Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

STUDIE

Räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon

En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016–2019

Räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon: En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016–2019

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
MSB:s kontaktperson:
Yvonne Näsman, 010-240 40 30

Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB1510 - november 2022
Tidigare utgiven: MSB1510 - mars 2020
ISBN: 978-91-7927-020-9

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna forskningsrapport (alt. studie-rapport). Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Faktaruta

Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016–2019

2020

Totalförsvarets forskningsinstitut – FOI

Charlotte Stenius, Johan Nordström, Jonathan Svensson och Mari Olsén.

En omvärldsanalys över hur länder i Europa och Nordamerika hanterar räddningsinsatser med gasfordon. Fordon som inkluderas är personbilar mindre än 3,5 ton, bussar samt tunga fordon som drivs av något av följande: flytande naturgas, flytande biogas, komprimerad naturgas, komprimerad biogas, gasol eller vätgas.

Innehåll

1. Bakgrund **11**
1.1 Syfte 11
1.2 Avgränsningar 11

2. Metod **13**
2.1 Informationsinhämtning 13
2.2 Litteratursökningar 13
2.2.1 Tillfrågningar experter 15

3. Resultat **17**
3.1 Europeisk fordonsstatistik 17
3.1.1 Personbilar 18
3.1.2 Bussar 19
3.1.3 Lastbilar 19
3.1.4 Fördjupning Sverige 19
3.2 Statistik Nordamerika 20
3.3 Vetenskaplig litteratur 21
3.4 Olycksundersökningar 22
3.4.1 Explosion av gastank 23
3.4.2 Utsläpp 25
3.4.3 Brand i fordon 26
3.5 Vägledningar 27
3.5.1 Sverige 27
3.5.2 Storbritannien 31
3.5.3 USA 32
3.5.4 Nederländerna 35
3.5.5 Frankrike 37
3.5.6 Tyskland 41
3.5.7 Österrike 43
3.5.8 Polen 44
3.5.9 Italien 46
3.5.10 Internationellt 46

4. Diskussion **48**
4.1 Metoddiskussion 48
4.2 Resultatdiskussion 48
4.2.1 Sammanfattade slutsatser från olycksundersökningar 49
4.2.2 Skillnader och likheter mellan ländernas vägledningar 50
4.2.3 Tömning av skadade gastankar 52

5. Rekommendationer och förslag på fortsatt arbete **54**
5.1 Allmänt om vägledning för insatser vid olyckor med gasfordon 54
5.2 Detektion av eventuella läckage 54
5.3 Behov av ytterligare studier 55

6. Referenser **57**

Bilaga 1: Data över gasdrivna personbilar inom EU 62

Bilaga 2: Data över gasdrivna bussar inom EU 65

Bilaga 3: Data över gasdrivna lastbilar inom EU 68

Sammanfattning

En omvärldsanalys har genomförts för att undersöka hur länder i Europa och Nordamerika genomför räddningsinsatser vid olyckor där gasfordon är inblandade. Även olycksundersökningar, statistik över fordonsflotta och vetenskaplig litteratur inom området har använts i studien. Fordon som inkluderas i analysen är gasdrivna personbilar mindre än 3,5 ton, bussar samt tunga fordon. De olika gastyper som inkluderas i studien är flytande naturgas (LNG), flytande biogas (LBG), komprimerad naturgas (CNG), komprimerad biogas (CBG), gasol (LPG) samt vätgas (H2). Vägledningar för hur en räddningsinsats med gasfordon ska hanteras i Storbritannien, USA, Nederländerna, Frankrike, Tyskland, Österrike, Polen och Italien har analyserats.

Omvärldsanalysen visar att de olika länderna rekommenderar olika angreppsvägar. Det samma gäller för riskavstånd och det finns ingen enighet avseende om tankar på gasfordon ska kylas eller ej vid en brand. Vid eventuella jetflammor är insatsrekommendationerna eniga kring att de inte ska släckas utan tillåtas brinna ut av sig själva tills tanken är tom. Några slutsatser av omvärldsanalysen är att det i Sverige behöver tas fram en generell vägledning och metodik för trafikolyckor. Denna bör omfatta alla typer av drivlinor och bränslen samt att ett brinnande fordon bör behandlas som att det är drivet av alternativa drivmedel tills något annat kan konstateras. Vägledningen bör utgå från det allvarligaste scenariot (bränslecellsfordon) och anpassas så att åtminstone de initiala åtgärderna är desamma och ger tillräcklig säkerhet. Åtgärderna kan sedan anpassas när aktuellt drivmedel har identifierats.

Abstract

A study has been carried out to investigate how countries in Europe and North America carry out rescue operations in the event of accidents involving gas vehicles. Accident investigations, vehicle fleet statistics and scientific literature in the area have been used in the study. Vehicles included in the analysis are gas-powered passenger cars less than 3.5 tonnes, buses and heavy vehicles. The different types of gas included in the study are liquefied natural gas (LNG), liquefied bio gas (LBG), compressed natural gas (CNG), compressed bio gas (CBG), liquefied petroleum gas (LPG) and hydrogen (H2). Guidelines for how a rescue operation with gas vehicles should be carried out in Great Britain, USA, Netherlands, France, Germany, Austria, Poland and Italy have been analysed.

The study shows that different countries recommend different approaches and risk distances. There is no consensus whether tanks on gas vehicles should be cooled or not in the event of a fire. In the event of any jet flames, there is an agreement between recommendations that they should not be extinguished but allowed to burn out until the tank is empty. A conclusion of the study is that a general guidance and methodology for traffic accidents that can be applied to all types of drivelines and fuels needs to be developed in Sweden. Furthermore a burning vehicle should be treated as if it is fuelled by alternative fuels until determined otherwise. The guidance should also be based on the most serious scenario (fuel cell vehicles) and adapted so that at least the initial measures are the same and provide sufficient security independent of type of fuel.

Ordlista

Begrepp	Förklaring
Biogas	Biogas består till största delen av metan (CH_4) som framställts genom nedbrytningsprocesser av organiskt avfall exempelvis matavfall, slam från reningsverk eller annan biomassa. Biogas klassas som förnyelsebart bränsle.
BLEVE	Engelska: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. En form av tryckkärlsexplosion som kan uppstå då vätskan i ett tryckkärl värms upp (exempelvis till följd av en brand som påverkar tryckkärlet). Då temperaturen i vätskan når kokpunkten stiger trycket i kärlet kraftigt, vilket resulterar i att kärlet brister och en explosion inträffar[1].
CBG	Engelska: Compressed bio gas. Tryckkomprimerad biogas. CBG benämns även fordonsgas då det används som fordonsbränsle.
CNG	Engelska: Compressed natural gas. Tryckkomprimerad naturgas. CNG benämns även fordonsgas då det används som fordonsbränsle.
Eurostat	EU:s statistiska kontor.
Fordonsgas	Ett samlingsnamn för CBG och CNG.
H_2	Vätgas.
LBG	Engelska: Liquefied bio gas. Biogas vars temperatur har sänkts till under -162 °C så att gasen har övergått till flytande form.
LNG	Engelska: Liquefied natural gas. Naturgas vars temperatur har sänkts till under -162 °C så att gasen har övergått till flytande form.
LPG	Engelska: Liquefied petroleum gas. LPG är en blandning av propan (C_3H_8) och butan (C_4H_{10}) som tryckkondenserats. Det vanligaste handelsnamnet för LPG i Sverige är gasol. LPG benämns även motorgas då det används som fordonsbränsle.
Jetflamma	Flamma som uppstår då en brandfarlig gas under tryck strömmar ut i omgivande luft mer eller mindre kontinuerligt och därefter antänds[2].
Motorgas	Ett annat namn för LPG (gasol) då det används som fordonsbränsle.
Naturgas	Naturgas består till största delen av metan (CH_4) som hämtats från naturgasfyndigheter i jordskorpan. Naturgas klassas som fossilt bränsle.

1. Shebeko, Y. N. & Shebeko, A. Y. On the mechanism of a BLEVE occurrence due to fire engulfment of tanks with overheated liquids, 2015.

2. Stellan Fischer et al., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor: Metoder för bedömning av risker*, FOA-R--97-00490-990--SE, Stockholm: Försvarets forskningsanstalt, 1998.

Begrepp	Förklaring
Övertrycks-anordning	Övertrycksanordningar finns av två olika typer: temperaturstyrda eller tryckstyrda. *Temperaturstyrd* – En engångsanordning som aktiveras av överstigen temperatur och släpper ut gas för att hindra behållaren från att brista[3]. Temperaturstyrda övertrycksanordningar benämns ibland smältsäkring eller smältbleck. I CNG-fordon aktiveras dessa typiskt vid en temperatur av 110 ± 10 °C. *Tryckstyrd* – En engångsanordning som utlöses av överstiget tryck och släpper ut gas för att hindra behållaren från att brista[4]. Tryckstyrda övertrycksanordningar benämns ibland sprängskivor eller sprängbleck. En övertrycksanordning som aktiverats kan normalt inte stängas på nytt. Övertrycksanordningar kan ha rördragning för att släppa ut ett eventuellt övertryck på en annan plats än i omedelbar anslutning till tanken. Övertrycksanordningar finns normalt på fordon som drivs med komprimerade gaser (CNG och väte).
Övertrycksventil	En anordning som hindrar att ett på förhand bestämt tryck överskrids[5]. Övertrycksventiler benämns ibland för utsläppsventil eller säkerhetsventil. I LPG-fordon aktiveras övertrycksventilen normalt vid 25 bar tryck. Övertrycksventiler kan (till skillnad från övertrycksanordningar) öppna och stänga vid flera tillfällen. På grund av detta kräver övertrycksventiler regelbundet underhåll vilket innebär att sannolikheten för explosion är större än för fordon som har övertrycksanordningar[6]. Övertrycksventiler sitter direkt på tanken och saknar rördragning bort från denna. Övertrycksventiler finns i regel på fordon som drivs av LPG, LNG och djupkyld vätgas.

3. Förenta Nationerna/Ekonomiska kommissionen för Europa, Föreskrifter nr 110 från Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa (FN/ECE), 2011, https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri= OJ:L:2011:120:0001:0108:SV:PDF, hämtad 20 december 2019.

4. Ibid.

5. Förenta Nationerna/Ekonomiska kommissionen för Europa, *Föreskrifter nr 110 från Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa* (FN/ECE), 2011, https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri= OJ:L:2011:120:0001:0108:SV:PDF, hämtad 20 december 2019.

6. MSB, Räddningsinsatser med gasdrivna personbilar, MSB984, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2016.

Bakgrund

1. Bakgrund

I Parisavtalet (kopplat till FN:s ramkonvention om klimatförändringar, UNFC-CC) ställs krav på att hålla nere den globala uppvärmningen under två grader men helst 1,5 grader[7]. Ett sätt att uppnå detta är att minska utsläppen av växthusgaser och användning av fossila bränslen. Miljövänligare alternativ till bensin- och dieselfordon, till exempel gasfordon, har i Sverige ökat de senaste 20 åren från nära≈noll till nästan 55 000 fordon[8].

Gasfordon kan drivas av naturgas (CNG/LNG), biogas (CBG/LBG), gasol (LPG) och vätgas (H_2). Gemensamt för dessa drivmedel är att det i dagsläget, i Sverige, finns förhållandevis lite kunskap om hur incidenter med denna fordonstyp hanteras på bästa sätt. Vid olyckor och brand i gasfordon möter räddningspersonal risker som skiljer sig från brand i bensin- och dieselfordon.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att genomföra en omvärldsanalys och främst ta reda på hur andra länder med likartat regelverk som Sverige, genomför räddningsinsatser med gasfordon samt vilka vägledningar och utbildningsmaterial som finns.

1.2 Avgränsningar

Rapportens faktainsamling är i huvudsak begränsad till källor och händelser från åren 2016–2019. En annan avgränsning som gjorts är att de huvudsakliga åtgärderna som presenteras utifrån olycksrapporterna är kopplade till räddningsinsatsens genomförande.

Fordonstyper som ingått i studien är personbilar mindre än 3,5 ton, bussar samt tunga fordon som drivs av någon form av gas. De olika gastyper som inkluderas i studien är flytande naturgas (LNG), flytande biogas (LBG), komprimerad naturgas (CNG), komprimerad biogas (CBG), gasol (LPG) samt vätgas (H_2). De länder som inkluderats är länder i Europa och Nordamerika där gasfordon är vanligt förekommande då dessa har ett liknande regelverk som Sverige.

7. Naturvårdsverket, *Parisavtalet,* maj 2019, https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/Parisavtalet/, hämtad 16 december 2019.

8. Energigas Sverige. *Statistik om fordonsgas*. september 2019, https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/statistik-om-fordonsgas/, hämtad 15 oktober 2019.

Metod

2. Metod

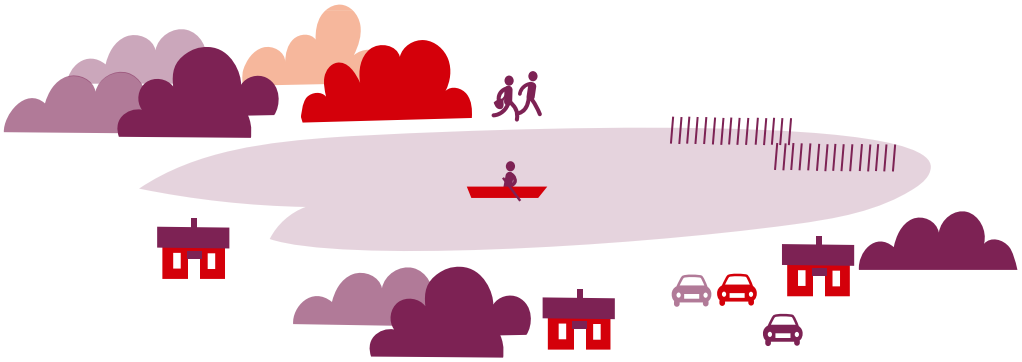
Omvärldsanalysen har inriktats på de senaste tre åren och innefattar bland annat vetenskaplig litteratur, medierapportering, statistik, myndigheters eller organisationers vägledningar samt olycksundersökningar. Metoden som använts är en litteratursökning med nyckelord följt av en så kallad snöbollsmetod, där man genom en källa hittar nya källor till information att fördjupa informationsinhämtningen från.

2.1 Informationsinhämtning

Den informationsinhämtning som har genomförts har gjorts på två sätt, genom sökningar och genom förfrågningar till experter i andra länder. Sökningar har gjorts efter statistik, olycksundersökningar, vetenskapliga publikationer samt insatsmetodik med ett fokus på data från Europa och Nordamerika. Sökningarna har i huvudsak riktat in sig på länder med hög förekomst av gasdrivna fordon.

2.2 Litteratursökningar

Informationsinhämtning har skett genom olika sökmotorer och databaser. De sökmotorer som använts är Google, Google schoolar och FOI:s sökverktyg Summon. Några av de databaser som använts visas i Tabell 1. Databaserna användes för att finna statistik och olycksundersökningar. Sökningarna gjordes med ett eller flera sökord från punktlistorna på sida 14 och sida 15 eller genom att navigera på hemsidan/databasen.



Tabell 1. Databaser som använts för att söka information om statistik och olycksundersökningar.

Databasens namn	Organisation
Alternative Fuels Data Center[9]	U.S. Department of Energy
Eurostat[10]	European Commission
National Automotive Sampling System (NASS)[11]	U.S. Department of transportation
The National Institute for Occupational Safety and Health[12]	Centers for Disease Control and Prevention
RIB[13]	MSB
Statistiska centralbyrån (SCB)[14]	Statistiska Centralbyrån

De sökord som använts har framförallt varit på engelska då framförallt engelskspråkig litteratur har varit av intresse. Dessutom har sökningar gjorts efter statistik, olycksrapporter, olycksundersökningar och vägledningar genom att använda översatta sökord på respektive språk (tyska, franska, holländska, italienska, polska).

Ett urval av de engelska sökord som användes i litteratursökningen:

- Accident reports
- Alternative fuel
- Alternative fuel vehicle
- Car, truck, lorry, bus
- CNG vehicle accident
- Emergency response
- Explosion
- Fire
- Fire investigation
- First responder
- Fuel cell vehicles
- Gas
- Gaseous
- Gas vehicle
- Guidelines, methods, recommendations
- Hydrogen
- Lessons learned

9. U.S. Department of Energy, *Alternative Fuels* Data Center. https://afdc.energy.gov/data/, hämtad 20 november 2019.

10. Eurostat, *Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

11. U.S. Department of Transportation, *National Automotive Sampling System*, https://www.nhtsa.gov/research-data/national-automotive-sampling-system-nass, hämtad 20 november 2019.

12. Centers for Disease Control and Prevention. *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, 2018, https://www.cdc.gov/niosh/index.htm, hämtad 13 december 2019.

13. MSB, RIB, https://rib.msb.se/. Hämtad 25 februari 2020.

14. Statistiska centralbyrån, *Hitta statistik*, https://www.scb.se/hitta-statistik/, hämtad 10 januari 2020.

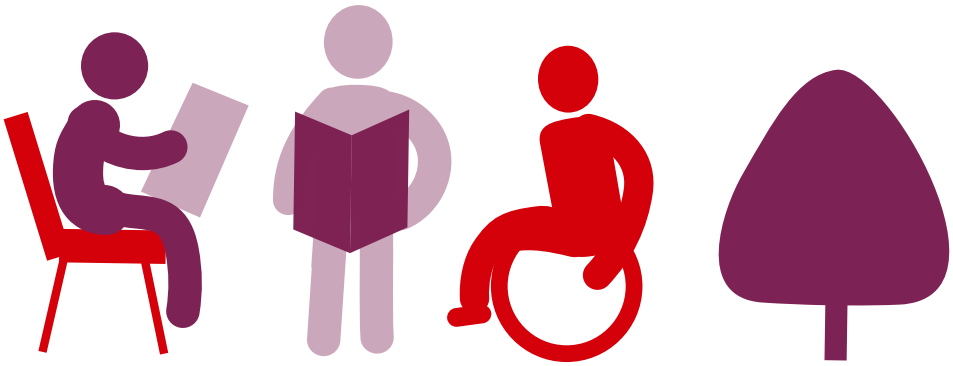
- LNG, CNG, CBG, H2
- Vehicle
- Vehicle accident

Ett urval av de svenska sökord som användes i literattursökningen:

- Biogas
- Brand
- Explosion
- Fordon
- Gas
- Gasfordon
- Hybrid
- Insatsmetodik
- Naturgas
- Olycka
- Olycksrapporter
- Vätgas

2.2.1 Tillfrågningar experter

Informationsinhämtning har också skett genom att kontakta experter från organisationer och myndigheter i olika länder i Europa. Kontaktuppgifter till dessa har primärt tillhandahållits från MSB. Kontakt har även tagits med myndigheter och organisationer i andra länder vilka har identifierats i sökningarna. Totalt har 31 experter och organisationer tillfrågats via mail eller telefon och 18 av dessa har svarat antingen med information eller att de inte vet eller får lämna ut information.



Resultat

3. Resultat

I omvärldsanalysen presenteras statistik över gasfordon, olycksundersökningar och vägledningar från Europa och USA samt från vetenskaplig litteratur. De kortfattade referaten från undersökningar som genomförts av olyckor och tillbud med gasfordon förklarar vad som varit utlösande orsak, i viss mån händelseförloppet och vilka åtgärder eller rekommendationer som givits efter undersökningen.

