwikkeling. Bergingsrobots kunnen brandbestendig zijn wanneer essentiële onderdelen van de robot, zoals eventuele hydraulische onderdelen, kunnen worden afgeschermd van hitte. Wanneer bergingsrobots daadwerkelijk zeer brandbestendig zijn, kunnen ze mogelijk ook worden ingezet voor incidenten die vallen in Scenario 4: bij een incident met een EV waarvan de brand niet onder controle kan worden gebracht.
Kan een EV bevestigen met wielschade of een doorgezakt chassis?	Een bergingsrobot kan geëquipeerd worden met een lier voor het bergen van EV's met wielschade of een doorgezakt chassis. Bij het gebruik van een lier moet er wel een bevestigingspunt aan het EV zitten. Daarnaast moeten hulpverleners dicht bij het EV komen om de lier te bevestigen. Dit zal echter wel slechts voor korte duur zijn.

6 Conclusie

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen beantwoord.

1. Welke bergingsalternatieven worden nationaal en internationaal toegepast na branden met EV's in parkeergarages?

We hebben met zes ervaringsdeskundigen gesproken om meer inzicht te krijgen in de verschillende bergingsmethodes. Daarnaast is informatie verkregen over zeven casussen, zowel nationaal als internationaal. Op basis hiervan is een viertal gebruikte bergingsalternatieven geïdentificeerd:

- > Dolly's
- > Takelwagen met takelbril
- > Blusrobot
- > Bergingsrobot.

2. Wat zijn criteria waar rekening mee gehouden dient te worden bij het bergen van EV's uit parkeergarages?

Wij hebben de mogelijke gevaren beschreven aan de hand van vier scenario's en informatie over incidenten met EV's. In het eerste scenario is de batterij van de auto niet betrokken geweest. Wanneer dit het geval is, kan het EV worden geborgen zoals auto's met een verbrandingsmotor. In dit scenario hoeft er geen rekening te worden gehouden met additionele gevaren. Wel kan het bergingsalternatief in dit scenario ook ingezet worden voor het transport van het EV uit de parkeergarage.

In alle overige scenario's is de batterij wel bij de brand betrokken, of is het niet duidelijk of de batterij betrokken is geweest. Omdat de batterij van een EV tijdens deze scenario's (opnieuw) kan ontsteken tijdens het bergingsproces, is het van belang dat hulpdiensten en bergers zich op veilige afstand van het voertuig bevinden. Een bergingsvoertuig moet dit faciliteren. Daarnaast moet een bergingsalternatief ook hanteerbaar zijn binnen de afmetingen van een parkeergarage. Dit brengt ons tot de volgende zeven belangrijke criteria voor een bergingsalternatief:

1. Voldoende wendbaar binnen minimale parkeerwegbreedte van 6,62 meter
2. Niet hoger dan 2,10 meter
3. Voldoende grip hebben op een natte ondergrond en een helling van 24 %
4. Op afstand bestuurbaar zijn, zodat berger en/of brandweer niet in de buurt van het voertuig hoeven te komen tijdens het bergingsproces
5. Werken terwijl de wielen van het EV stil staan gedurende het transport uit de parkeergarage
6. Zoveel mogelijk rook- en brandbestendig
7. Een EV met wielschade of een doorgezakt chassis kunnen bevestigen.

3. Welke bergingsalternatieven zijn het meest geschikt voor het transport van een EV uit parkeergarages wanneer het batterijpakket bij het incident betrokken is?

Dit onderzoek laat zien dat bergingsrobots de meest veilige en effectieve methode zijn om EV's die betrokken zijn geweest bij een brand te bergen uit parkeergarages. De bergingsrobot voldoet het best aan de beoordelingscriteria. Zo is de robot voldoende wendbaar, kan hij manoeuvreren binnen de afmetingen van een parkeergarage en is hij op afstand bestuurbaar.

Bergingsrobots worden al gebruikt in Nederland. Voorbeelden hiervan zijn te vinden bij brandweer Schiphol, de politie en bij bergingsbedrijven. Er zijn meerdere varianten bergingsrobots. Het is raadzaam om extra aandacht te besteden aan een aantal aspecten rondom het gebruik van bergingsrobots. Daarom bevelen we aan om praktijktesten uit te voeren. Deze testen kunnen meer duidelijkheid bieden over de manoeuvreerbaarheid van de robot op een natte ondergrond, of over de mogelijkheid van een robot om voertuigen met wielschade en een chassis dat op de grond ligt te bevestigen en bergen. Verder stellen we vast dat het essentieel is dat de robot op afstand bestuurbaar is. Het is dan ook van groot belang dat er een betrouwbaar signaal is tussen de robot en de controller. We bevelen dan ook aan om te onderzoeken of een 4G- of 5G-verbinding voordelen biedt boven een wifi-verbinding.