Vägledningar för hur räddningstjänst ska agera vid en olycka där ett gasfordon är inblandat har identifierats för några europeiska länder och USA.

3.1 Europeisk fordonsstatistik

Eurostat samlar årligen in statistik för EU:s räkning och deltagandet är frivilligt. I statistiken över gasfordon finns 33 länder inkluderade (EU:s medlemsländer inklusive Liechtenstein, Norra Makedonien, Norge, Schweiz och Turkiet) av dessa har 30 länder rapporterat hur många fordon de har. Länderna med flest gasfordon 2017 var Turkiet (4,7 miljoner), Italien (3,25 miljoner) och Polen (3,21 miljoner) följt av Tyskland (0,5 miljoner)[15]. Se Tabell 2 för fördjupad information uppdelat på land och fordonskategori.

Tabell 2. Gasfordon inom EU (plus Liechtenstein, Norra Makedonien, Norge, Schweiz och Turkiet) år 2017[16] uppdelat på personbilar, bussar och lastbilar, *=data saknas.

Land	Bilar	Bussar	Lastbilar	Totalt	Skillnad mot 2016
Belgien	2 144	*	*	2 144	+951
Bulgarien	*	*	*	*	*
Cypern	0	0	0	0	0
Danmark	215	155	*	370	+130
Estland	565	101	170	836	+178
Finland	3 335	85	160	3 580	+1 457
Frankrike	150 105	2 876	1 875	154 856	-5 614
Grekland	*	*	*	*	*
Irland	0	*	3	3	-1

15. Eurostat, *Database*.
16. Eurostat, *Database*.

Land	Bilar	Bussar	Lastbilar	Totalt	Skillnad mot 2016
Italien[17]	3 122 614	339	129 885	3 252 838	*
Kroatien	60 584	10	6	60 600	+1 874
Lettland	13 274	0	306	13 580	+6 032
Liechtenstein[18]	91	6	10	107	*
Litauen	71	256	*	327	+41
Luxemburg	442	*	84	526	+15
Malta	1	0	2	1	+
N Makedonien	11 445	36	510	11 991	-190
Nederländerna	132 989	6	19 879	152 874	-10 041
Norge	267	808	437	1 512	+255
Polen	3 044 042	1 326	165 371	3 210 739	-52 168
Portugal	56 943	132	641	57 716	+5 842
Rumänien	*	110	*	110	+110
Schweiz	10 800	200	1 800	12 800	+700
Slovakien	*	*	*	*	*
Slovenien	10 169	83	*	10 252	+590
Spanien	20 202	2 145	3 727	26 074	+7 506
Storbritannien	31 364	216	6 748	38 328	-3 821
Sverige	43 740	2 528	5 718	51 986	+657
Tjeckien	47	*	*	47	0
Turkiet	4 616 842	4 145	83 618	4 704 605	+177 936
Tyskland	496 742	1 180	*	497 922	-28 588
Ungern	28 722	270	168	29 160	+1 198
Österrike	5 562	362	946	6 870	+104
TOTALT	**11 864 525**	**17 375**	**422 064**	**12 303 964**	**+105 397**

3.1.1 Personbilar

Eurostat delar upp personbilar som drivs av alternativa drivmedel i kategorierna LPG, Naturgas, vätgas och bränsleceller samt Bi-fuel. Det fanns 2017 nästan 12 miljoner personbilar drivna av gas i EU. Turkiet toppar listan med över 4,6 miljoner personbilar (2017), följt av Italien med 3,1 miljoner personbilar (2016) och Polen

17. Data för personbilar och bussar från 2016, data för lastbilar från 2017.
18. Data från 2016.

med 3,0 miljoner personbilar (2017), sedan är det ett glapp till Tyskland med cirka 500 000 personbilar (2017). Det vanligast förekommande drivmedlet för persongasbilar inom EU är LPG (8,3 miljoner) följt av Bi-fuel (300 000)[19]. Se ”Bilaga 1”.

3.1.2 Bussar

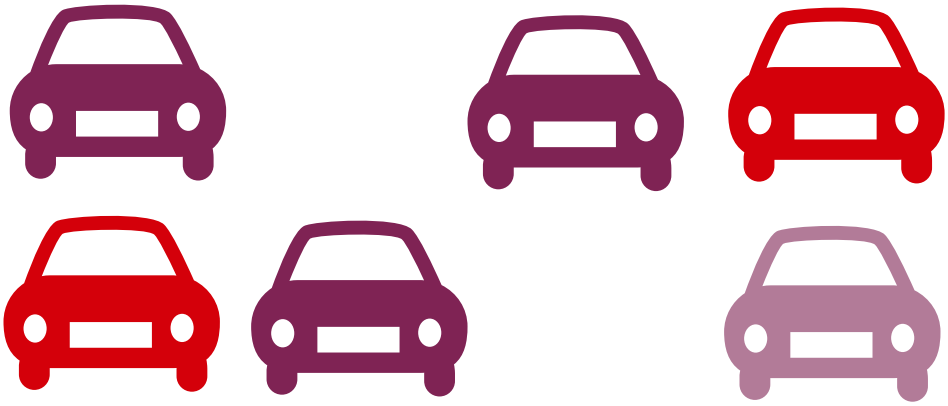
Eurostat för statistik över bussar (eng. motor coaches, buses and trolley buses) som drivs av de alternativa drivmedlen LPG, vätgas och bränsleceller, CNG och LNG. Det fanns cirka 18 000 gasbussar i EU 2017 och mest förekommande drivmedel var CNG med runt 11 000 fordon i EU[20]. Turkiet toppar listan (cirka 4 100 fordon) följt av Frankrike (cirka 2 900) och Sverige (cirka 2 500). Se ”Bilaga 2”.

3.1.3 Lastbilar

Det finns runt 420 000 gasdrivna lastbilar inom EU. Det mest använda drivmedlet är LPG (310 000 fordon) följt av LNG (90 000 fordon). Störst antal gasdrivna lastbilar finns i Polen (165 000) och Italien (130 000)[21]. Se ”Bilaga 3”.

3.1.4 Fördjupning Sverige

De senaste femton åren har trenden för gasbilar ökat i Sverige, men de senaste tre åren har trenden planat ut (se Figur 1). I slutet av 2018 fanns det 54 352 gasfordon i Sverige[22], varav 42 463 var personbilar[23].



19. Eurostat, *Passenger cars, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

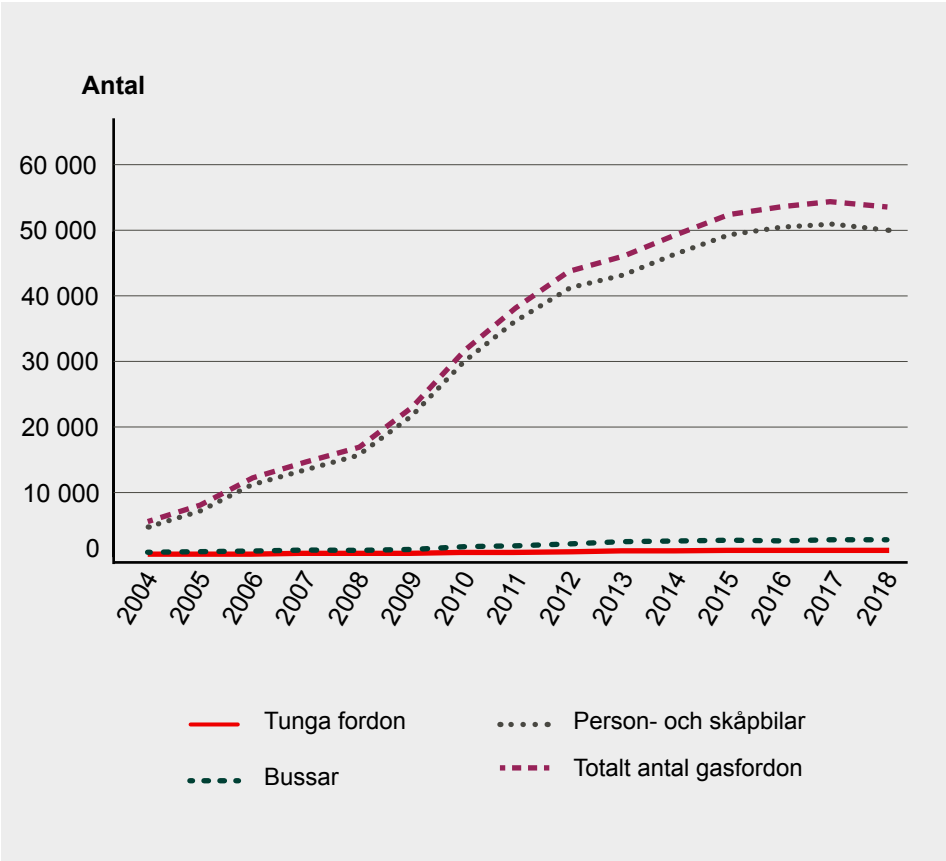
20. Eurostat, *Motor coaches, buses and trolley buses, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

21. Eurostat, *Lorries, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

22. Energigas Sverige, *Statistik om fordonsgas*.

23. Trafikanalys, *Fordon 2018 – Tabellverk* [dataset]. Stockholm: Trafikanalys, 2019, https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/, hämtad 28 november 2019.

Figur 1. Trenden för gasfordon har planat ut sedan mitten av 2010-talet. Bilden är anpassad efter förlaga 2019-10-15 från Energigas Sverige[24].



3.1.4.1 Olyckor med gasfordon i Sverige de senaste 20 åren

MSB har gjort en genomgång av räddningsinsatser där gasfordon varit inblandade under perioden januari 2000- juli 2019. Totalt analyserades 2 500 händelser och 224 olyckor eller tillbud identifierades[25]. Vid 147 av dessa händelser bedömdes att gasinstallationen eller gasen var involverad i olyckan, i 35 fall bedömdes den inte vara involverad och 42 olyckor/tillbud skedde på tankningsanläggningar utan att gasfordonen var direkt involverade[26]. Se kap 3.4 för en fördjupning av några av dessa olyckor.

3.2 Statistik Nordamerika

I USA finns en sammanslutning för att öka användandet av alternativa drivmedel, vid namn Clean Cities Coalitions Network[27]. År 2017 fanns det ca 140 000 fordon (ospecificerat vilken typ) med de drivmedel som behandlas i denna rapport (se Tabell 3). Clean Cities Coalitions täcker områden som motsvarar ca 83 % av USA:s befolkning, vilket gör att det även kan finnas fordon med alternativa drivmedel i resterande delar av USA.

24. Energigas Sverige, *Statistik om fordonsgas*.

25. Mattias Strömgren, *Olyckor med gasdrivna fordon – bussar*, MSB 2019-12352, Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019.

26. Mattias Strömgren, *Olyckor med gasdrivna fordon – bussar*.

27. Clean cities, *A National Network of Local Coalitions*, https://cleancities.energy.gov/coalitions/, hämtad 11 december 2019.

Tabell 3. Siffror över antalet fordon med alternativa drivmedel i Clean Cities Coalition Network[28].

Drivmedel/år	2016	2017	Skillnad mot 2016
CNG	98 388	97 271	-
LNG	4 924	5 070	146
LPG	23 648	34 753	11 105
RNG	1 157	1 734	577
H2	97	116	19
Totalt	**128 214**	**138 944**	**10 730**

3.3 Vetenskaplig litteratur

Två risker med gasanvändning som lyfts fram i den vetenskapliga litteraturen och som berör gasfordon är: 1) Tryck och temperatur vid lagring av gasen och 2) läckage. Skador på tankar med CNG är osannolik i samband med kollisioner med ett undantag – i de fall bussar har gasflaskorna placerade på tak finns risk för skador på tankarna vid kollision med låga broar.

Beräkningar av riskerna med fordon som parkeras inomhus har visat att fordon som drivs med CNG och LPG kan ge upphov till fler varianter av olycksscenarier. Dessa kan ge upphov till allvarligare skador, än bilar som drivs med bensin. Sannolikheterna för olika scenarier varierar med bränsletyp (se Tabell 4) och för CNG-fordon är sannolikheterna generellt sett låga. De olycksscenarier som har de högsta sannolikheterna återfinns för LPG-drivna fordon[29].

Tabell 4. Sannolikhet för olika olycksscenarier[30].

Olycksscenario	CNG	LPG	Bensin
Jetflamma	$1{,}06 \times 10^{-6}$	$6{,}6 \times 10^{-5}$	0
Pölbrand	0	$9{,}7 \times 10^{-7}$	$1{,}1 \times 10^{-6}$
Gasmolnsbrand	$8{,}0 \times 10^{-7}$	$6{,}4 \times 10^{-5}$	$8{,}0 \times 10^{-7}$
Gasexplosion	$3{,}72 \times 10^{-10}$	$2{,}2 \times 10^{-6}$	0
Tryckvåg	$5{,}7 \times 10^{-11}$	0	0
Eldklot	0	$1{,}4 \times 10^{-8}$	$1{,}7 \times 10^{-7}$
BLEVE	0	$1{,}4 \times 10^{-6}$	0

Riskavstånden för jetflammor från gasinstallationerna på CNG fordon varierar med aktuellt gastryck och håldiameter. Vid 200 bar tryck kan ett hål med 10 mm diameter ge upphov till en jetflamma med 18,2 m längd och 3,1 m bredd[31].

28. Clean cities, Goals and Accomplishments, https://cleancities.energy.gov/accomplishments/, hämtad 11 december 2019.

29. J. Berghmans och M. Vanierschot, “Safety aspects of CNG cars”, Procedia Engineering, Volume 84, 2014, s. 33–46.

30. Ibid.

31. Ibid.

I samband med att en LPG-tank exploderade i Tyskland skadades 10 brandmän. Två brandmän som använde branddräkt och tryckluftsapparat klarade sig helt oskadda medan övriga fick brännskador på oskyddad hud. Erfarenheter från denna olycka är att endast de som behöver arbeta med att släcka branden ska arbeta vid fordonet medan övriga bör befinna sig i skydd bakom räddningsfordonet[32].

I övrigt har inte några vetenskapliga artiklar som har hittats i samband med litteraturstudien bedömts vara av värde för utformningen av riktlinjer för räddningsinsatser med gasfordon. De vetenskapliga artiklar som behandlar inträffade olyckor och erfarenheter från dessa är i stor utsträckning från Indien och Pakistan. Slutsatserna i dessa rapporter handlar ofta om behoven av ökade krav när det gäller kontroll och installation av gastankar i gasdrivna fordon[33] då många olyckor har orsakats eller förvärrats då bristfälliga konverteringar till gasdrift har gjorts av befintliga fordon.

3.4 Olycksundersökningar

Detta avsnitt beskriver ett antal händelser där gasfordon har varit inblandade. Händelserna är uppdelade baserat på utfallet av dessa (se Tabell 5). För varje händelse beskrivs förloppet, insatsens genomförande och förslag på åtgärder.

Tabell 5. Händelser där gasfordon varit inblandade.

Händelse	Fordon	Bränsle	Datum	Plats
Explosion, Jetflamma	Sopbil	CNG	2016-01-26	Hamilton
Explosion	Personbil	LPG	2016-06-17	Borås
Explosion	Personbil	CNG	2016-07-04	Göteborg
Explosion	Buss	CNG	2016-07-12	Göteborg
Explosion	Sopbil	CNG	2016-09-20	Katrineholm
Explosion	Personbil	CNG	2016-11-16	Kramfors
Brand, tank ej påverkad	Buss	CNG	2016-11-23	Trondheim, Norge
Brand, tank ej påverkad	Buss	CNG	2016-12-17	Trondheim, Norge
Explosion	Sopbil	CNG	2017-06-07	Helsingborg
Brand, jetflamma	Sopbil	CNG	2017-07-07	Östersund
Brand, gasutsläpp	Lastbil	LNG	2017-10-16	Massenhoven, Belgien
Explosion	Sopbil	CNG	2018-08-09	Skara

32. Markus Egelhaaf, Martin Hitzemann och Dieter Wolpert, “Investigation of a LPG Tank Rupture During a Car Fire”, Proceedings from 4th International Conference on Fires in Vehicles – FIVE 2016, Petra Andersson och Björn Sundström (red.), s. 107–116, 2016, Baltimore.

33. Se exempelvis Gargi Bhattacharjee, Saurav Bhattacharya, Sudarsan Neogi och Sudip Kumar Das, “CNG cylinder burst in a bus during gas filling – lesson learned”. Safety science, vol 48, nr. 10, 2010, s. 1516–1519.

Händelse	Fordon	Bränsle	Datum	Plats
Gasutsläpp	Sopbil	CNG	2018-10-22	Skövde
Brand, jetflamma	Buss	CNG	2019-05-28	Malmö
Brand, jetflamma	Buss	CNG	2019-03-10	Stockholm

3.4.1 Explosion av gastank

3.4.1.1 2016-01-26 Brand med efterföljande explosion i Sopbil, Hamilton, New Jersey[34]

En brand startar i ett batteri i sopbilen och sprider sig så att den påverkar tankarna med fordonsgas (CNG). Trots att övertrycksanordningar aktiveras, med jetflammor som följd, exploderar en av de fyra fordonsgastankarna vilket leder till skador på fyra närliggande byggnader.

3.4.1.2 2016-06-17 Tryckkärlsexplosion personbil, Borås[35]

En tryckkärlsexplosion inträffade vid en tankstation då en personbil byggd för LPG (30 bar) tankades med CNG (230 bar). När räddningstjänstens personal kom till platsen genomfördes inledningsvis avspärrning och nödstopp på tankstationen. Därefter omhändertogs skadade och slutligen användes en gastracker för att säkerställa att inget läckage fanns på gasstationen.

Några slutsatser som rörde insatsens genomförande var riskavståndet. Fordonsdelar hittades upp till 40 meter från fordonet. Räddningsfordonen ställdes upp på ett avstånd om 20 meter från anläggningen trots att det inte säkerställts att det inte var något läckage. Det konstaterade riskavståndet för anläggningen var 100 meter. Vidare saknades personlig utrustning för indikering av explosiv miljö som en säkerhetshöjande åtgärd för räddningspersonal som arbetar i den heta/varma zonen.

3.4.1.3 2016-07-04 Tryckkärlsexplosion personbil, Göteborg[36]

Den främre gastanken (CNG) på en Volkswagen Touran EcoFuel exploderade i samband med tankning. Orsaken till olyckan var troligtvis korrosion på tankarna. Volkswagen återkallade fordonsmodellen efter denna händelse. En liknande händelse inträffade med en VW Touran i Tyskland i september 2016[37].

34. Kristin Musilin, “UPDATE: Investigators determine faulty battery caused CNG truck explosion in NJ”, wastedive.com, 2 februari 2016, https://www.wastedive.com/news/update-investigators-determine-faulty-battery-caused-cng-truck-explosion-i/412842/, hämtad 20 december 2019.

35. Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, Kärlsprängning gasoltank personbil, 2016, https://rib.msb.se/Filer/pdf/28328.pdf, hämtad 16 december 2019.

36. Gasnätet Stockholm, VW återkallar gasbilar efter tankexplosion, 2016, https://www.gasnatetstockholm.se/nyheter/nyheter-2016/2016-07-08-vw-aterkallar-gasbilar-efter-tank-explosion/, hämtad 30 januari 2019.

37. Bertel Schmitt, Reports of Volkswagen Cars Exploding in European gas stations. September 2016, https://www.forbes.com/sites/bertelschmitt/2016/09/16/europe-volkswagen-cars-explode-in-gas-stations/, hämtad 10 februari 2020.

3.4.1.4 2016-07-12 Explosion av gasbuss, Göteborg[38]

En brand utbröt i taket på en gasbuss (CNG). Föraren till bussen genomförde utrymning av bussen samt påbörjade släckförsök. Räddningstjänstens personal var snabbt på plats och identifierade tidigt att det var en gasbuss. Släckningsförsök av den då begränsade branden påbörjades omgående. Branden var svåråtkomlig och olika släckmetoder användes, bland annat ett CAFS-spett för att skumfylla utrymmet där gastankarna var placerade. Efter 30 minuter bedömdes branden vara släckt, men efter 38 minuter exploderar en gastank och skadade två brandmän.

Olycksundersökningen angav att orsaken till explosionen var högt tryck i tanken och en försvagad mantel. Smältsäkringarna hade troligtvis kylts lokalt av CAFS och därför inte kunnat utlösa. Händelsen väckte frågan kring vilken släckmetod som ska användas vid släckning av gasfordon. Vidare tog rapporten upp riskavstånd. En medvetenhet fanns hos personalen kring jetflammor från gasbehållare men det tog lång tid innan den övriga trafiken hade stoppats och flera fordon hann passera bussen. Även egen personal och fordon fanns nära den brinnande bussen.

3.4.1.5 2016-09-20 Explosion av Sopbil, Katrineholm[39]

Gastanken (CNG) på en sopbil exploderade spontant under färd utan att antändning skedde. Strömmen i fordonet bröts varvid säkerhetsventiler stängde. Läckage av gas skedde från fordonet och flera tankar bedömdes vara allvarligt skadade varför fordonet inte kunde flyttas. Avspärrning av platsen skedde med ett avstånd av 300 meter. Dagen efter beslutades att de tre tankar som skadats i explosionen skulle skjutas innan fordonet kunde bärgas. Vid beskjutning exploderade en av tankarna medans gasen pös ut i de övriga.
Slutsatser som lyftes upp i rapporten berörde i huvudsak fordonet och dess konstruktion och inte räddningsinsatsens genomförande.

3.4.1.6 2016-11-16 Explosion av personbil, Kramfors[40]

Ägaren till en personbil upptäckte att det brann i bilen som stod parkerad på tomten. Han genomförde en släckinsats och trodde att han lyckats släcka branden. Då han skulle köra till verkstaden började det brinna i bilen på nytt och räddningstjänst larmades. Vid räddningspersonalens framkomst fick de uppgifter om att bilen drevs av biogas (CNG). Fordonet kontrollerades via Crash Recovery System (CRS) för att få mer information om gastankarna men fick då inte fram uppgifter om att det var en hybridbil. Åtgärderna på skadeplats var att påbörja släckförsök med ett riskavstånd på 40 meter. Under tiden släckning pågick skedde en explosion vilken orsakade splitter på ett avstånd på ca 40–50 meter från fordonet. Hur insatsen bedrevs efter explosionen var inte beskrivet.

Slutsatser som dras i olycksrapporten var hur information ska säkerställas på väg fram till fordonet. CRS gav i detta fall flera olika uppgifter och informationen gavs inte av ägaren vid larmsamtalet. Rutiner för hur risker med gasfordon ska hanteras saknades hos personalen på plats och splitter från explosionen visar att det bedömda riskavståndet på 40 meter var för litet. Vidare genomfördes ingen riskbedömning efter att explosionen hade skett för exempelvis bärgare eller olycksutredare.

---

38. Hagberg, Mikael, Lindström, Johan, Backlund, Petter, Olycksutredning: Brand i gasbuss, Diarienummer 0397/16, Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg, 2016.

39. Johan Nordström, Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil : olycksutredning, MSB1099, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017.

40. Emil Brodin, Förenklad olycksutredning: Explosion, gasdriven personbil. Diarienummer: 310.2017.00339, Sundsvall: Medelpads Räddningstjänstförbund, 2017.

3.4.1.7 2017-11-16 Explosion av sopbil, Helsingborg[41]

En sopbil som drevs av biogas (CNG) exploderade vid tankning.

3.4.1.8 2017-11-16 Explosion av sopbil, Skara[42]

En sopbil som drevs av biogas (CNG) exploderade vid tankning. Föraren slogs till marken vid händelsen och fick föras till sjukhus med lättare skador.

3.4.2 Utsläpp

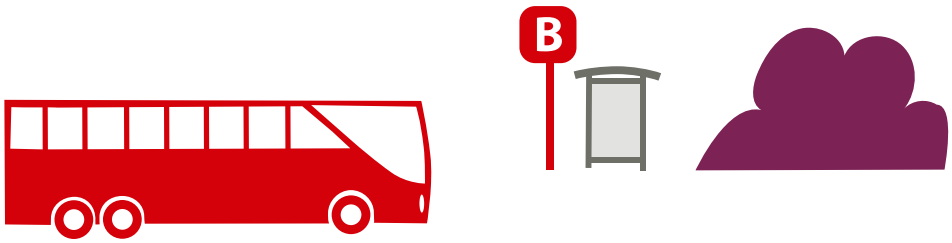
3.4.2.1 2018-10-22 Utsläpp från sopbil, Skövde[43]

Ett löst brunnslock slog sönder en gastank (CNG) till en sopbil. Momentant utsläpp av fordonsgas skedde vilket antändes och gav upphov till en mindre brand i sopbilen. Föraren konstaterade att det brann och larmade räddningstjänsten. Räddningspersonal som kom till platsen släckte den mindre branden och kontrollerade läckage. Branden släcktes innan den fått någon större spridning i fordonet. En nummerplåt från fordonet upphittades i villaträdgård cirka 10 m bort. Säkerhetsventiler på övriga gastankar hade fungerat och förhindrat läckage på icke skadade tankar. Information gavs till fordonsägaren om riskerna med fordonet i samband med att bärgning skedde.

Förslag till åtgärder som presenterades är endast relaterade till fordonets konstruktion. Dock nämndes ökade risker för påverkan på person då gastankar sitter i marknivå istället för på fordonets tak.

3.4.2.2 2018-10-22 Utsläpp från buss, Franeker Nederländerna[44,45]

Olyckan i Franeker i Nederländerna påminde mycket om olyckan i klaratunneln i Stockholm 2013-05-28. En buss körde in i en för låg tunnel varpå sex CNG-tankar slogs loss och landade på marken. Inga skador uppstod på själva tankarna. Tankarnas ventiler skadades dock i samband med kollisionen och ett läckage av CNG uppstod. Ingen antändning av gasen skedde och då räddningstjänsten anlände till platsen hade tankarna i stort sett tömts på sitt innehåll.



41. Autonat, Ännu en gastank på en sopbil har exploderat, http://www.autonaut.se/annu-en-gastank-pa-en-sopbil-har-exploderat/, hämtad 30 januari 2020.

42. SVT, Explosion vid mack i Skara, 2016, https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/explosion-vid-mack-i-skara, hämtad 30 januari 2020.

43. Rasmus Frid, Antänt gasmoln efter läckage från gasdriven sopbil, Diarienummer 2019-001008, Skövde: Räddningstjänsten Östra Skaraborg, 2019.

44. Franeker Courant, Bus met gasflessen rijdt zich klem: enkele straten afgesloten, 2018-12-06, https://franekercourant.nl/artikel/581643/bus-met-gasflessen-rijdt-zich-klem-enkele-straten-, hämtad 27 januari 2020.

45. Ulfsson, B. (2019). CNG propelled buss exploded in central Stockholm – reason unknown. Hämtad 2020-01-27 från https://www.ctif.org/news/cng-propelled-buss-exploded-central-stockholm-reason-unknown.

3.4.3 Brand i fordon

3.4.3.1 2016-11-23 och 2016-12-17 Brand i gasbuss, Trondheim, Norge[46]

Inom mindre än en månad skedde två bränder i bussar som drevs av fordonsgas (CNG) i Trondheim, Norge. I båda fallen genomförde förarna en första släckinsats då de upptäckte att det brann i bussen. De initiala släckförsöken misslyckades och inte heller den automatiska släckutrustningen i motorutrymmet lyckades släcka branden innan räddningstjänsten kom till platsen. I den ena händelsen slog föraren av ström och gastillförsel innan bussen evakuerades. Räddningstjänst och polis kom till platsen efter två respektive tio minuter efter händelserna. Räddningstjänsten släckte bränderna och kunde konstatera att tankarna för fordonsgas inte hade blivit skadade i någon av händelserna. I den ena händelsen upprättade polisen ett säkerhetsområde på 50 meter och påbörjade utrymning av byggnader inom detta.

Den rapport som beskriver dessa händelser har sitt huvudsakligafokus på varför branden inträffade, vilket berodde på LED-lampor i båda fallen. Rapporten konstaterade att fordonsgasen varit tillräckligt skyddad tills räddningspersonal kunnat komma till platsen. Vid den ena händelsen gjordes en riskbedömning och ett säkerhetsområde om 50 meter upprättades. Samma riskbedömning görs inte vid den andra händelsen.

3.4.3.2 2017-10-16 Brand i lastbil, Massenhoven, Belgien[47]

Två lastbilar kolliderade och en brand uppstod i samband med detta. En möjlig orsak till branden beskrevs vara en dieseltank som gått sönder, fordonet drevs av såväl diesel som LNG. Ett mindre läckage uppstod även på en tank med LNG. Räddningspersonalen som kom till platsen hanterade branden initialt på vanligt vis då tanken med fordonsgas först inte uppmärksammades. När den väl gjorde det tillkallades experter med kunskap och verktyg för att kunna hantera detta. I väntan på att experterna skulle anlända spärrades vägen av och släckning skedde med vattenkanon och skum. Även sensorer för gasdetektion användes för att identifiera läckaget. Att kunskap saknades om fordonet och hur LNG skulle hanteras gjorde bland annat att vägen där olyckan skedde behövde vara avspärrad längre än nödvändigt, vilken gav samhällsekonomiska kostnader.

Olycksundersökningen angav i huvudsak åtgärdsförslag riktade mot tillverkaren, som att ha märkning av lastbilen och tillgängliga experter för stöd vid hantering av olyckor. Vidare ansågs det att tillverkarna skulle erbjuda utbildning om sina fordon till räddningspersonalen.

3.4.3.3 2017-07-07 Brand i sopbil, Östersund[48]

En biogasdriven (CNG) sopbil började brinna efter vägen. Föraren tog sig ur och larmade räddningstjänst. Innan räddningstjänstens framkomst togs beslutet att stänga av vägen. Räddningstjänstens personal stannade 150 meter innan fordonet

46. Accident Investigation Board Norway. Report on fires in gas-powered buses in Horvegen, Ranheim, Trondheim on 17 december 2016 and at Flatåstoppen, Trondheim on 23 November 2016. REPORT Road 2017/04, Lilleström Norge: Accident Investigation Board Norway, 2017.

47. Vollmacher, Kurt och Van Esbroeck, Tom, Accident involving LNG Truck, https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-09/Retex%20LNG%202018%2006%2006%20ENG-reduced%20size.pdf, hämtad 9 januari 2020.

48. Pär Liljekvist, Brand i gasdriven sopbil Östersund 2017, [powerpoint], https://rib.msb.se/dok.aspx?Tab=2&dokid=28666, hämtad 5 februari 2020.

för att försäkra sig om att vägen var avspärrad. Två personer närmade sig fordonet full påklädda med skyddsutrustning. Beslut togs att inte närma sig fordonet utan hålla avståndet och låta fordonet brinna ut till följd av risker för explosion och flygande föremål. Då fordonet nästan brunnit ut skedde släckning med vattenkanon från tankfordon och slutligen med CAFS och skärsläckare där kanonen inte kom åt. Slutligen säkerställdes att inget läckage av gas fanns med hjälp av värmekamera och explosimeter så att bärgning kunde ske.

Slutsatser som dragits av händelsen var att tänka säkerhet i första hand, nyttja explosimeter i tidigt skede samt att fastställa riskzoner och skyddsnivå.

3.4.3.4 2019-03-10 Brand i gasbuss, Stockholm[49]

En buss med gastankar (CNG) på taket körde in i en för låg tunnel. Gastankarna på taket slets loss och ett gasmoln (9 meter högt och 7 meter brett) antändes. En gasflaska flög in i fasaden på byggnaden framför bussen. Räddningspersonal som larmades sökte information om drivmedel för bussen. Befäl på plats gjorde bedömningen att det var utläckande gas som brann och inriktade insatsen på att skydda intilliggande byggnader med CAFS. Räddningspersonal upplevde dock oro att arbeta vid bussen då det vid ett tillfälle exploderade en luftbälg på bussen.

Slutsatserna som lyftes fram var endast relaterade till trafikmiljön och bussbolagets rutiner och förarutbildning[50]. Den riskbedömning som gjordes baserades på att gasflaskorna på bussen tömdes och att gasen då brann upp varför skydd av byggnader kunde göras relativt säkert. Dock kvarstod risker med tryckkärl och oljebehållare som kunde rämna vilket bör beaktas av personal på plats.

3.4.3.5 2019-05-28 Brand i gasbuss, Malmö[51]

Vid räddningstjänstens framkomst var gasbussen (CNG) övertänd och gasbehållarnas säkerhetsventiler hade utlösts. Ett riskområde spärrades av och släckning påbörjades. Avspärrningen upphävdes när det konstaterades att gasbehållarna inte längre utgjorde någon risk.

3.5 Vägledningar

Detta avsnitt beskriver några vägledningar och metodikbeskrivningar från ett flertal olika länder för hur insatspersonal ska hantera olyckor med gasfordon. Varje lands vägledning beskrivs sammanfattande.

3.5.1 Sverige

I Sverige har ett flertal olika rekommendationer och handböcker tagits fram för hur räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon bör gå till. Därtill finns generella rekommendationer för räddningsinsatser vid olyckor med gaser som är tillämpliga även vid olyckor med gasfordon.

Den första rapport som påträffats som innehåller rekommendationer för olyckor

49. Anders From och Georg Wiberg, Kompletterande händelserapport – Brand i biogasbuss, Dnr: 360-277/2019, Stockholm: Storstockholms brandförsvar, 2019.

50. SVT Nyheter, Flera brister bakom bussexplosionen i Stockholm, https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/flera-brister-bakom-bussexplosion-i-stockholm-city, hämtad 15 oktober 2019.

51. Räddningstjänsten Syd, Brand i buss, maj 2019, https://www.rsyd.se/om-oss/press/Pressmeddelanden-larm/2019/brand-i-buss-vastra-varvsgatan-malmo/, hämtad 9 januari 2020.

med gasfordon[52] är från 2011. Rapporten innehåller rekommendationer för hur en insats bör genomföras vid kollision och brand. Vid kollision rekommenderas att det initialt identifieras om fordonet är ett gasfordon. Detta kan göras genom att titta på tanklocket för att se om fordonet har påfyllningsanordningar för gas eller genom att söka på fordonets registreringsnummer på Transportsstyrelsens webbplats. Om fordonet identifieras som ett gasfordon ska motorn stängas av om den är igång. Om ett gasläckage identifierats ska skadade personer evakueras så fort som möjligt och därefter ska gasen få läcka ut ur tanken till dess att tanken är tom. I samband med losstagning av skadade ska räddningspersonalen undvika att klippa i fordonets underrede (inkl. under dörrarna)[53]. I samband med brand i gasdrivna fordon är rekommendationen att branden ska släckas på vanligt sätt om det inte brinner i anslutning till gasflaskorna. Om det har brunnit i anslutning till gasflaskorna finns risk för att en smältsäkring har löst ut och i sådana fall är det bättre att låta gasen brinna ut under kontrollerade former än att släcka branden. Rekommenderat riskavstånd för en brinnande gasbil är 50 meter[54].
2014 gavs en rekommendation ut från MSB som berör hur metangasdrivna fordon bör hanteras vid olycka[55]. Rekommendationen är desamma som i rapporten från 2011 men ett tillägg har gjorts avseende hur gasledningarna är dragna i bussar samt att smältsäkringarna på gasflaskorna i bussar kan vara riktade åt sidan och att jetflamman därmed kan gå horisontellt från flaskorna.

2015 gavs ytterligare en rekommendation ut från MSB som rör riskerna med insatser vid bränder i fordonsgasdrivna personbilar[56]. I rekommendationen konstateras att faran för tryckkärlsexplosioner vid brand i fordonsgasdrivna bilar är försumbar. I rekommendationen anges riskavståndet för jetflammor från gastankarnas smältsäkringar till sex meter. Samtidigt påpekas att olika tillverkare har olika riktning på utloppen från smältsäkringar men att de vanligtvis inte är riktade framåt. Om fordonet har varit utsatt för krockvåld kan detta leda till oförutsedda riktningar på jetflamman.

2016 publicerades en handbok från MSB avseende räddningsinsatser med gasdrivna personbilar[57]. Rekommendationerna i handboken är uppdelade på de olika händelserna: (a) kollision med gasbil inblandad, (b) brand i personbil utomhus och (c) brand i personbil inomhus. För de två scenarierna med brand finns dessutom tre undervarianter beroende på om det är brand i motorrummet samt brand i kupén med eller utan jetflamma från gastank.

Vid kollision med gasbil inblandad rekommenderas att det initialt fastställs vilket drivmedel fordonet har. Olika typer av datorstöd och mobilapplikationer rekommenderas för detta. Även kontroll av anslutningar innanför tanklocket rekommenderas som ett led i att fastställa fordonets drivmedel. Då drivmedlet har fastställts ska riskbedömning och fastställande av riskområde genomföras. Om fordonet drivs med gas rekommenderas att het zon tillämpas inom ett område 10 meter

52. Dan Wargclou (red.), Räddning vid trafikolycka – personbil, MSB209, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011.

53. Ibid.

54. Ibid.

55. MSB, Metangasdrivna fordon: Rekommendationer vid olycka, MSB731, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2014.

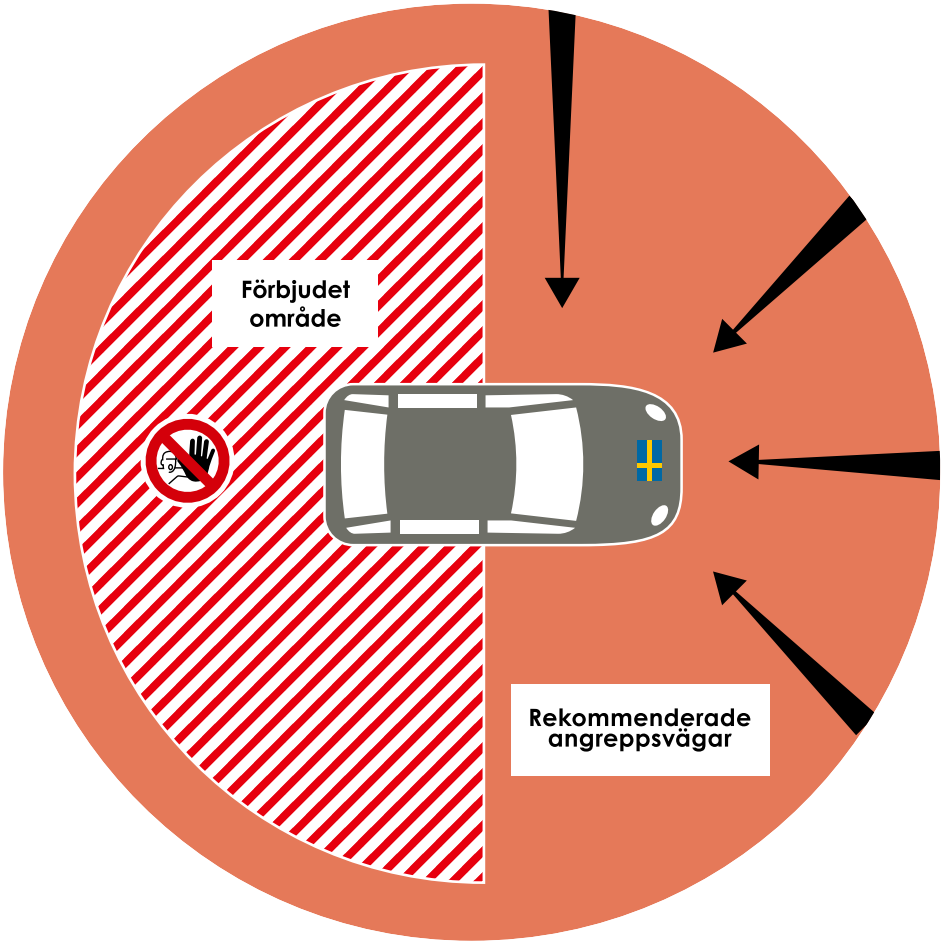
56. MSB, Brand i fordonsgasdriven personbil: Risker vid insatser, MSB900, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.