Tot slot dient er te worden nagedacht over de exploitatie van de bergingsrobot. De aanschaf en inzet van bergingsrobots zal nadere uitwerking behoeven van bergers en eigenaren en/of exploitanten van parkeergarages, eventueel ook in afstemming met de brandweer.

Referenties

- Barendrecht NU. (2023). *Grote brand in parkeergarage onder flat aan de Wilgenwede*.
<https://barendrecht.nu/incidenten/39228/grote-brand-in-parkeergarage-onder-flat-aan-de-wilgenwede-man-zwaargewond-geraakt>
- Borletti, I., & Schellink, C. (2023). *Verslag Testoefening: EV in ondergrondse parking*. Interparking.
- Brans, H. (2023). *Verkenning toekomstige batterijtypen en veiligheid*. NIPV
- BRUZZ. (2022). *Elektrische wagen vat vuur in ondergrondse parking Ravensteinstraat*.
<https://www.bruzz.be/samenleving/elektrische-wagen-vat-vuur-ondergrondse-parking-ravensteinstraat-2022-02-12>
- ElaadNL. (2024). *Versnelling groei elektrische auto's na 2030 verwacht*. <https://elaad.nl/update-elaad-outlook-personenautos-versnelling-groei-elektrische-autos-na-2030-verwacht/>
- EV FireSafe. (2023). *EV fire incident management - case study from Prague*.
<https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-incident-management-case-study-from-prague>
- Fire Engineering. (2024). *Firefighters Respond to EV Fire at IL Mall Parking Garage*.
<https://www.fireengineering.com/firefighting/firefighters-respond-to-ev-fire-at-il-mall-parking-garage/#:~:text=Firefighters responded Thursday to an,mall%2C according to CBS News.>
- Gaspar, V. (2021). *Een overzicht van de ervaringen met blusrobots in drie regio's*. IFV.
- Hessels, T. & Ebus, J. (2020). *De brand in de Singelgarage te Alkmaar*. IFV.
- Hessels, T. & Geertsema, T. (2023). *Onderzoek dompelcontainers: Een Beoordeling van de Dompelcontainer en Mogelijke Alternatieven*. NIPV.
- Magirus. (2018). *Magirus airforce TAF-35 firefighting robot*.
- MEDIATV. (2023). *Man komt om het leven bij grote brand in ondergrondse parkeergarage Wilgenwede Barendrecht*. <https://mediatv.nl/nieuws/nieuws/26574/twee-auto-s-in-brand-in-ondergrondse-parkeergarage-zwaargewonde-gered-wilgenwede-barendrecht>
- NIPV. (2024). *Handelingsperspectief inzet uhd-blussysteem bij brand in batterijpakket van elektrisch voertuig*.
- Olk, T. (2024). *Rosemont Public Safety Electric Car Fire In Parking Garage At Charging Station At Fashion Outlet Mall*. In
https://www.facebook.com/tim.olk.75/posts/10161303538912372?ref=embed_post.
- Pichler, D. (2021). *Elektroauto löst Feuer in Marienplatzgarage Ravensburg aus*.
[https://www.wochenblatt-news.de/region-ravensburg/ravensburg/elektroauto-loest-feuer-in-marienplatzgarage-ravensburg-aus/#:~:text=Ravensburg \(dpi\) – Am frühen,Angaben zufolge vermutlich der Auslöser.](https://www.wochenblatt-news.de/region-ravensburg/ravensburg/elektroauto-loest-feuer-in-marienplatzgarage-ravensburg-aus/#:~:text=Ravensburg (dpi) – Am frühen,Angaben zufolge vermutlich der Auslöser.)
- Smout, K. (2022). *Brandweer Brussel vraagt wetgeving rond het parkeren van elektrische auto's in ondergrondse parkings*. <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2022/02/14/brandweer-brussel-vraagt-wetgeving-rond-het-parkeren-van-elektri/>
- Wessel, T. (2024). *Crews Battle Electric Vehicle Fire At Rosemont Mall*. <https://www.journal-topics.com/articles/crews-battle-electric-vehicle-fire-at-rosemont-mall/>