57. MSB, Räddningsinsatser med gasdrivna personbilar, MSB984, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2016.

från fordonet och varm zon till ett område 15 meter utanför den heta zonen. I het zon ska branddräkt, tryckluftsapparat och explosimeter bäras. Eventuell elektrisk utrustning (radio, belysning) ska vara ex-klassad. I varm zon bör branddräkt och tryckluftsapparat bäras. Öppna lågor eller gnistbildande verksamhet får inte förekomma i varm zon. Vid livräddning inom het zon rekommenderas att fordonet närmas framifrån och att gasindikering görs i högpunkter under bakvagnen samt i kupén och motorrummet. Om det är gasfritt i motorrummet rekommenderas att strömmen till fordonet bryts innan dörrar till kupén öppnas. Vid eventuellt läckage rekommenderas att gasen får strömma ut och att fordonet överlämnas för bärgning när inget ytterligare läckage kan indikeras.

Vid brand i personbil utomhus varierar rekommendationerna något beroende på om det brinner i motorrummet eller i kupén samt om det brinner en jetflamma från gastankarna. I korthet består dock den rekommenderade metoden av följande steg: Inledningsvis genomförs riskbedömning och en zonindelning med bestämmelser om vilken skyddsutrustning som ska användas i vilken zon. Tabell 6 visar den zonindelning som MSB rekommenderar . Beroende på scenario rekommenderas att räddningspersonalen avancerar mot den brinnande personbilen antingen framifrån, snett framifrån, från den sida där tanklocket inte är placerat eller ovanifrån, i de fall marken lutar (Figur 2). Vid brand i kupén där jetflamma inte brinner från gastanken är vidare rekommendationen att inte vistas bakom fordonets B-stolpe. Därefter rekommenderas att släckning görs med vattendimma, spridd vattenstråle, pulver eller koldioxid beroende på scenario. Släckningen rekommenderas att ske framifrån eller snett framifrån beroende på scenario. I de fall det brinner en jetflamma från tankarna rekommenderas att denna inte släcks. Vid brand som involverar kupén rekommenderas att gastankarna kyls och för de fall det inte brinner någon jetflamma från tankarna rekommenderas att dessa fortsätter att kylas även efter att branden har släckts. När branden har släckts rekommenderas i de flesta fall att en kontroll görs bakom fordonets tanklock för att se om fordonet har anslutningar för fyllning av gas. Om fordonet är ett gasfordon bör undersökning av eventuella läckage göras genom att personalen lyssnar efter pysande ljud samt använder explosimeter. Därefter görs kontroll av om det finns explosiv gasblandning vid batteriet och om så inte är fallet görs fordonet strömlöst. När inget läckage längre kan indikeras tas zonindelningen bort och fordonet överlämnas för bärgning.

Figur 2. Insatspersonalen bör enligt MSB:s rekommendationer för personbilar[58] närma sig fordonet framifrån, snett framifrån eller från den sida där tanklocket inte är placerat beroende på scenario. Insatspersonalen bör inte vistas bakom B-stolparna enligt samma rekommendation.



Rekommendationerna för brand i personbil inomhus liknar rekommendationerna för brand i personbil utomhus men de rekommenderade avstånden för het och varm zon samt vilken skyddsutrustning som bör användas skiljer sig. Dessutom rekommenderas att så många öppningar i byggnaden till det fria som möjligt öppnas.

58. MSB. Räddningsinsatser med gasdrivna personbilar.

Tabell 6. Rekommenderade avstånd för het och varm zon samt rekommenderad skydds-utrustning[59] vid olika brandscenarier. * Om fordonet står i en lutning rekommenderas att avståndet ökas till 100 meter i backens fallriktning.

	Het zon		Varm zon	
Typ av brand	Avstånd	Skydds-utrustning	Avstånd	Skydds-utrustning
I motorrummet, utomhus	10 m	Branddräkt och tryck-lufts-apparat	-	-
I kupén, ingen jetflamma från gastankar, utomhus	50 m (100 m)*	Branddräkt och tryck-lufts-apparat, aktiva hörselskydd	25 m utanför het zon	Branddräkt och skydds-glasögon
I kupén, med jetflamma från gastankar, utomhus	50 m (100 m)*	Branddräkt och tryck-lufts-apparat	-	-
I motorrummet, inomhus	Oftast hela byggnaden	Anges ej	-	-
I kupén, ingen jetflamma från gastankar, inomhus	50 m från byggnadens ytterväggar	Inomhus i splitterskyddat fordon som tål värme, luftstötvåg och fallande bjälklag. Branddräkt, tryckluftsapparat och aktiva hörselskydd.	25 m utanför het zon	Branddräkt och skydds-glasögon
I kupén, med jetflamma från gastankar, inomhus	50 m från byggnadens ytterväggar	Branddräkt och tryck-lufts-apparat	25 m utanför het zon	-

3.5.2 Storbritannien

I Storbritannien finns en nationell vägledning[60] för hur insatspersonalen bör agera vid olyckor med fordon som drivs med alternativa bränslen. I vägledningen rekommenderas att arbetet bedrivs i stegen *identifiera, immobilisera, isolera samt stabilisera och skapa tillträde* (eng. *identify – immobilise, isolate, stabilise and access).*

All insatspersonal bör utgå från att ett fordon som är inblandat i en olycka drivs med alternativa bränslen tills motsatsen har konstaterats.

Befälet ansvarar för att *identifiera* om fordonet drivs med ett alternativt bränsle samt kommunicera resultatet av identifieringen till samtliga aktörer på olycksplatsen. Om fordonet drivs med ett alternativt bränsle ska befälet även meddela vilken särskild typ av risk som bränslet innebär samt informera om var på fordonet denna risk finns. Om det behövs ska befälet låta märka ut fordonet för att göra andra aktörer uppmärksamma på farorna med fordonet.

Immobiliseringen inleds initialt med att kontrollera i vilken position som tändnyckel, växelväljare och parkeringsbroms står i. Det bör även undersökas var tändnyckeln finns och i vilket läge andra relevanta reglage står i. Därefter bör tillverkarens anvisningar användas för att immobilisera fordonet. Det bör övervägas

59. MSB. Räddningsinsatser med gasdrivna personbilar.

60. National Operational Guidance. Hazard – Roadways: Alternative fuel vehicles, https://www.ukfrs.com/guidance/search/roadways-alternative-fuel-vehicles, hämtad 21 november 2019.

om fordonet ska immobiliseras genom att tändningen slås av eller genom användning av särskilda avstängningsreglage (huvudströmbrytare, servicebrytare m.m.). Åtgärder som vidtas för immobilisering ska dokumenteras för att underlätta den efterföljande olycksundersökningen.

I fasen *isolering* isoleras bilens bränsle och framdrivningssystem genom att tändningen slås av och nycklar tas ur fordonet. Eventuella nödavstängningar på fordonet aktiveras. För bränslecellsfordon gäller att särskilda isolerande handskar bör användas när åtgärder görs på högspänningsdelarna av elsystemet. I övrigt bör bränslesystemet isoleras genom att tillverkarens anvisningar följs.

I fasen *Stabilisera och skapa tillträde* behöver räddningsledaren ta hänsyn till bränsleledningar och eventuella starkströmsledningar. Detta i samband med att fordonet stabiliseras, tillträde till skadade skapas och i samband med eventuellt losstagningsarbete.

3.5.3 USA

I USA har National Fire Protection Association (NFPA) publicerat vägledningar[61, 62, 63, 64] för hur insatspersonal bör agera vid olyckor med gasdrivna fordon. NFPA rekommenderar att utgångspunkten för insatspersonalen bör vara att betrakta alla fordon som fordon med alternativa bränslen (gas och el) till dess att motsatsen har säkerställts. Vidare bör gastankar i gasfordon och starkströmsbatterier i bränslecellsfordon alltid betraktas som trycksatta respektive laddade även om eventuella tryckavlastningssystem har aktiverats. NFPA rekommenderar även att arbetet vid alla typer av olyckor med fordon bedrivs enligt principen *identifiera – immobilisera – inaktivera* (eng. *identify – immobilize – disable)*.

Identifieringen syftar till att ta reda på om fordonet drivs med någon form av alternativt bränsle (gas eller el). Insatspersonalen bör i identifieringsfasen närma sig fordonet i 45° vinkel (Figur 3)[65]. Detta ger ett skydd om fordonet av någon anledning kommer i rörelse men även ett visst skydd mot tryckkärlsexplosioner och jetflammor. Indikeringsinstrument för brandfarlig gas (explosimetrar) bör kontinuerligt användas för att säkerställa att ett läckage inte har inträffat och lett till brännbar gas-/luftblandning.

61. NFPA. Gaseous fuel vehicle safety training program: Student manual. Quincy, Ma: National Fire Protection Association. 2015.

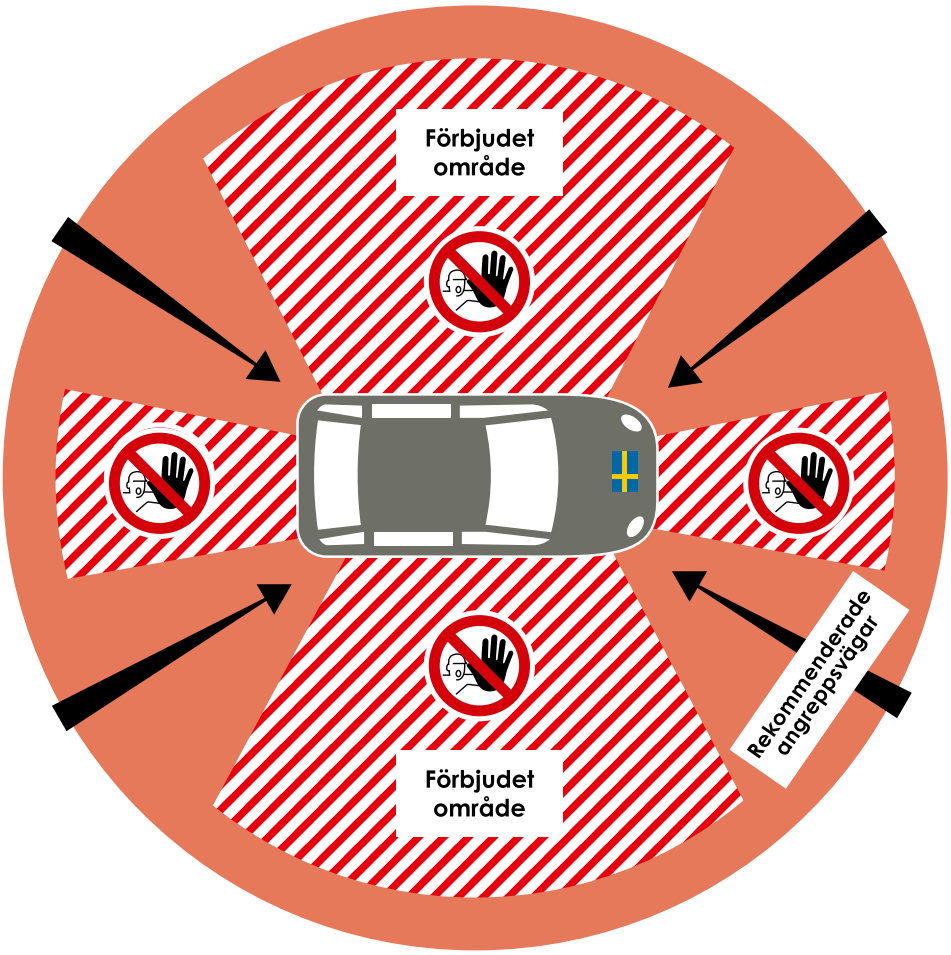
62. NFPA. Free alternative fuel vehicle safety training for crash reconstruction operators, https://www.nfpa.org/Training-and-Events/By-topic/Alternative-Fuel-Vehicle-Safety-Training/Crash-reconstruction-training, hämtad 18 november 2019.

63. NFPA. Free alternative fuel vehicle safety training for tow operators, https://www.nfpa.org/Training-and-Events/By-topic/Alternative-Fuel-Vehicle-Safety-Training/Tow-operator-training, hämtad 18 november 2019.

64. NFPA. NFPA's alternative fuel vehicles safety training program: Emergency field guide 2015 edition. Quincy, Ma: National Fire Protection Association. 2015.

65. Rekommendationen återfinns även i: Hansen. Firefighter Near Miss: Auto Fire with Compressed Natural Gas (CNG) Fuel Tank Explosion. Seattle, WA: City of Seattle Fire Department. 2007.

Figur 3. Insatspersonalen bör enligt rekommendationerna från NFPA närma sig fordonet i 45° vinkel då detta ger ett visst skydd om en jetflamma eller tryckkärlsexplosion skulle inträffa samtidigt som det ger ett skydd om fordonet kommer i rullning.



NFPA rekommenderar att följande källor används för att ta reda på vilket bränsleslag som fordonet drivs med:

- Externa indikatorer på fordonet, exempelvis modellnamn, emblem, dekaler.
- Indikatorer i fordonets förarmiljö, exempelvis bränslemätare för gas.
- Databassökningar med utgångspunkt i fordonets märke, modell och årsmodell.
- Uppgifter från förare eller passagerare.

Immobilisering görs i syfte att förhindra att fordonet kommer i rörelse och omfattar stabilisering av fordonet så att det inte kan komma i rullning alternativt, om det ligger på sida, inte kan välta.

Inaktivering omfattar åtgärder som görs för att minska riskerna med fordonets framdrivningssystem. Detta görs genom att slå av tändningen och avlägsna fjärrkontrollen/tändnyckeln minst 5 meter från bilen (gäller nyckellösa system), ansätta parkeringsbroms samt lägga växelväljaren i parkerings- eller neutralläge. I inaktiveringen ingår även att avlägsna anslutningen till 12/24-voltsbatteriets negativa pool alternativt i de fall detta inte är möjligt klippa av den negativa batterikabeln. Om möjligt bör eventuella manuella gasventiler stängas. För bränslecellsfordon gäller dessutom att dessa bör hanteras på samma sätt som el- och elhybridfordon ur

elsäkerhetssynpunkt. Detta innebär att tillverkarens rekommendationer bör följas avseende om servicebrytare eller motsvarande till fordonets starkströmssystem ska brytas eller ej vid en olycka. Kontrollera var gastankar och gasledningar är placerade på fordonet (för bränslecellsfordon även var starkströmsledningarna och batterierna är placerade) och om dessa kan ha påverkats av olyckan.

Innan bärgning av gasdrivna fordon behöver det säkerställas att gastankarna inte skadats. Detta görs lämpligen genom gasindikering. Om gastankarna är skadade eller har varit involverade i en brand behöver fordonet undersökas av särskilt utbildad personal för att säkerställa att fordonet kan flyttas på ett säkert sätt, alternativt kan gastankarna tömmas genom exempelvis avfackling. Efter att fordonet lastats på bärgningsbil är det lämpligt att räddningstjänsten gör en sista kontroll med explosimeter för att säkerställa att läckage inte har uppstått.

NFPA lämnar även en del ytterligare rekommendationer beroende på vilken gas fordonet drivs med:

Vid brand i fordon som drivs med *komprimerad naturgas* (CNG) poängterar NFPA särskilt att gastankar av kompositmaterial aldrig får kylas om de är utsatta för brand. Om flaskorna kyls finns nämligen en risk för att flaskornas smältsäkring sätts ur spel vilket kan resultera i att tankarna exploderar.

För *bränslecellsbilar som drivs med vätgas* rekommenderas vid brand att förstärkning med vattenenhet eller extra räddningsenhet begärs på ett tidigt skede då fordonets batterier kan kräva stora mängder vatten för släckning samtidigt som det finns risk för återantändning om batterierna involverats i branden. I de fall fordonet inte brinner är det viktigt att beakta att vätgas är en färg-, lukt- och smaklös gas vilket innebär att ett läckage kan vara svårt att upptäcka. Det finns även risk för att personal (eller andra personer) kommer farligt nära brinnande vätgas då gasen brinner med en svagt blå låga som kan vara svår att upptäcka samtidigt som det inte bildas något sot vid förbränningen vilket gör att värmestrålningen från en vätgasflamma är låg.

Vidare bör bränslecellsfordon (liksom alla el- och elhybridfordon) bärgas med drivhjulen upplyfta eftersom det regenerativa bromssystemet annars kan orsaka varmgång och brand. Bränslecellsbilar som varit inblandade i en olycka bör vidare parkeras utomhus eftersom det finns risk för läckage av gas eller termisk rusning i fordonets batterier om dessa har skadats vid en olycka.

För *fordon som drivs med LNG* är det viktigt att tänka på att gasen är färg-, lukt- och smaklös. Detta gör att ett läckage oftast är lättast att upptäcka genom den frostbildning som kan uppstå vid läckagestället och den fukt i luften som kondenserar på grund av den låga temperaturen. Tankar för LNG är i regel mycket välisolerade vilket innebär en låg risk för tryckökning i tanken vid brand. LNG-fordon har trycksäkringsventiler som öppnar (och stänger) för att släppa ut gas även vid normal användning. Detta sker om trycket i tanken blir för högt till följd av en temperaturstegring i vätskan vilket bland annat kan ske om fordonet är parkerat en längre tid utan att användas.

För *fordon som drivs med LPG* (gasol) är det viktigt att tänka på att LPG är en gas som är tyngre än luft vilket gör att den inte späds ut lika fort i luften som CNG, LNG och vätgas detta gör att riskavstånden vid läckage utan brand är längre än för de andra gaserna. Vidare kan LPG ansamlas i lågpunkter varför det är viktigt att försöka förhindra att gasen sprider sig till dagvattenbrunnar och liknande. Bränder i LPG-fordon kan släckas på samma sätt som bränder i vanliga fordon. Gastankar i LPG-fordon bör kylas vid brand för att minska sannolikheten för en BLEVE.

3.5.4 Nederländerna

Några nationella vägledningar har inte hittats i Nederländerna, men Brandförsvaret i Haaglanden har tagit fram ett antal insatskort som stöd för insatser vid olyckor med gasfordon. Dessa insatskort beskriver rekommenderade åtgärder vid olika typer av olyckor.

3.5.4.1 Olyckor med bussar som drivs med CNG

Insatskortet[66] för bussar som drivs med CNG rekommenderar att gascylindrar inte ska kylas i händelse av brand. Orsaken till detta är att kylning kan resultera i explosionsrisk i och med att det finns en risk för att smältsäkringar oavsiktligt kyls. I en annan Nederländsk rapport som tagits fram på uppdrag av det Nederländska brandförsvaret rekommenderas dock att gastankar ska kylas i händelse av brand för att förhindra att de värms upp[67].

De Nederländska insatskorten och rapporten upplyser vidare om att det, när en smältsäkring löser ut, finns risk för en 15–20 meter lång jetflamma. Insatskorten[68] varnar för att jetflammor ofta är riktade horisontellt och kan uppstå på båda sidor av bussar då gastankarna är utrustade med smältsäkringar på båda sidor. Rekommenderad metod för att identifiera gasbussar är, enligt insatskortet, genom att se efter om bussen har den speciella takkonstruktion som kännetecknar fordonsgasbussar eller om det finns dekaler med CNG-märkning.

Vid *läckage från gasbussar* rekommenderas att räddningsstyrkan ställer upp räddningsfordonen 25 meter från bussen med vinden i ryggen. Räddningspersonalens personliga skyddsutrustning bör omfatta branddräkt, tryckluftsapparat och explosimeter. Initiala åtgärder är att evakuera bussens passagerarare och spärra av området. Därefter rekommenderas att bussens huvudströmbrytare slås av. Vid läckage på högtrycksledningar för gas rekommenderas även att manuella gasavstängningar stängs.

Vid *brand i en gasbuss* rekommenderas att räddningspersonalen närmar sig bussen framifrån eller bakifrån. Initialt bör en evakuering av passagerarna och avspärrning av riskområdet göras. Därefter bör tändningen slås av inne i bussen och även batteriets huvudbrytare. Om branden är inne i bussen släcks den som en vanlig bussbrand. Om branden har spridit sig till taket på bussen rekommenderas att branden inte släcks på grund av risken för kylning av smältsäkringar vilket kan leda till explosion. Om gascylindrarna brinner (även vid jetflamma från cylindrarnas tryckavlastning) rekommenderas en defensiv insats och att gascylindrarna får brinna ut av sig själva.

3.5.4.2 Olyckor med fordon som drivs med LNG

Insatskortet[69] för olyckor med fordon som drivs med LNG rekommenderar att räddningspersonalen bär branddräkt, tryckluftsapparat och explosimetrar som personlig skyddsutrustning. Därtill bör värmekamera finnas tillgänglig.

Insatspersonalen och räddningsfordonen rekommenderas att befinna sig med vinden i ryggen i förhållande till det olycksdrabbade fordonet. Eftersom LNG

66. Brandweer Haaglanden. (Rijdende) Aardgasbus [IP 323]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

67. Jaap Molenaar, Manon Oude Wolbers, Frans van der Veen, och Mariëlle Meessen, Brandweeroptreden bij incidenten met moderne voertuigen. Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid. 2016.

68. Brandweer Haaglanden. (Rijdende) Aardgasbus [IP 323]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

69. Brandweer Haaglanden. Vloeibaar gekoeld aardgas: LNG (-160°) [IP 105]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

när den förgasas fortfarande är mycket kall är den tyngre än luft i anslutning till läckagestället, detta innebär att kalla gasmoln kan stanna nära marken. Hänsyn måste därför tas till eventuella lutningar i terrängen när riskområdet fastställs. Mobiltelefoner och radioapparater bör endast användas i områden där det säkerställts att det inte finns explosiv gas-luftblandning för att minska risken för antändning.

Vid en brand i utsläppt LNG ska branden inte släckas men omgivningarna bör hållas blöta. Det är viktigt att trycksäkringsventilerna på LNG fordon hålls fria och inte blockeras exempelvis genom att vatten från brandsläckning fryser i trycksäkringsventilernas öppningar.

Om *utsläpp av gas sker från fordonets trycksäkringsventiler* i samband med tankning ska tankstationens nödstopp tryckas in. Detta förhindrar inte fortsatt utsläpp från fordonet utan detta kommer att fortsätta att ske till dess att trycket i fordonet åter är på en säker nivå. Kontrollera omgivningarna med explosimeter. Om utsläppet från trycksäkringsventilerna antänds ska det inte släckas utan ska tillåtas att brinna ut av sig själv. Släck eventuella bränder i omgivningarna och övervaka samt vid behov kyl omgivningarna.

Om *utsläpp av gas sker från annan plats än fordonets trycksäkringsventiler* rekommenderas att nödstopp trycks in om fordonet tankas. Eventuella bränder i omgivningen bör släckas och omgivningen bör skyddas mot eventuell brandspridning. Därefter rekommenderas att omgivningen kontrolleras med explosimeter för att fastställa om det förekommer explosiv gas-luftblandning och att eventuella tändkällor avlägsnas. Rekommendationerna lyfter särskilt fram att det är viktigt att inte spola vatten på pölar med LNG eftersom detta kan leda till en mycket snabb övergång till gasfas med ett potentiellt explosionsliknande fenomen som följd[70].

Vid *brand i fordon som drivs med LNG* rekommenderas att tankstationens nödstopp trycks in om fordonet tankas, att bränder i anslutning till LNG-tankar släcks samt att tankarna kyls om de är utsatta för strålningsvärme. Eventuell brinnande LNG ska inte släckas. Insatspersonalen uppmanas vara uppmärksam på eventuella tändkällor i omgivningarna.

3.5.4.3 Olyckor med bränslecellsfordon

Insatskortet[71] som beskriver åtgärder vid olyckor med fordon som drivs med bränsleceller innehåller i stort samma rekommendationer som för gasfordon. Som komplement till dessa rekommendationer anges att det är lämpligt att använda värmekamera för att observera eventuell förbränning av vätgas och användning av explosimeter för att uppmärksamma eventuella läckage.

Vid *läckage av vätgas* (oavsett om vätgasen antänts eller ej) från bränslecellsfordon rekommenderas att:

- insatsen görs med vinden i ryggen,
- att en kontroll görs i CRS för att konstatera om fordonet drivs av vätgas,
- att räddningspersonalen förbereder sig genom att ta på andningsskydd,
- att värmekamera används för att observera eventuell värmeutveckling/brand,
- att personer i omgivningarna varnas och evakueras,
- att det fastställs om det är ett läckage med eller utan brand,
- att tändkällor undanröjs.

70. Molenaar et al. Brandweeroptreden bij incidenten met moderne voertuigen.
71. Brandweer Haaglanden. Voertuigen op Waterstof (H2) [AK 257]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2016.

Särskilda faror som lyfts fram vid olyckor med bränslecellsfordon är att de är utrustade med ett Li-jonbatteri vilket innebär en risk för skador till följd av elström samt att giftiga ämnen kan bildas vid brand eller att termisk rusning uppstår i batteriet.

I rapporten *brandförsvarets uppträdande vid olyckor med moderna fordon*[72] föreslås följande steg:

- *Identifiering*, vilket innebär att fordonets bränsleslag fastställs.
- Personligt skydd, vilket innebär att det fastställs vilken skyddsutrustning som ska bäras (normalt branddräkt med tryckluftsapparat) samt vilken indikeringsutrustning som ska medföras (explosimeter, värmekamera, IR-temperaturmätare).
- *Orientering*, vilket inleds med att räddningsfordonen ställs upp minst 50 meter med vinden i ryggen från olycksfordonet och att slangsystem byggs upp. Därefter genomförs en orientering för att skapa en bild av hur olycksplatsen ser ut beträffande bland annat skadade och fastklämda personer, om krockkuddar har löst ut, om tändningen är påslagen om det uppstått läckage av gas eller om det brinner på platsen.
- *Stabilisering*, som innebär att fordonets hjul blockeras, att motorn stängs av och nycklarna avlägsnas minst 5 meter från fordonet, att parkeringsbromsen aktiveras, att växelväljaren ställs i neutralläge samt att fordonet stabiliseras så att det inte kan röra sig. Om fordonet står inomhus bör ventilering av utrymmet göras för att förhindra uppbyggnad av brännbar gas-luftblandning. Var uppmärksam på eventuella gasläckor.
- *Angrepp*, görs i huvudsak på samma sätt oavsett bränsleslag. Vid gasfordon påpekas dock vikten av att inte blockera avblåsningsröret från trycksäkringsventilen (t.ex. genom att vattendimma fryser till is). Vid läckage bör dessutom manuella gasventiler stängas. Vid LPG kan provisorisk tätning göras med blöta trasor som sedan fryser till is. Vid brand i takkonstruktionen på CNG bussar bör branden släckas och tankarna kylas (i detta avseende skiljer sig rekommendationerna i rapporten[73] från de rekommendationer som finns i Haaglandens insatskort[74]). Vid jetflamma från trycksäkringsventiler/smältbleck ska flamman inte släckas.
- *Avslut och efterarbete* omfattar rengöring av olycksplatsen, kontrollera eventuell kontaminering av ytvatten, spridning av kompositfibrer samt uppmärksamhet på eventuell (åter) antändning av batteripaket i bränslecellsfordon (upp till 48 timmar efter en brand, upp till tre veckor efter en kollision).

3.5.5 Frankrike

Information om räddningstjänståtgärder i Frankrike vid insatser mot fordon med alternativa bränslen har framförallt hittats i det omfattande materialet[75] från räddningstjänsterna i departementen Vienne och Loire-Atlantique (SDIS86 och SDIS44). I vägledningen finns information om drivmedel och deras olika termiska,

72. Molenaar et al. Brandweeroptreden bij incidenten met moderne voertuigen.

73. Molenaar et al. Brandweeroptreden bij incidenten met moderne voertuigen.

74. Brandweer Haaglanden. (Rijdende) Aardgasbus [IP 323]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

75. SDIS 86, sapeurs-pompiers de la Vienne, Guide Opérationnel Départemental de Référence Interventions d'urgence sur véhicules, https://iuv.sdis86.net/ressources/godr-86-interventions-durgence-sur-vehicules/, hämtad 19 december 2019.

kemiska och mekaniska risker samt räddningstjänstens metoder. Vägledningen innehåller även länkar till videoklipp med exempel på olika moment, händelseförlopp och fenomen. Risker med olika bränslen beskrivs, och speciella aspekter för till exempel bussar som drivs av alternativa bränslen. Det finns även relativt kompletta översättningar till engelska, spanska, finska, italienska (från 2018) och svenska (från 2015).

Metoden som beskrivs för brand i fordon med alternativa bränslen är offensiva och samtidig riktade åtgärder som syftar till att snabbt säkra skadeplatsen, kyla energikällor och släcka fordon. Doktrinen GDO[76] för brand i byggnader bör enligt vägledningen följas även för fordon. Närhelst det är operativt möjligt ska den rekommenderade proceduren följas. Följande moment beskrivs: (1) Rekognoscering, (2) Placering av fordon, (3) Räddning, (4) Etablering, (5) Angrepp, (6) Skydd/Ventilation, (7) Röjning/Övervakning, (8) Säkring av spår och indicier samt (9) Återställning av personal och materiel.

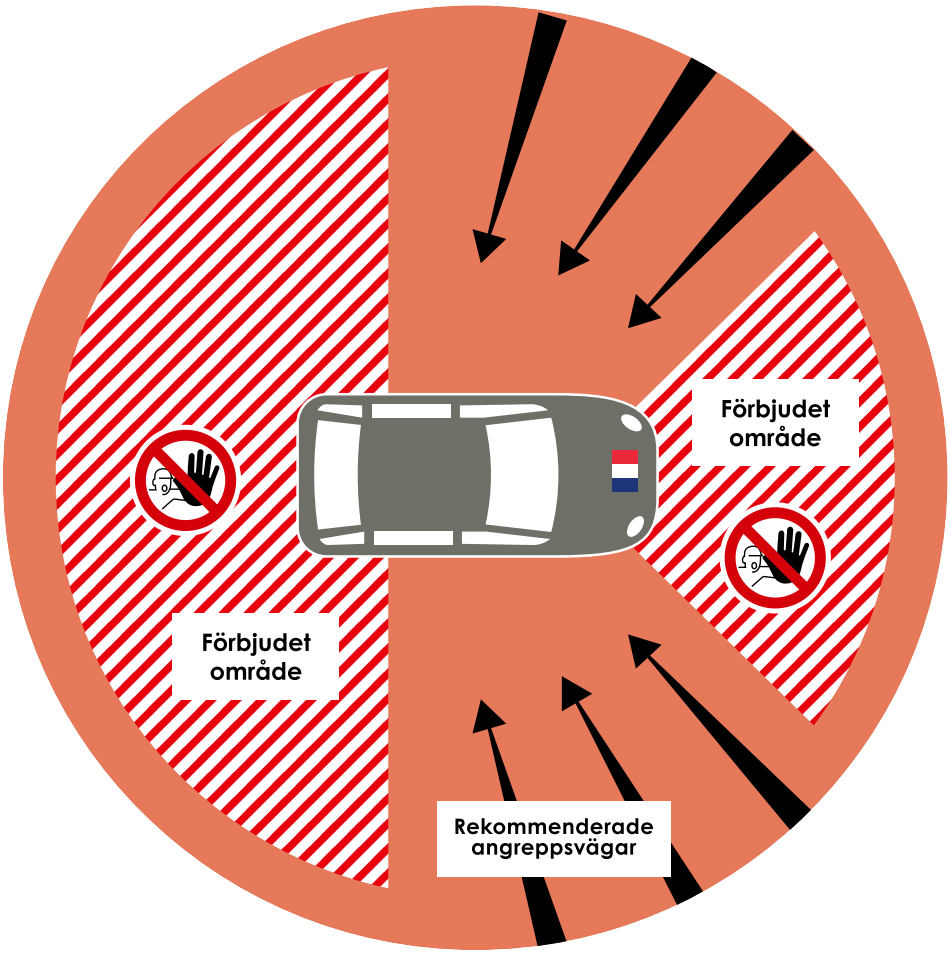
1. *Rekognoscering* innebär identifiering av aspekter som har påverkan på val av åtgärd, exempelvis mänsklig verksamhet, materiella och ekonomiska värden, byggnader, väder och bränslet i fordonet. Fordonsägare bör frågas om bränsle och eventuell säkerhetsventil. Vidare information kan utläsas från kontroll av fordonet (märke, modell, logotyp, registreringsnummer, ventiler för tankning eller laddningskontakt) samt observation av brandens utseende och förlopp. Skicket för bränsleutrustningen ska kontrolleras och ventiler på LNG och CNG ska om möjligt stängas. Om fordon står på tank-/laddstation ska tankning eller laddning stoppas.
2. *Placering* av räddningsfordon bör inte ske i närhet av brinnande fordon och brinnande fordon bör inte passeras på vägen till uppställningsplats. Ett säkerhetsavstånd på 50 m rekommenderas. Hänsyn behöver tas till hur räddningspersonalen närmar sig fordonet. Skärmning från brinnande fordon med hjälp av väggar och andra fordon rekommenderas. Förhindra/förbjud närmande till fordonet från front och baksida, och förhindra rörelse av fordonet genom att blockera hjulen. Två slangsystem ska förberedas initialt.
3. *Räddning* ska genomföras genom omedelbar och säker losstagning av olycksdrabbade. Nödåtgärder för losstagning kan behöva genomföras om risk för brand föreligger.
4. *Etablering* i säkerhet, bakom skydd om möjligt. Två stålrör och slang ska förberedas, eventuellt i slingor för att förenkla framryckning.
5. *Angrepp* ska för att skydda räddningspersonal från BLEVE om möjligt ske i skydd av väggar, fordon etc. Släckning sker med två par med varsitt strålrör, med angreppsväg företrädesvis snett framifrån fordonet och från samma sida på fordonet (se Figur 4). Riskzoner utgörs dels av området från bakhjulen och bakåt, dels en främre kil (Figur 4). Effektiv släckning och kylning måste eftersträvas genom lämplig smal öppning av strålrören på avstånd och bred stråle sista 10 m vid närmande av fordon. När åtgärden har effekt kan flödet minskas.

76. Bureau de la Doctrine de la formation et des Équipements, Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Géstion des Crises. GDO Guide de Doctrine Opérationnelle – Interventions sur les Incendies de Structures, 2018, https://www.sud-sdis44.com/wp-content/uploads/2019/05/GDO_incendies_de_structures_2018.pdf, hämtad 16 december 2019.

Det ena paret riktar in sig på att kyla energikällorna (tankar eller batteripaket). Det andra paret riktar in sig på att släcka kupé och fordon för att stoppa värmestrålning till energikällorna. En brinnande jetflamma ska inte släckas.

En defensiv metod utan släckinsats med enbart säkerhetszon och miljöskyddsåtgärder kan vara att föredra i vissa situationer. Exempel på detta är vid helt antänt och isolerat fordon utan andra objekt i närheten.

Figur 4. Rekommenderade angreppsvinklar enligt fransk metodik för insatspersonalens angrepp i två par, för ett visst skydd om en jetflamma eller tryckkärlsexplosion skulle inträffa samtidigt som det ger ett skydd om fordonet kommer i rullning.



Anpassning av taktiken görs vid brand i bussar genom att räddningspersonal angriper branden gemensamt från samma håll, snett framifrån fordonet och undviker närhet till bussens däck och tankar. Båda paren kyler bränslebehållarna primärt, därefter inriktar de sig på släckning av fordonet. Kylåtgärderna kan behöva förstärkas beroende på antal och placering av gastankar och följdverkningar som till exempel jetflammor. Gastankarna har normalt sett endast termisk säkring. Generellt kommer jetflamman vara riktad uppåt men den kan vara riktad åt andra håll beroende på typ av fordon.

6. *Skydd/Ventilation*. 50 meters säkerhetsavstånd gäller. Räddningspersonal ska vara beredd på att en jetflamma kan uppstå. Avläsning av läckande gaser med explosimeter görs vid behov. Hänsyn måste tas till de toxiska produkter som bildas vid brand och ventilering ska göras vid behov.

7. *Sanering/Övervakning*. Explosimeter kan användas för att kontrollera eventuella gasläckor. Efter bränder i fordon med batterier ska sanering av skadeplatsen göras med försiktighet för att undvika att vidröra elkablar och batterier. IR-kamera bör användas för att kontrollera batteriers status så att förhöjda temperaturer kan upptäckas tidigt. Informera bärgningspersonal om fordonets drivmedel.
8. *Säkring av spår och indicier.* Brandens startorsak och utvecklingsförlopp kan behöva dokumenteras för polisiära ändamål.
9. *Återställning av personal och materiel.* Kontaminerad materiel och utrustning kan behöva saneras efter genomförd insats.

3.5.5.1 Insats mot brand i trånga utrymmen och bildning av giftiga gaser

Vägledningen lyfter särskilt upp insatser mot brand i fordon i trånga utrymmen. Instängning kommer öka effekten av fordonsbrand, vilket ställer två krav:

- Snabbhet i insatsen
  - Förhindra ökat tryck i tanken och minska risken för explosion och jetflamma.
  - Begränsa spridning och skada på infrastruktur.
- Räddningspersonalens säkerhet
  - Sätt endast in nödvändigt antal personer för att kunna attackera branden så snabbt och kraftfullt som möjligt.

Oavsett fordonets placering och åtkomst måste släckningen utföras snabbt och med maximalt vattenflöde på strålröret (500 l/min) med förstärkning av ett andra strålrör så snabbt som möjligt.