Bijlage 1: Parkeergarages

De afstanden tussen muren, plafonds en verdiepingen in Nederlandse parkeergarages kunnen variëren. Ditzelfde geldt voor de lengtes en breedtes van parkeervakken en rijbanen. Dit heeft te maken met de locatie van een parkeergarage. In een stallingsgarage bij een kantoor die alleen gebruikt wordt tijdens werkdagen, kunnen kleinere afmetingen worden gehanteerd, omdat bij de gebruikers gewenning zal ontstaan. Maar bij een winkelcentrum waar veel mensen met een winkelkarretje naar de auto zullen lopen, kan meer ruimte nodig zijn. Ook zijn er parkeergarages met een speciaal ontwerp waar bijvoorbeeld de auto's ook op de hellingen worden geparkeerd en zijn er splitlevel parkeergarages met centrale inpandige stijgpunten (van den Broek, 2019).

Er zijn dan ook verschillende mogelijke indelingen voor parkeergarages. Onder een standaard opzet kan gedacht worden aan een rechthoekige vorm voor tweezijdig haaks parkeren⁸ met een rijbaan ertussen. Vaak is echter maatwerk nodig om te voldoen aan de gewenste vormgeving en constructie op bepaalde locaties, zoals bijvoorbeeld is sterk stedelijke gebieden. Afhankelijk van de beschikbare ruimte worden per project keuzes gemaakt voor de plattegrond (van den Broek, 2019). In figuur B1.1 worden voorbeelden gegeven van enkele mogelijke ontwerpen van parkeergarages.



Figuur B1.1 Verschillende vormen van parkeergarages in Nederland (Bron: Triflex)

De functionele en prestatie-eisen voor parkeergarages in Nederland zijn vastgelegd in NEN 2443⁹. Deze norm maakt onderscheid in openbare, niet-openbare en stallingsparkeergarages, waarvan de laatste de kleinste maten hebben. NEN 2443 maakt bij de maatvoering gebruik van de volgende eenheden (NEN 2443, 2013):

- > Lengte parkeereenheid: de totale lengte van het parkeervak met daarbij de lengte van de parkeerweg opgeteld.
- > Parkeervakbreedte: de breedte van het parkeervak.
- > Diepte van de enkele parkeerstrook: de lengte van een parkeervak.
- > Parkeerwegbreedte: de lengte tussen het uiteinde van het parkeervak en een wand of het volgende parkeervak.
- > Parkeerhoek: de hoek waaronder een parkeervak zich bevindt ten opzichte van de rijbaan. Bij parkeren onder een hoek wordt ook wel gesproken over een visgraat-opstelling. Bij haaks parkeren bedraagt de parkeerhoek 90 graden.

⁸ Parkeren onder een hoek van 90 graden.

⁹ NEN 2443 is een Nederlandse norm die richtlijnen geeft voor het ontwerp en beheer van parkeervoorzieningen, maar is niet wettelijk verplicht. Wel kan de norm indirect bindend zijn als deze wordt opgenomen in wet- en regelgeving, contracten of vergunningseisen.

**Tabel B1.1 Uiterste maten Nederlandse parkeergarages bij haaks parkeren
(parkeerhoek 90 graden) (NEN 2443, 2013)**

Onderdeel	Openbare parkeergarage	Niet-openbare parkeergarage	Stallings- parkeergarage
Minimale diepte van de enkele parkeerstrook	5,13 m	5,13 m	5,13 m
Minimale parkeerwegbreedte	6,67 m	7,00 m	6,62 m
Minimale parkeervakbreedte	2,40 m	2,30 m	2,30 m
Minimale lengte parkeereenheid (Diepte + parkeerwegbreedte)	11,80 m	12,13 m	11,75 m
Maximaal hellingspercentage	15%	20%	24%
Vrije hoogte vanaf vloeroppervlak	2,30 m (incidenteel 2,20 m)	2,20 m (incidenteel 2,10 m)	2,20 m (incidenteel 2,10 m)

Het stroefheidsgetal van hellingen dient minimaal 45 te zijn in parkeergarages, zodat hellingen ook bij ongunstige klimatologische omstandigheden kunnen worden betreden. Ditzelfde geldt voor de rijbanen.