Släckningsinsatsen syftar till att minska värmestrålningen och upphettningen av bränslebehållaren eller batteriet, först på avstånd bakom skydd om möjligt, och därefter, när branden hanterats, inom riskområdet. Använd IR-kamera, ventilering samt eventuella existerande brandtekniska installationer i byggnaden, exempelvis brandgasventilation och sprinklers.

För fordonsgas- och vätgasfordon i begränsade utrymmen och generellt när smältsäkring finns, ska en jetflamma inte släckas. Släckning och skydd av omgivningen bör i dessa fall prioriteras. En vätgasflamma går inte att släcka. För motorgasfordon bör det undvikas att spruta vatten direkt på övertrycksventilen eftersom det finns risk för isbildning.

3.5.5.2 Insats vid läckage

Målet vid en insats där gas läcker är att täta läckaget, undvika antändning och skydda människor. Existerande ventiler ska stängas, skyddsavstånd upprättas och evakuering utföras. Därefter görs insats för att undvika ansamling av gaser och/eller att leda bort eller späda ut brännbara gasmoln genom kanalisationer, ventilation och vattengardin.

3.5.6 Tyskland

Information om metoder inom Tysklands räddningstjänst har hämtats från DGUV[77] (2012) vilket är paraplyorganisationen för tysk lagstadgad olycksförsäkring, och LFS-BW[78] (2018) vilket är den statliga brandkårsskolan i Baden-Württemberg.

Metodiken från DGUV (2012) lägger stor vikt vid metodisk identifiering av fordonstyp (och därmed bränsletyp) och att genomföra initiala åtgärder inför insats. Läckage kan observeras till exempel i form av pölar under fordonet, lukt, läckageljud eller ånga. Fordonet undersöks invändigt och utvändigt för att identifiera bränsletankar, övertrycksventiler, alternativa tankningsventiler under tanklocket, relevanta dekaler, orange högvoltskablage och avgasrör.

Initiala åtgärder är att undersöka komponenter och skador, instruera insatspersonal om identifierade faror och risker, samt att markera och spärra av riskområde.

Fordonets rörelser ska förhindras genom att (1) avaktivera drivsystemet (tändning, start-/stoppknapp), (2) sätta växelväljaren i P-läge för automatväxlade fordon eller i växelläge för manuellt växlade fordon, (3) aktivera parkeringsbromsar och (4) ta bort nyckel och avlägsna den minst 5 m från fordonet.

Om läckage kan konstateras ska läckande gas få strömma ut obehindrat, samtidigt som brandskydd säkerställs med hänsyn till vindriktning. För ventilering av gas ska fordonets dörrar, huvar och luckor samt vid behov fönster öppnas och eventuellt kan fläkt sättas in. Antändningskällor ska undvikas och riskområde anges till 50 m. Spridnings-/utbredningsområde ska ta hänsyn till att LPG är tyngre än luft och CNG är lättare än luft. Kontrollera gasläckan och eventuell värme med mätutrustning (t.ex. värmekamera, vilket är särskilt viktigt för vätgasläckor där flamman inte syns). Risken för frysskador med kylda gaser ska poängteras. Om möjligt ska manuella ventiler från bränslebehållare stängas.

Vid brand i gasfordon ska defensiv insats övervägas, där gasen få brinna ut obehindrat. Fordonet ska då släckas och omgivningen kylas för att förhindra spridning av branden. Om det finns risk för personskada ska brand släckas, gasutsläpp undersökas och riskområde fastställas. Vätgasbrand nämns som särskild risk då lågan är osynlig och värmekamera eller närmande med en kvast med lättantändliga borst kan vara nödvändigt för att upptäcka lågan. Eventuella blåsljud ska uppmärksammas.

LFS-BW (2018) behandlar taktik och åtgärder för olika sorters händelser med alternativa bränslen enligt sammanfattningen nedan:

3.5.6.1 Insatstaktik

Bränder i gasfordon ska bekämpas med massiv vatteninsats för att minska värmepåverkan på gasbehållarna, varpå tryckökningen kan hindras. Om möjligt ska brandbekämpning påbörjas på avstånd, snett framifrån fordonet, genom att utnyttja vattenstrålens kastlängd. När flammorna begränsats kan fordonet närmas med vattenstråle för att släcka branden.

Vid olyckor med fordon med läckage av LPG måste särskilda åtgärder utföras eftersom den flytande gasen är tyngre än luft och kan ansamlas i gropar och håligheter. Golvöppningar, kanaler, luckor, öppningar till källare och liknande måste

77. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV). Rettungs- und Löscharbeiten an PKW mit alternativer Antriebstechnik. 2012, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/regelwerk-nach-fachbereich/feuerwehren-hilfeleistungen-brandschutz/feuerwehren-und-hilfeleistungsorganisationen/2595/rettungs-und-loescharbeiten-an-pkw-mit-alternativer-antriebstechnik, hämtad 16 december 2019.

78. Frank Hüsch, Einsatzhinweise für Unfälle mit alternativ angetriebenen Kraftfahrzeugen, Bruchsal: Landesfeuerwehrschule Baden-Württembberg (LFS-BW), 2018, https://www.lfs-bw.de/Fachthemen/Einsatztaktik-fuehrung/Sonstiges/Documents/Einsatzhinweise_Alternative_Antriebe.pdf, hämtad 16 december 2019.

inkluderas i situationsanalysen. CNG är däremot lättare än luft, dunstar fort och finns vanligen bara i antändningsbar koncentration vid utloppsställen och öppningar. Det kan däremot samlas i stängda rum såsom underjordiska garage och analys med explosimeter i alla aktuella plan är därför nödvändigt.

Risken för explosion och vindriktning samt ventilationsvägar måste tas med vid planering av insatser och vid bedömning av skyddsåtgärder. En snabb insats bör genomföras vid livräddning eller vid risk för personskador. Skyddskläder och explosimeter bör användas och en konstant beredskap med släckningsåtgärder säkerställs.

Inbyggda cylindrar, tankar eller batterier, till exempel konventionella bränsletankar, ska inte användas som stödpunkt för lyftkuddar eller andra lyftanordningar. Bränsleledningar, oavsett bränsle som används, och färgade kablar (röd eller orange) får inte skäras, klippas eller skalas. Plastöverdrag i golvet och tröskelområdena ska tas bort innan losstagningsåtgärder utförs, och de underliggande områdena ska inspekteras. För livräddning kan det vara nödvändigt att avvika från någon av rekommendationerna efter en situationsberoende riskbedömning av insatschef.

Vid olycka utan påverkan på gassystemet ska motor och tändning genast stängas av. Eventuellt tillgängliga manuella ventiler på gascylindrar ska stängas. Tillgång till brandskydd med vatten, skum eller pulver ska säkerställas.

Om olyckan påverkat gassystemet och gas läcker ska både motor och tändning stängas av. Mätning av gas ska göras, med beaktande att CNG och vätgas är lättare än luft, och LPG är tyngre än luft. Antändningskällor ska avlägsnas och undvikas. Tillgång till brandskydd med vatten, skum och pulver ska tidigt säkerställas. Ventilationsåtgärder ska inledas med öppning av dörrar, huv och bagagelucka. Eventuellt tillgängliga manuella ventiler på gascylindrar ska stängas. Fordonet ska om det står i stängda utrymmen om möjligt flyttas. Gas kan tvättas ned eller styras undan med vattenstrålen. Kvarvarande gasmängd tillåts att flöda ut på ett kontrollerat sätt. Endast EX-skyddade apparater ska användas. Berörda parter (polis, räddningstjänst, ambulans, bärgningstjänst) ska informeras om bränsletyp.

Vid bränder i gasfordon ska tryckluftspaket användas, och brandbekämpning påbörjas snett framifrån på säkert avstånd bakom skydd med massiv vattenstråle. Släckningen ska fortsättas på nära håll med bredare stråle. Tillgång till vatten ska säkras. Eventuellt tillgängliga manuella ventiler på gascylindrar ska stängas. Gas kan slås ned eller styras undan vattenstrålen. Eventuell resterande gas får flöda ut kontrollerat.

Vägledningen poängterar att om gasbehållare öppnats eller sprungit läck med/utan jetflamma ska släckning inte ske vid gasbehållarna. Detta eftersom om säkerhetsventilen är av typen som öppnar och stänger igen när temperaturen eller trycket minskat, så finns risk för explosion om kylning görs av ventilen och branden fortsatt påverkar gasbehållaren. Detta gäller särskilt lastbilar och bussar.

3.5.6.2 Vätgasfordon

Vätgas luktar inte, och utströmmande vätgas kan bara upptäckas med en explosimeter. Vid höga vätgaskoncentrationer i luften leder den mycket högre ljudhastigheten (1270 m/s) till ett ljusare röstljud. Ett större utflöde gas skapar ett karakteristiskt, visslande ljud.

Om vätgasen läcker i vätskefas, kan detta detekteras genom kondensering av vattenånga på vätskan eller dunstande gasen, eller genom isbildning. När det gäller kylda vätskor och dunstande gas finns det risk för frostskada vid hudkontakt eller inandning. Dessutom gör låga temperaturer många material, inklusive skyddskläder, spröda. En annan fara kommer från köldbehållare och rör som innehåller flytande väte. Vid defekt isolering kondenserar flytande luft på ytan på grund av

de låga temperaturerna (-252,7 °C). Denna har en kraftigt ökad syrekoncentration eftersom syre har en högre kokpunkt jämfört med kväve. Det flytande syret har en stark brandfrämjande effekt.

Väte är lättare än luft och brinner vanligtvis utan rök, med en nästan osynlig låga. Bara spår av ämnen i luften kan få lågan att färgas lätt. I solljus är flamman svår att upptäcka. En vätgasflamma producerar låg termisk strålning trots den höga förbränningstemperaturen eftersom det inte finns några glödande kolpartiklar. När man närmar sig ett vätgasfordon, där gas flödar ut, behöver detta beaktas.

3.5.7 Österrike

Information om taktik och metodik i Österrike har erhållits från det Österrikiska federala brandkårsförbundet[79]. Fokus ligger på identifiering av fordonstyper och riktlinjer för insatser.

Direkt efter ankomst ska en initial undersökning göras för att identifiera risker och strukturera den fortsatta insatsen. Därefter görs avspärrning och säkring av insatsplatsen samt fordonen som är inblandade i olyckan. Efter att egenskydd upprättats kan räddning av människor eller andra åtgärder utföras. Om insatsen kräver speciella eller komplexa åtgärder till exempel fler räddningstjänstfordon eller miljöskydd ska nödvändiga resurser begäras tidigt.

För identifiering av fordonstyp anges följande åtgärder: kontrollera eventuella läckage av bränsle, gaser eller vätskor genom att söka visuellt, genom ljud eller lukt. Källan kan vara bränsletanken men även fordonets last. Undersida, chassi, bagageutrymme, motorrum undersöks för ledtrådar om bränsle. Detta inkluderar sökning efter människor, skador på chassigolv, deformeringar och främmande föremål. Friliggande orangefärgade kablar indikerar att det rör sig om ett elfordon. Vidare kontroll görs om cylinderformade gasbehållare finns och eventuellt läckage från systemet. Avdelare till tank eller batteri kan finnas under bagageutrymme. Genom att öppna tanklocket kan man få mycket information om drivmedel (kontakt = elektricitet, hålighet = bensin/diesel, andra ventiler = gasfyllning). Kontrollera märkning och symboler på bränslelock enligt EU-standard. Vissa fordonstillverkare har informationsblad på hemsidor som nås via QR-kod på tanklock. Bränsleventiler/-lock kan finnas på andra platser än normal placering. Fordonsbeteckning kan indikera bränsletyp, till exempel *Hybrid, EcoFuel, e-Golf* etc. Österrikiska fordon har dessutom (frivilliga) färgade tecken på registreringsskylten – elbilar markeras i grön text. Om avgasrör saknas kan det indikera elfordon. Indikeringar för bränsletyp kan också finnas på instrumentbrädan i form av laddningsstatusindikator eller bränsleomkopplare.

Vid brand i fordon görs först uppställning vid olycksplats. Därefter säkras olycksfordon med hjulkilar. Tändning stängs av. Andningsskydd/luftpaket ska användas. Släckning sker lämpligen med vatten från sidan för att undvika risker från gasflammor, explosioner och fordonsrörelser. Vattenstrålens kastlängd ska utnyttjas. Riskområde anges vara bakom och framför fordonet.

Om fordon måste flyttas efter brand behöver en säker plats väljas med åtminstone 10 m avstånd till byggnader, andra fordon eller brännbara föremål. En fördröjd återantändning kan uppstå. Om brand sker i fordon med gasbehållare måste denna hållas kyld. Det går inte att exkludera att behållaren kollapsar på grund av

79. Österreichischer Bundes-feuerwehrverband, Einsatz mit alternativ angetriebenen fahrzeugen und deren peripherie. Info E-20, Wien: Österreichischer Bundes-feuerwehrverband, 2018. https://www.bundesfeuerwehrverband.at/wp-content/uploads/2019/03/E-20-2019_Info-1.pdf, hämtad 16 december 2019.

att säkerhetsventiler fallerar. Risken för jetflammor anges finnas på flera meters längd. Riktningen på dessa flammor är inte specificerad. Fordon som hamnat liggande på sitt tak kan orsaka ännu kraftigare jetflammor eftersom gasen möjligen läcker i vätskefas och därmed har en högre energimängd.

Om misstanke finns att gas läcker ska mätning av explosivämnen göras. Upptäckt av naturgas är väldigt svårt eftersom den är lättare än luft och därmed väldigt flyktig, liksom vätgas. LNG skapar initialt synliga, därefter relativt genomskinliga, pölar på marken och måste upptäckas på mark. LNG-fordon får inte ställas i parkeringsgarage under jord.

3.5.8 Polen

Material om insatsmetodik i Polen generellt mot fordon har hämtats från KSRG[80] (*Nationella brandbekämpnings- och räddningstjänsten*). Skriften beskriver olika bränsletyper för fordon, deras egenskaper och konstruktion, utseende och placering av relaterad utrustning, samt generella riktlinjer för insatser.

För *identifikation* av hybridfordon kan markeringar på motorns plastkåpor, bagagelucka, sidopartier, samt orange kablage i underdelen av fordonet vara av hjälp. Om fordonstyp inte kan identifieras säkert ska det antas att fordonet är av hybridtyp.

Generella aspekter och aktiviteter som behöver vidtas under insatser mot hybridfordon är:

- Vid ankomst till skadeplats ska räddningsfordon ställas upp på rätt plats. Uppställningsplatsen bör vara i skydd och på behörigt avstånd från olycksplatsen så att de inte hindrar arbetet eller hamnar i område med giftiga gaser. Fordonen bör dock ställas upp tillräckligt nära för att möjliggöra en snabb och effektiv tillgång till den utrustning som kan komma att behövas.
- Varningsskyltar bör ställas upp minst 50 m från fordonet (vid motorvägar minst 100 m).
- Orientering och bedömning på skadeplatsen för att fastställa vad som har inträffat.
- Indelning av skadeplatsen i olika zoner.
- Avaktivering av fordonets säkerhetssystem och drivsystem eller, om detta inte är möjligt, ska andra skyddsåtgärder vidtas.
- Olycksplatsen säkras mot brand.
- Vid livsfarligt läge förs de skadade bort från olycksplatsen och ges första hjälpen.
- Stabilisering av fordonet genomförs varefter tillträde till de skadade skapas.
- Om möjligt görs säkring av spår för eventuell utredning av brand eller olycksorsak.

3.5.8.1 Släckning av brand i fordon med alternativa bränslen

Ytterligare materiel med beskrivning av metodik för släckning av brand i fordon med alternativa bränslen[81] och beskrivning av teknik och hänsynstagande vid han-

80. KSRG, Skrypt do szkolenia z ratownictwa technicznego realizowanego przez ksrg w zakresie podstawowym, Warszawa: KSRG, 2018, https://www.drogaratownika.pl/materialy/skrypt-do-szkolenia-z-ratownictwa-technicznego-realizowanego-przez-ksrg-w-zakresie-podstawowym-kg-psp-2018/, hämtad 16 december 2019.

81. Przegląd Pożarniczy, Vehicle fires, 2015, https://www.ppoz.pl/index.php/warsztat-ratownika/881-pozary-pojazdow, hämtad 16 december 2019.

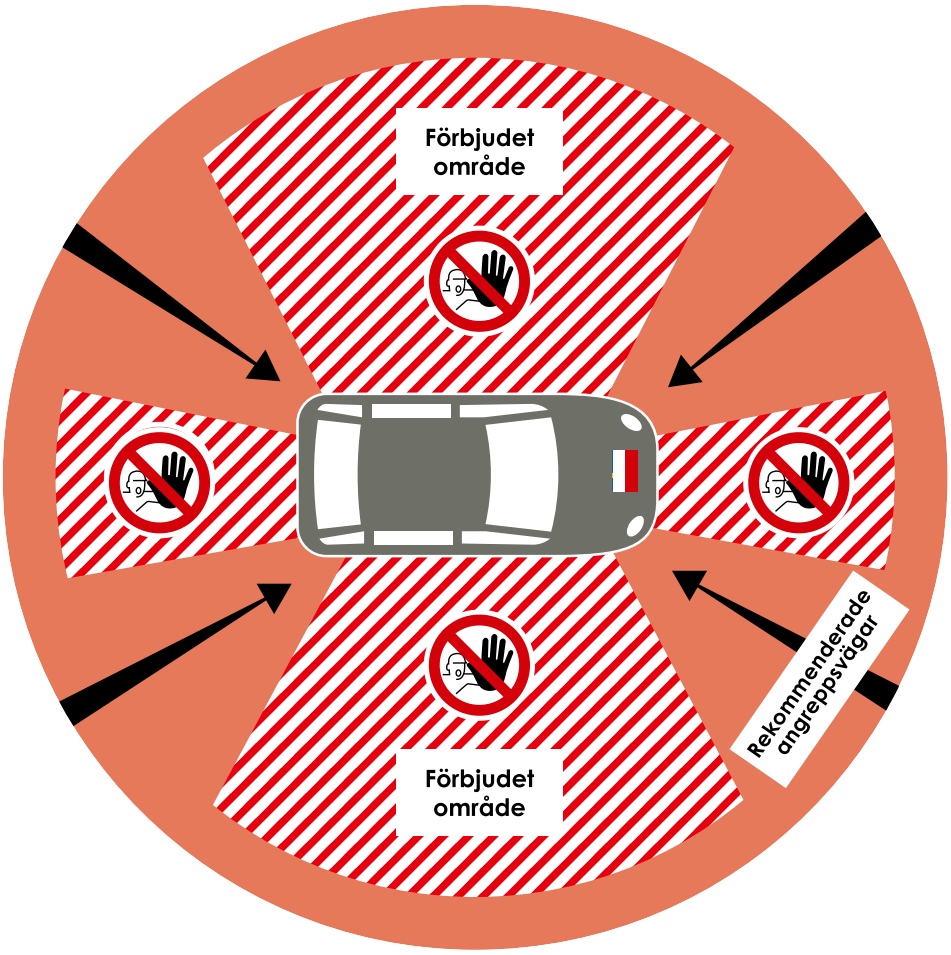
tering av LNG[82] har hämtats från polska statliga räddningstjänstens hemsida.

Metodiken beskriver riskerna med att dessa fordonstankar kan explodera trots sina inbyggda skyddsventiler på grund av för litet utflöde i förhållande till uppvärmning. Släckning ska därför utföras från skyddad position. Behållare ska lokaliseras och kylas, och risken för utsläpp av gas genom säkerhetsventilen bör övervägas.

Fordon som brinner ska, om explosion inte kan uteslutas, inte närmas från sidan, eftersom gasutsläpp kan ske åt det hållet, och gasen normalt antänds direkt. Närmandet ska göras först efter initial kylning av fordon och bekämpning av branden, snett emot något av fordonets fyra hörn (se Figur 5). I passagerarfordon släpps gas normalt ut horisontellt från bakre delen av fordonet, ibland snett uppåt/bakåt. Hos CNG-bussar är säkerhetsventiler ibland riktade åt sidan. Jetflamman beskrivs som några meter till åtskilliga meter lång.

För att möta dessa risker ska personlig skyddsutrustning och tryckluftspaket bäras vid insats. Efter insats ska halvmasker och latexhandskar bäras som skydd mot giftiga ämnen.

Figur 5. Rekommenderade angreppsvinklar enligt polska metodiken för insatspersonalen, för ett visst skydd om en jetflamma eller tryckkärlsexplosion skulle inträffa samtidigt som det ger ett skydd om fordonet kommer i rullning.



82. Przegląd Pożarniczy, Safe LNG, 2014, https://www.ppoz.pl/index.php/ratownictwo-i-ochrona-ludnosci/932, hämtad 16 december 2019.

Insatsen mot fordonsbrand bör utvärderas om effekt inte uppnås efter 60–90 s (för bilar, medan lastfordon och bussar tar längre tid) och en mer aggressiv taktik med högre vattenflöde kan då vara lämplig, speciellt om närliggande fordon riskerar att antändas.

Efter insats behöver åtgärder för skydd och sanering utföras med andningsskydd vid fordonet eftersom det släpper giftiga partiklar och gaser.

För insats mot LNG-fordon beskrevs år 2013[83] att existerande skyddssystem och tankkonstruktioner är att betrakta som säkra, men att risk för köldskador existerar vid exponering av bränsle eller kontakt med delarna i bränslesystemet, varvid försiktighet måste iakttas vid insatser och åtgärder. Bristen på standarder för räddningstjänst tas av författaren upp vid denna tidpunkt och tillsvidare rekommenderas övningar och lektioner.

3.5.9 Italien

För italiensk metodik har dels en samling riktlinjer och datablad[84] om risker för och hantering av elfordon och hybridfordon identifierats på hemsidan för The Department of firefighters, public rescue and civil defense, dels finns en översättning[85] till italienska av det franska metodikmaterialet angående gasfordon (se ”3.5.5 Frankrike”).

3.5.10 Internationellt

Det finns en ISO-standard (ISO 17840) om märkning av gasfordon, snabbfaktablad för räddningstjänst och vägledningar för fördjupad information. Standarden började utformas i Belgien men har nu blivit internationell med hjälp av CTIF (International Association of Fire and Rescue Services)[86].

83. Przegląd Pożarniczy, Safe LNG.

84. Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. Predisposte delle linee guida in caso di intervento su veicoli elettrici, 2019, http://www.vigilfuoco.it/aspx/notizia.aspx?codnews=58768, hämtad 16 december 2019.

85. Antincendio-Italia. Manuale operativo per la risposta d’emergenza sui veicoli, 22 februari 2019, http://antincendio-italia.it/manuale-operativo-per-la-risposta-demergenza-sui-veicoli/, hämtad 16 december 2019.

86. CTIF, CTIF – ISO 17840, https://www.ctif.org/index.php/commissions-and-groups/ctif-iso-17840, hämtad 9 december 2019

Diskussion

4. Diskussion

Kapitlet inleds med en diskussion om den valda metoden för att söka och sammanställa information. Kapitlet avslutas med att vägledningarna från de olika länderna jämförs med varandra och mot olycksundersökningarnas rekommendationer samt den vetenskapliga litteraturen som finns inom området.

4.1 Metoddiskussion

Den metod som har använts i detta arbete har varit litteratursökningar med nyckelord för att söka information i olika databaser följt av snöbollsmetoden. Trots en variation av söktermer och källor var det svårt att hitta relevant information om statistik och olycksundersökningar. Det var enklare att identifiera vägledningar för hantering av bränder i gasfordon. Sökningarna gjordes främst på engelska, men då det var svårt att hitta information genomfördes även sökningar på inhemska språk. Dessa sökningar gav ytterligare några resultat.

Utöver sökningar i databaser har kontakt tagits med experter i flera olika länder. De flesta som kontaktats svarade att de inte samlade in statistik över olyckor där bränsletyp framgick. I vilken utsträckning olycksundersökningar genomförs i andra länder är okänt men av genomförda kontakter tycks det inte vara vanligt förekommande. Sannolikt är inte heller offentlighetsprincipen lika långtgående i dessa länder som i Sverige, vilket medfört att det varit svårt att få ta del av detaljerad information om inträffade händelser. De olycksundersökningar som inte kommer från Sverige har i huvudsak tagit upp brister hos fordonen och bristande standarder.

För att göras överskådlig delades statistiken upp i fordonstyp respektive bränsletyp, men för Nordamerika identifierades ingen statistik i denna upplösning. Insatsstatistik med gasfordon hittades för Nederländerna, men har inte tagits med i resultatet då statistiken inte var tillräckligt ändamålsenlig och detaljerad för att ge någon användbar information. Det som gick att utläsa var antalet olyckor per år där gasfordon varit inblandade men inte hur många fordon som brunnit eller om gastankarna blivit påverkade vid olyckan eller ej. Den knapphändiga informationen som kan erhållas från statistiken blir missvisande att skapa vägledningar ifrån.

När det gäller vetenskapliga publikationer fick vi gå utanför de specificerade områdena Europa och Nordamerika, för att hitta information.

4.2 Resultatdiskussion

I denna del diskuteras den insamlade informationen kring olycksundersökningars olika slutsatser och hur de olika ländernas vägledningar skiljer sig åt.

4.2.1 Sammanfattade slutsatser från olycksundersökningar

Majoriteten av de olycksundersökningar som har kunnat hittas har genomförts i Sverige. Olycksundersökningarna rör olika typfall som explosion, brand och gasutsläpp. I de flesta fallen har gastankarna antingen varit påverkade av olyckan eller orsak till olyckan. Exempel finns även där en brand uppstått utan att påverka gastankar. Att antalet olycksundersökningar där gastankarna inte påverkats är förhållandevis lågt i jämförelse med antalet olycksundersökningar där gastankarna har påverkats ska dock inte tolkas som att gastankarna generellt sett påverkas vid en brand. Det är mer troligt att detta hör samman med att det är mindre intressant att utreda händelser där gastankarna inte gett upphov till något spektakulärt olycksförlopp. I den rapport där gastankarna inte påverkades av branden har fokus för åtgärdsförslagen legat på den typ av LED-lampa som varit startföremål för branden.

Olycksundersökningarna tar oftast upp aspekter som handlar om tillverkning av gasbehållare eller utformning av vägtrafikmiljön. Dessa slutsatser har dock inte redovisats i denna rapport utan fokus har varit på slutsatser som kan ha betydelse för hur framtida riktlinjer för insatser vid olyckor med gasfordon ska utformas. Den vanligast förekommande slutsatsen i insatsutvärderingarna rör riskavstånd och att dessa inte sätts tillräckligt långt från det olycksdrabbade fordonet. I en av de identifierade insatsutvärderingarna framgår att räddningspersonal kommit till skada till följd av en explosion i fordonet. Flera andra insatsutvärderingar beskriver hur delar från fordonet, i samband med explosioner, kastats lång väg vilket ger indikation på vilket riskavstånd som borde användas vid insatser med gasfordon. Insatsutvärderingarna beskriver sällan hur fordonen har närmats eller vilken personlig skyddsutrustning som räddningspersonalen har burit.

Flera olycksundersökningar nämner att mätningar har gjorts med explosimeter eller motsvarande för att identifiera ett eventuellt läckage. Flera insatsutvärderingar beskriver dock att det saknas såväl utrustning i tillräcklig omfattning som tillräcklig kunskap i hur utrustningen används. När det gäller användningen av explosimetrar är det viktigt att vara medveten om att explosimetrar är olika känsliga för olika typer av brandfarliga gaser. Eftersom en explosimeter kalibreras för en viss brandfarlig gas kommer den därför visa mer eller mindre felaktiga värden om den används för att detektera en annan brandfarlig gas som den inte är kalibrerad för (Tabell 7).

Tabell 7. Exempel på en viss explosimeters känslighet för olika drivmedel beroende på vilken gas som använts vid kalibreringen. OBS! Värdena i tabellen är endast exempel och ska inte användas vid skarp insats.

	Känslighet vid mätning på fordonsbränsle			
Kalibrerad på gas	Bensin	CNG/LNG	LPG	Vätgas
Metan	48%	100%	62%	91%
Propan	80%	160%	100%	133%
Pentan	100%	200%	125%	167%

Vid en insats i Belgien erhölls stöd på distans samt teknisk expertis och fordonsspecialister på olycksplatsen. Detta beskrevs som en nyckelfaktor för insatsens genomförande.

4.2.2 Skillnader och likheter mellan ländernas vägledningar

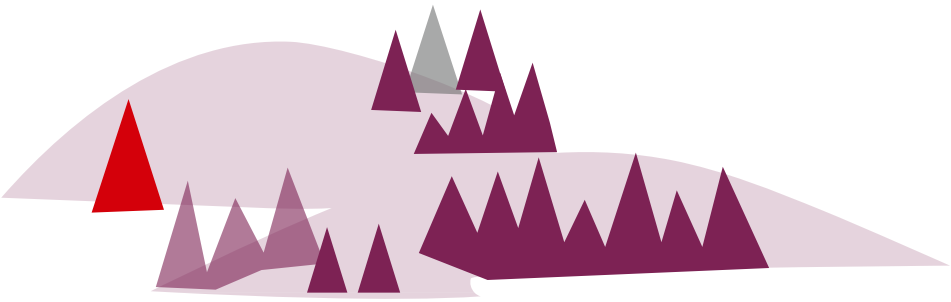
De olika vägledningarna för hur räddningstjänsten ska hantera olyckor med gasfordon saknar generellt referenser till vilka källor dessa baseras på. Vägledningarna ger intryck av att de baseras på erfarenheter som byggts upp över tid samt logiska resonemang som baseras på hur gasdrivna fordon är konstruerade, exempelvis avseende övertrycksanordningar.

Generellt sett är likheterna större än skillnaderna mellan de olika ländernas rekommendationer. Fordonets bränsle behöver identifieras, riskområde bestämmas, fordonsrörelser hindras och system inaktiveras, brand eller läckage hanteras och skadade evakueras och omhändertas.

I Sverige finns inget krav på märkning av gasfordon, vilket det finns i andra länder. Det innebär att räddningstjänsten vid ankomst till en olycka inte alltid är medvetna om att det finns ett gasfordon inblandat. I flera olycksundersökningar har krav på märkning lyfts. Nyttan av en sådan märkning kan dock diskuteras. I vilken utsträckning kan räddningstjänsterna utgå från att ett omärkt fordon inte drivs med gas? Märkningen kan av olika anledningar ha tagits bort, försvunnit från fordonet eller vara omöjlig att identifiera i samband med en olycka. Det kan finnas en möjlig skillnad i implementering av märkning när det gäller personbilar och större fordon. För att genom märkning säkerställa att ett fordon inte drivs av gas behöver även fordon som drivs med konventionella drivmedel märkas, exempelvis kan gasdrift uteslutas om en bil är märkt med diesel eller bensin men inte om märkning saknas.

För *riskavstånd* vid brinnande personbil på plan mark gäller 50 meter riskavstånd inom svensk, tysk, polsk och fransk metodik. I den svenska metodiken rekommenderas en zonindelning med en het zon omfattande 10 meter och en varm zon ytterligare 15 meter utanför het zon. Den nederländska vägledningen anger två olika avstånd, dels 25 meter riskavstånd från buss med gasläckage, dels 50 meter avstånd för uppställning av räddningsfordon. Även vid risk för jetflamma anges olika avstånd i vägledningarna där Sverige anger 6 meter och de nederländska källorna anger 15–20 meter.

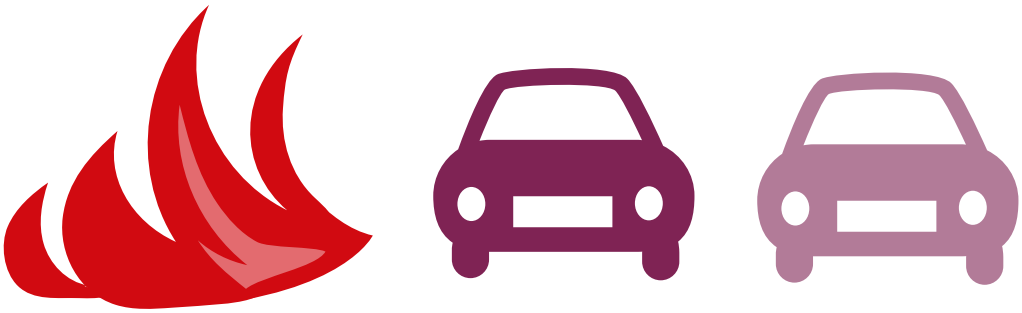
När det gäller *angreppsväg* varierar rekommendationerna mellan olika länder, se Tabell 8. De rekommendationer som avråder från angrepp framifrån motiverar detta med att motorn på el- och hybridfordon samt fordon med start-stopp-funktion kan starta i samma ögonblick som föraren släpper foten från bromspedalen. Det finns därmed en risk för påkörning om detta sker när räddningspersonalen befinner sig framför fordonet. I Nederländerna rekommenderas dock att bussar angrips rakt framifrån eller rakt bakifrån i samband med brand för att personalen inte ska skadas av en jetflamma om någon övertrycksanordning öppnar.



Tabell 8. Angreppsvägar mot ett brinnande gasfordon. * Rekommendationen gäller endast framför B-stolpen på personbilar. ** Rekommendationen gäller endast framför B-stolpen på personbilar samt vid bussar.

Angrepp från	Länder som rekommenderar angrepp	Länder som ej rekommenderar angrepp
Rakt framifrån	Nederländerna (vid buss-brand) Sverige	Nederländerna USA Frankrike
Rakt bakifrån	Nederländerna (vid buss-brand)	Frankrike Italien Polen Sverige USA
Sida (ej tanklock)	Frankrike* Sverige**	Nederländerna Polen USA
Sida (med tanklock)	Frankrike* Sverige (vid buss)	Nederländerna USA
Hörn framifrån	Frankrike Polen Nederländerna Sverige USA	
Hörn bakifrån	Polen Nederländerna USA	Frankrike Sverige,

Det finns i de undersökta riktlinjerna ingen enighet i huruvida tankar på gasfordon ska kylas eller ej vid en brand. Såväl riskanalyser som insatsutvärderingar har dock visat att kylning kan leda till explosion av gastankarna. En sådan explosion kan ske om kylningen av tankarna är otillräcklig för att förebygga farlig upphettning av tankarna samtidigt som kylningen leder till att övertrycksanordningen kyls ned och sätts ur spel. Utifrån ett teoretiskt resonemang är kylning av gastankarna en bra idé vid brand men i praktiken kommer det, när plåtar och andra fordonsdetaljer skymmer tankarna, att uppstå problem med att säkerställa en tillräcklig kylning av tankarna samtidigt som övertrycksanordningen inte kyls. Vid djupkylda vätskor, exempelvis LNG eller djupkyld vätgas, finns risk för isbildning i rören från övertrycksventiler vilket leder till en ökad explosionsrisk.



Bränslecellsfordon har ett drivsystem som påminner om det i hybridfordon. I bränslecellsfordon finns därför, utöver riskerna med vätgas, även samma risker som i andra el-hybridfordon exempelvis starkströmsrisker.

Vid jetflammor är insatsrekommendationerna eniga kring att eventuella jetflammor inte ska släckas utan att de ska tillåtas brinna ut av sig själva.

Övrigt

- Svensk, fransk, nederländsk, tysk och amerikansk metodik rekommenderar kontinuerligt användning av explosimeter i närheten av fordonet.
- Värmekamera rekommenderas av flera länder för insats vid LNG- och bränslecellsfordon.
- För bränder i vätgasfordon rekommenderas generellt insats med vinden i ryggen och andningsskydd samt att tändkällor undanröjs.
- Amerikansk och brittisk vägledning rekommendera att alla fordon betraktas som drivna med alternativa bränslen tills motsatsen bevisats.
- För brand i trånga utrymmen/inomhus rekommenderas i Sverige andra säkerhetsavstånd än utomhus (se Tabell 6) och öppningar ut i det fria. Tyskland i sin tur rekommenderar en flytt av fordonet om det är möjligt. I Frankrike rekommenderas en snabb insats för att begränsa spridning och skada på infrastruktur men personalens säkerhet ska betänkas och endast nödvändigt antal personal ska användas.
- EU-kommissionen har i reglementet UNECE R110 (reglementet måste följas för att CNG fordon ska bli godkända för trafik) fastställt i vilken riktning som tryckavlastning i bussar ska vara riktad. Kravet gäller nya fordonstyper från och med 1 september 2018 och gasen ska numera evakueras i riktning uppåt[87].

4.2.3 Tömning av skadade gastankar

Ingen litteratur har hittats avseende hur räddningstjänster i andra länder agerar i de fall en skadad (men ej läckande) gastank behöver tömmas. I avsnitt 6.14 i den amerikanska standarden NFPA 52[88] framgår dock att: *The venting or depressurization of a CNG container shall be performed only by trained personnel using written procedures.* Av andra dokument från NFPA framgår att om gastankarna har skadats ska fordonet inte flyttas förrän gassystemet har undersökts av särskilt utbildad personal eller gastankarna har tömts. Hur tömning av tankarna genomförs framgår dock inte. Vid kontakt med representanter för räddningstjänst och utbildning i Storbritannien, Nederländerna och Polen framgår att gastankar normalt töms av personal från tillverkarna, serviceverkstäder eller bärgningsfirmor[89].

Det är inte helt självklart att tömning av gastankar är att betrakta som kommunal räddningstjänst varför en diskussion kring när räddningstjänsten juridiskt sett upphör bör föras.

87. Kjell-Olof Matsson, Trafiksäkerhetshöjande åtgärder för gasbussar, TSG 2019-5092, Norrköping: Transportstyrelsen, 2019.

88. NFPA. NFPA® 52 Vehicular Gaseous Fuel Systems Code. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2010.

89. Muntlig uppgift inom ramen för MSB:s ”Exchange of experts”.

Rekommen-dationer och förslag på fortsatt arbete

5. Rekommendationer och förslag på fortsatt arbete

Specifik statistik över olyckor med gasfordon är svår att hitta, särskilt internationellt. I de fall där statistik påträffats är det sällan den tar upp bränsletyp och om så är fallet saknas information om gastankarna var inblandade i eller orsak till olyckan. Insatsstatistik och rapportering riskerar därför att ge en missvisande bild över faran med gasdrivna fordon.

Olycksundersökningar vi funnit utanför Sverige fokuserar ofta på märkning och fordonets utformning snarare än att beskriva insatsens genomförande.

5.1 Allmänt om vägledning för insatser vid olyckor med gasfordon

Projektgruppen rekommenderar att en generell vägledning och metodik för trafikolyckor som omfattar alla typer av drivlinor och bränslen bör tas fram. Behandla ett brinnande fordon som det är drivet av alternativa drivmedel tills något annat konstateras. Vägledningen bör utgå från det drivmedel som leder till den mest komplexa situationen (bränslecellsbilen) och vara skriven på ett sådant sätt att åtminstone de initiala åtgärderna är desamma och ger tillräcklig säkerhet oavsett drivmedel.

5.2 Detektion av eventuella läckage

Eftersom många alternativa fordonsbränslen är luktlösa behöver det finnas en förmåga att detektera ett eventuellt utsläpp av brandfarlig gas i samband med trafikolyckor. Med utgångspunkt i det sätt som räddningstjänsten normalt organiserar sig vid en trafikolycka ser vi ett behov av att det finns tillgång till explosimetrar för självskydd på alla räddningsfordon som används initialt vid trafikolyckor. Det bedöms som lämpligt att åtminstone sjukvårdsman och en av losstagarna utrustas med personliga explosimetrar för att en tidig varning ska erhållas om ett läckage har uppstått i samband med olyckan eller uppstår i samband med losstagningsarbetet. Vilken gas som explosimetrarna kalibreras för bör väljas med omsorg så att de inte ger en falsk trygghet.

5.3 Behov av ytterligare studier

De litteraturstudier som genomförts har inte kunnat få fram all information som bedöms behövas för att kunna ge välgrundade rekommendationer för insatser vid olyckor med gasdrivna fordon. Vi bedömer att följande aspekter kan behöva undersökas ytterligare:

- vilket skydd ger befintlig personlig skyddsutrustning (larmställ och tryckluftsapparat) om räddningspersonal utsätts för en jetflamma?
- kan vanlig räddningstjänstutrustning, exempelvis dimstrålrör, ridåmunstycken och perforerad slang (eng. smart hose) användas för att skydda byggnader eller fordon mot jetflammor från övertrycksanordningar och övertrycksventiler. Vilka vattenflöden krävs för att uppnå ett tillfredsställande skydd?
- En studie bör genomföras som tydliggör vilken aktör som är bäst lämpad för tömning av gastankar. Om studie visar på att den kommunala räddningstjänsten ska ansvara för detta bör studien även visa på vilken metodik och utrustning som bör användas för detta.

Referenser

6. Referenser

Accident Investigation Board Norway. *Report on fires in gas-powered buses in Horvegen, Ranheim, Trondheim on 17 december 2016 and at Flatåstoppen, Trondheim on 23 November 2016*. REPORT Road 2017/04, Lilleström Norway: Accident Investigation Board Norway, 2017.

Antincendio-Italia. *Manuale operativo per la risposta d'emergenza sui veicoli,* 22 februari *2019*, http://antincendio-italia.it/manuale-operativo-per-la-risposta-demergenza-sui-veicoli/, hämtad 16 december 2019.

Berghmans, J. och Vanierschot, M., "Safety aspects of CNG cars", *Procedia Engineering*, Volume 84, 2014, s. 33–46.

Bhattacharjee, G., Bhattacharya, S., Neogi, S., och Das, S.K., "CNG cylinder burst in a bus during gas filling–lesson learned". *Safety science*, vol 48, nr. 10, 2010, s. 1516-1519.

Brandweer Haaglanden. (Rijdende) Aardgasbus [IP 323]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

Brandweer Haaglanden. Vloeibaar gekoeld aardgas: LNG (-160°) [IP 105]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2014.

Brandweer Haaglanden. Voertuigen op Waterstof (H2) [AK 257]. Haag: Brandweer Haaglanden. 2016.

Brodin, Emil, *Förenklad olycksutredning: Explosion, gasdriven personbil*. Diarienummer: 310.2017.00339, Sundsvall: Medelpads Räddningstjänstförbund, 2017.

Bureau de la Doctrine de la formation et des Équipements, Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Géstion des Crises. *GDO Guide de Doctrine Opérationnelle – Interventions sur les Incendies de Structures*, 2018, https://www.sud-sdis44.com/wp-content/uploads/2019/05/GDO_incendies_de_structures_2018.pdf, hämtad 16 december 2019.

Centers for Disease Control and Prevention. *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, 2018, https://www.cdc.gov/niosh/index.htm, hämtad 13 december 2019.

Clean cities, *A National Network of Local Coalitions*, https://cleancities.energy.gov/coalitions/, hämtad 11 december 2019.

Clean cities, *Goals and Accomplishments*, https://cleancities.energy.gov/accomplishments/, hämtad 11 december 2019.

Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. P*redisposte delle linee guida in caso di intervento su veicoli elettrici*, 2019, http://www.vigilfuoco.it/aspx/notizia.aspx?codnews=58768, hämtad 16 december 2019.

CTIF, CTIF – ISO 17840, https://www.ctif.org/index.php/commissions-and-groups/ctif-iso-17840, hämtad 9 december 2019.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV). *Rettungs- und Löscharbeiten an PKW mit alternativer Antriebstechnik*. 2012, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/regelwerk-nach-fachbereich/feuerwehren-hilfeleistungen-brandschutz/feuerwehren-und-hilfeleistungsorganisationen/2595/rettungs-und-loescharbeiten-an-pkw-mit-alternativer-antriebstechnik, hämtad 16 december 2019.

Egelhaaf, Markus, Hitzemann, Martin, och Wolpert, Dieter, "*Investigation of a LPG Tank Rupture During a Car Fire", Proceedings from 4th International Conference on Fires in Vehicles – FIVE 2016*, Petra Andersson och Björn Sundström (red.), s. 107-116, 2016, Baltimore.

Energigas Sverige. Statistik om fordonsgas. september 2019, https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/statistik-om-fordonsgas/, hämtad 15 oktober 2019.

Eurostat, *Database*, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

Eurostat, *Lorries, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

Eurostat, *Motor coaches, buses and trolley buses, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

Eurostat, *Passenger cars, by type of motor energy* [dataset], Luxembourg: Eurostat, 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database, hämtad 27 november 2019.

Fischer, Stellan, Forsén, Rickard, Hertzberg, Ola, Jacobsson, Anders, Koch, Bo, Runn, Per, Thaning, Lennart och Winter, Stellan, *Vådautsläp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor: Metoder för bedömning av risker*, FOA-R--97-00490-990—SE, Stockholm: Försvarets forskningsanstalt, 1998.

Frid, Rasmus, *Antänt gasmoln efter läckage från gasdriven sopbil*, Diarienummer 2019-001008, Skövde: Räddningstjänsten Östra Skaraborg, 2019.

From, Anders och Wiberg, Georg, *Kompletterande händelserapport – Brand i biogasbuss*, Dnr: 360- 277/2019, Stockholm: Storstockholms brandförsvar, 2019.

Förenta Nationerna/Ekonomiska kommissionen för Europa, F*öreskrifter nr 110 från Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa* (FN/ECE), 2011, https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:120:0001:0108:SV:PDF, hämtad 20 december 2019.

Hagberg, Mikael, Lindström, Johan, Backlund, Petter, *Olycksutredning: Brand i gasbuss*, Diarienummer 0397/16, Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg, 2016.

Hansen. *Firefighter Near Miss: Auto Fire with Compressed Natural Gas (CNG) Fuel Tank Explosion*. Seattle, WA: City of Seattle Fire Department, 2007, https://www.technokontrol.com/pdf/auto-gas-cylinder-explosion-report.pdf

Hüsch, Frank, *Einsatzhinweise für Unfälle mit alternativ angetriebenen Kraftfahrzeugen*, Bruchsal: Landesfeuerwehrschule Baden-Württembberg (LFS-BW), 2018, https://www.lfs-bw.de/Fachthemen/Einsatztaktik-fuehrung/Sonstiges/Documents/Einsatzhinweise_Alternative_Antriebe.pdf, hämtad 16 december 2019.

KSRG, *Skrypt do szkolenia z ratownictwa technicznego realizowanego przez ksrg w zakresie podstawowym*, Warszawa: KSRG, 2018, https://www.drogaratownika.pl/materialy/skrypt-do-szkolenia-z-ratownictwa-technicznego-realizowanego-przez-ksrg-w-zakresie-podstawowym-kg-psp-2018/, hämtad 16 december 2019.

Liljekvist, Pär. *Brand i gasdriven sopbil Östersund 2017*, [powerpoint], https://rib.msb.se/dok.aspx?Tab=2&dokid=28666, hämtad 5 februari 2020.

Matsson, Kjell-Olof, *Trafiksäkerhetshöjande åtgärder för gasbussar*, TSG 2019-5092, Norrköping: Transportstyrelsen, 2019.

Molenaar, Jaap, Wolbers, Manon Oude, van der Veen, Frans, och Meessen, Mariëlle. *Brandweeroptreden bij incidenten met moderne voertuigen*. Arnhem: Instituut Fysieke Veilligheid. 2016.

MSB, *Metangasdrivna fordon: Rekommendationer vid olycka*, MSB731, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2014.

MSB, *Brand i fordonsgasdriven personbil: Risker vid insatser*, MSB900, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.

MSB, *Räddningsinsatser med gasdrivna personbilar*, MSB984, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2016.

Musilin, Kristin, "UPDATE: Investigators determine faulty battery caused CNG truck explosion in NJ", *wastedive.com*, 2 februari 2016, https://www.wastedive.com/news/update-investigators-determine-faulty-battery-caused-cng-truck-explosion-i/412842/, hämtad 20 december 2019.

National Operational Guidance. *Hazard - Roadways: Alternative fuel vehicles*, https://www.ukfrs.com/guidance/search/roadways-alternative-fuel-vehicles, hämtad 21 november 2019.

Naturvårdsverket, *Parisavtalet,* maj 2019, https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/Parisavtalet/, hämtad 16 december 2019.

NFPA. *Gaseous fuel vehicle safety training program: Student manual*. Quincy, Ma: National Fire Protection Association. 2015.

NFPA, *Free alternative fuel vehicle safety training for crash reconstruction operators*, https://www.nfpa.org/Training-and-Events/By-topic/Alternative-Fuel-Vehicle-Safety-Training/Crash-reconstruction-training, hämtad 18 november 2019.

NFPA, *Free alternative fuel vehicle safety training for tow operator*s, https://www.nfpa.org/Training-and-Events/By-topic/Alternative-Fuel-Vehicle-Safety-Training/Tow-operator-training, hämtad 18 november 2019.

NFPA. *NFPA's alternative fuel vehicles safety training program: Emergency field guide 2015 edition.* Quincy, Ma: National Fire Protection Association. 2015.

Nordström, Johan, T*ryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil : olycksutredning,* MSB1099, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017.

Przegląd Pożarniczy, *Safe LNG,* 2014, https://www.ppoz.pl/index.php/ratownictwo-i-ochrona-ludnosci/932, hämtad 16 december 2019.

Przegląd Pożarniczy, *Vehicle fires, 2015*, https://www.ppoz.pl/index.php/warsztat-ratownika/881-pozary-pojazdow, hämtad 16 december 2019.

Räddningstjänsten Syd, *Brand i buss*, maj 2019, https://www.rsyd.se/om-oss/press/Pressmeddelanden-larm/2019/brand-i-buss-vastra-varvsgatan-malmo/, hämtad 9 januari 2020.

Schmitt, Bertel, *Reports of Volkswagen Cars Exploding in European gas stations.* September 2016, https://www.forbes.com/sites/bertelschmitt/2016/09/16/europe-volkswagen-cars-explode-in-gas-stations/, hämtad 10 februari 2020.

SDIS 86, sapeurs-pompiers de la Vienne, *Guide Opérationnel Départemental de Référence Interventions d'urgence sur véhicules,* version 6 - 01/01/2019, https://iuv.sdis86.net/ressources/godr-86-interventions-durgence-sur-vehicules/, hämtad 13 december 2019.

Shebeko, Y. N. & Shebeko, A. Y, "On the mechanism of a BLEVE occurrence due to fire engulfment of tanks with overheated liquids", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 36, 2015, s. 167–170.

Statistiska centralbyrån, *Hitta statistik*, https://www.scb.se/hitta-statistik/, hämtad 10 januari 2020.

Strömgren, Mattias, *Olyckor med gasdrivna fordon – bussar,* MSB 2019-12352, Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019.

SVT Nyheter, *Flera brister bakom bussexplosionen i Stockholm*, https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/flera-brister-bakom-bussexplosion-i-stockholm-city, hämtad 15 oktober 2019.

Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, *Kärlsprängning gasoltank personbil,* 2016, https://rib.msb.se/Filer/pdf/28328.pdf, hämtad 16 december 2019.

Trafikanalys, *Fordon 2018 – Tabellverk* [dataset]. Stockholm: Trafikanalys, 2019, https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/, hämtad 28 november 2019.

U.S. Department of Energy, *Alternative Fuels Data Center*. https://afdc.energy.gov/data/, hämtad 20 november 2019.

U.S. Department of Transportation, *National Automotive Sampling System*, https://www.nhtsa.gov/research-data/national-automotive-sampling-system-nass, hämtad 20 november 2019.

Vollmacher, Kurt och Van Esbroeck, Tom, *Accident involving LNG Truck*, 2018, https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-09/Retex%20LNG%202018%2006%2006%20ENG-reduced%20size.pdf, hämtad 9 januari 2020.

Wargclou, Dan (red.), *Räddning vid trafikolycka – personbil*, MSB209, Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011.

Österreichischer Bundes-feuerwehrverband, *Einsatz mit alternativ angetriebenen fahrzeugen und deren peripherie*. Info E-20, Wien: Österreichischer Bundes-feuerwehrverband, 2018. https://www.bundesfeuerwehrverband.at/wp-content/uploads/2019/03/E-20-2019_Info-1.pdf, hämtad 16 december 2019.

Bilaga 1

Bilaga 1: Data över gas-drivna personbilar inom EU

Tabell 9. Antal personbilar inom EU (plus Liechtenstein, Norra Makedonien, Norge, Schweiz och Turkiet) 2017 uppdelat på nation och drivmedel, *=data saknas (Eurostat, 2019).

Land	LPG	Naturgas	H2 och bränsle-celler	Bi-fuel	Totalt antal	Skillnad mot 2016
Belgien	23	2 121	*	*	2 144	+951
Cypern	0	0	0	0	0	0
Danmark	4	127	84	*	215	+49
Estland	3	562	*	*	565	+89
Finland	2	518	1	2 814	3 335	+1 378
Frankrike	197	389	73	149 446	150 105	-5 895
Irland	*	0	*	*	0	0
Italien[90]	2 211 368	911 246	*	*	3 122 614	*
Kroatien	45	3	1	60 535	60 584	+1 861
Lettland	13 128	146	0	0	13 274	+5 896
Liechtenstein[91]	*	30	*	61	91	*
Litauen	*	71	*	*	71	+21
Luxemburg	271	171	*	*	442	+8
Malta	3	1	0	1 205	1 209	+242
N. Makedonien	11 445	*	*	*	11 445	-155
Nederländerna	132 989	*	*	*	132 989	-10 553
Norge	*	169	98	*	267	+110
Polen	3 038 596	5 355	91	0	3 044 042	-43 959
Portugal	52 315	34	0	4 594	56 943	+5 833
Schweiz	100	4 100	100	6 500	10 800	+600

90. Siffror från 2016.

91. Siffror från 2016.

Land	LPG	Naturgas	H2 och bränsle-celler	Bi-fuel	Totalt antal	Skillnad mot 2016
Slovenien	9 952	217	*	*	10 169	+591
Spanien	17 764	2 430	8	*	20 202	+6 086
Storbritannien	*	402	68	30 894	31 364	-4 080
Sverige	17	8 041	34	35 648	43 740	+20
Tjeckien	47	*	*	*	47	0
Turkiet	4 616 781	61	0	0	4 616 842	+177 211
Tyskland	421 283	75 459	*	*	496 742	-28 470
Ungern	16	1 054	0	27 652	28 722	+1 140
Österrike	2	2 433	19	3 108	5 562	+176
Totalt	**10 526 351**	**1 015 140**	**577**	**322 457**	**11 864 525**	**+109 150**

Bilaga 2

Bilaga 2: Data över gasdrivna bussar inom EU

Tabell 10. Antal bussar inom EU (plus Liechtenstein, Norra Makedonien, Norge, Schweiz och Turkiet) 2017 uppdelat på nation och drivmedel, *=data saknas (Eurostat, 2019).

Land	LPG	H_2	CNG	LNG	Totalt	Skillnad mot 2016
Cypern	0	0	0	0	0	0
Danmark	1	0	154	*	155	+81
Estland	0	*	101	0	101	+30
Finland	6	0	79	0	85	-3
Frankrike	52	*	400	2 424	2 876	+40
Italien[92]	339	*	*	*	339	*
Kroatien	*	*	10	*	10	+10
Lettland	0	0	0	*	0	0
Liechtenstein[93]	*	*	6	*	6	*
Litauen	93	*	*	163	256	+20
Malta	0	0	0	0	0	0
N. Makedonien	36	*	*	*	36	-2
Nederländerna[94]	5	*	656	*	661	*
Norge	*	5	803	*	808	+102
Polen	773	0	506	47	1 326	-13
Portugal	5	0	127	0	13	+3
Rumänien	81	*	29	*	110	*
Schweiz	0	0	200	0	200	0
Slovenien	0	*	83	*	83	-1
Spanien	105	7	2 029	4	2 145	+301’

92. Siffror från 2016.
93. Siffror från 2016.
94. Siffror från 2016.

Land	LPG	H_2	CNG	LNG	Totalt	Skillnad mot 2016
Storbritannien	*	*	216	*	216	+92
Sverige	13	0	2 515	0	2 528	+191
Turkiet	1 145	0	3 000	0	4 145	-22
Tyskland	*	*	19	1 161	1 180	-118
Ungern	0	0	270	0	270	+38
Österrike	191	0	171	*	362	-59
Totalt	**2 845**	**12**	**11 374**	**3 799**	**18 030**	**+690**

Bilaga 3

Bilaga 3: Data över gasdrivna lastbilar inom EU

Tabell 11. Antal gasdrivna lastbilar inom EU (plus Liechtenstein, Norra Makedonien, Norge, Schweiz och Turkiet) 2017 (Eurostat, 2019). *=data saknas.

Land	LPG	CNG	LNG	Totalt	Skillnad mot 2016
Cypern	0	0	0	0	0
Estland	0	170	0	170	+59
Finland	0	160	0	160	+82
Frankrike	197	*	1 678	1 875	+241
Irland	*	3	*	3	-1
Italien	43 292	*	86 593	129 885	*
Kroatien	*	6	*	6	+3
Lettland	294	12	*	306	+136
Liechtenstein[95]	*	10	*	*	*
Luxemburg	84	*	*	84	+7
Malta	0	2	0	2	2
N. Makedonien	510	*	*	510	-33
Nederländerna	16 306	3 573	*	19 879	+1 167
Norge	*	437	*	437	43
Polen	163 371	1 983	17	165 371	-8 196
Portugal	611	30	0	641	6
Schweiz	0	1 700	100	1 800	+100
Spanien	2 633	1 090	4	3 727	+1 119
Storbritannien	*	6 748	*	6 748	+167
Sverige	6	5 712	0	5 718	+446
Turkiet	83 552	66	0	83 618	+747
Ungern	1	167	0	168	+20
Österrike	2	944	*	946	-13
Totalt	**310 859**	**22 813**	**88 392**	**422 054**	**-3 898**

95. Siffror från 2016.

Ett samarbete mellan:

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 **www.msb.se**
Publ.nr MSB1510 - november 2022 ISBN 978-91-7927-020-9