



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Gasdrivna fordon – händelser och standarder

En nationell och internationell utblick



MSB:s kontaktpersoner:
Yvonne Näsman 010-240 40 30
Eleonor Storm 010-240 53 76

Publikationsnummer MSB 1011 – september 2016
ISBN 978-91-7383-671-5

Sammanfattning

Denna rapport beskriver resultaten av ett projekt där framförallt säkerhet och räddning i gasfordon inblandade i incidenter kartlades. Denna kartläggning utfördes i tre steg. För det första kartlades hur bränslesystemet i moderna gasdrivna fordon är uppbyggt. För det andra studerades vilka befintliga standarder och avtal som finns och som reglerar konstruktionen av dessa fordon. Det är främst standarder i Europa och USA som har detta inflytande. Slutligen studerades, främst ur räddningssynpunkt, specifika incidenter som inträffat och hur de relaterar till befintliga standarder och avtal.

Vad som framförallt framstår som en problematik vid räddning där gasfordon är inblandat är val av taktik vid släckning av brinnande gasfordon. Detta har sin grund i att standarder och avtal förordar användandet av smältsäkringar i gastankarna. Dessa har till uppgift att evakuera gastanken vid brand och på så sätt undvika en explosion. Dels innebär denna evakuering att flammor skjuter ut från fordonet vilkas riktning är oförutsägbara. Dels innebär dessa säkringar att man i vissa fall förordar att inte släcka fordonet utan låta det brinna färdigt för att undvika nedkylning av säkringarna. Denna taktik innebär i sin tur en rad osäkerheter vid räddningsinsatsen då det följaktligen inte är tydligt om man bör försöka släcka fordonet eller inte.

Fordonens konstruktion innebär att ledningar med högt gastryck dras längs fordonet vilket kan innebära problem exempelvis vid klippning samt att det kan finnas ledningar med högt tryck i motorrummet. Vidare finns det frågetecken kring mängden gas som kan läcka ut samt vilken tändkälla som kan antända den.

Ett annat potentiellt problem för räddningstjänsten är att det idag inte finns någon enhetlig markering av gasfordon som det exempelvis finns i USA. Detta innebär att räddningstjänsten har svårt att upptäcka att det aktuella fordonet är ett gasfordon.

Ett allmänt säkerhetsproblem som uppmärksammats är att det i rådande standarder och avtal för närvarande inte ingår någon periodisk besiktning av gassystemet. Vidare är det Liquefied Petroleum Gas (LPG) fordon som är vanligast förekommande i Europa medan de är ovanliga i Sverige där Compressed Natural Gas (CNG) är vanligast. När fordon från Europa av olika anledningar används i Sverige kan tankningen av gas innebära vissa risker. Den främsta risken har sin grund av att de två bränslena har olika arbetstryck. Detta innebär i sin tur en risk för explosion om ett LPG fordon tankas med CNG bränsle.

Slutligen är det viktigt att påpeka att användningen av så kallade bränsleceller i fordon innebär samma risker som andra gasfordon. Bränslecellsfordon är utrustade med en tank för vätgas som har cirka tre gånger så högt tryck som en CNG tank.

Förord

Denna rapport är skriven av Mats Lindkvist (Umeå universitet) på uppdrag av MSB. Rapporten behandlar internationella erfarenheter vad beträffar säkerhet och räddning vid tillbud i fordon som använder olika gaser för framdrivningen.

Fordon med gasdrift och då framförallt förnybar biogas har en mindre påverkan på miljön jämfört med konventionella fossila drivmedel som bensin och diesel. Det finns därför starka miljöskäl att utöka användningen av fordon med gasdrift i Sverige.

Det finns andra länder som kommit betydligt längre än Sverige i omställningen till gasdrift men det finns tydliga tecken att användningen snabbt ökar även i vårt land. Eftersom gasdrift innebär att fordonets bränslesystem får en unik utformning, kan denna snabba ökning av fordonsanvändning i infrastrukturen innebära vissa osäkerheter för både ägare, brukare och andra som av olika anledningar måste hantera fordonet. En sådan osäkerhet är t ex att personal inom räddningstjänsten kan ha begränsade kunskaper om nya bränslesystem vilket kan leda till att personalen inte vet hur de ska agera på bästa sätt vid incidenter där gasfordon är inblandade. Denna osäkerhet kan innebära att räddningsinsatsen inte genomförs effektivt och säkert och kan i förlängningen även innebära ökade risker för både åkande i fordonen samt räddningspersonal vid incidenter med gasfordon.

Utformningen av gasfordon är liksom andra fordon reglerat med standarder och lagkrav med främsta syftet att öka säkerheten. Både standarder och lagkrav kan dock variera i olika delar av världen. Syftet med denna studie var därför att undersöka vilka standarder som omger dessa fordon samt hur dessa påverkar säkerhet och räddning. Ett andra syfte var att undersöka hur olika incidenter, med gasfordon inblandade, påverkar standarderna i olika länder som har en stor andel gasfordon i sin fordonsflotta.

Innehållsförteckning

1. Allmänt om gasfordon.....	6
1.1 Olika former av gasdrift.....	6
1.2 Bränslesystemets uppbyggnad	7
2. Standarder och avtal för gasfordonens konstruktion	9
2.1 Standarder och avtal i Europa	9
2.2 Standarder och avtal i USA	10
3. Omvärldsanalys av gasfordon.....	12
3.1 Sverige	12
3.1.1 Gasfordon	12
3.1.2 Incidenter	14
3.2 Europa	17
3.2.1 Gasfordon	17
3.2.2 Incidenter	19
3.3 USA	22
3.3.1 Gasfordon	22
3.3.2 Incidenter	22
3.3.3 Övriga erfarenheter	25
3.4 Iran	27
3.5 Pakistan	29
4. Diskussion	30
5. Referenser	34

1. Allmänt om gasfordon

1.1 Olika former av gasdrift

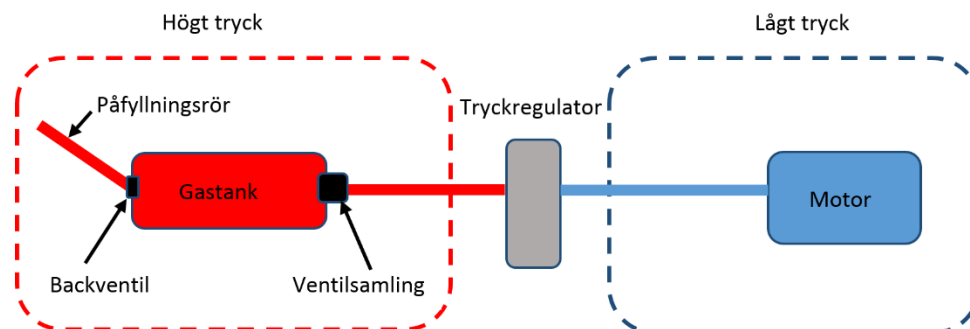
När man i olika sammanhang nämner ordet gasbilar eller gasfordon menas i regel fordon som drivs med metangas i olika former. Denna metangas kan ha två ursprung, dels s.k. biogas som framställs genom mikrobiell nedbrytning av organiskt material, som exempelvis avfall, och dels naturgas som är ett fossilt bränsle som pumpats upp ur marken.

I jämförelse har metangas en stor volym jämfört med andra bränslen som bensin och diesel vid normalt atmosfärtryck. För att detta ska vara hanterbart behöver man därför lagra och hantera gasen under ett relativt högt tryck. Beroende på hur man tekniskt gör detta får systemet olika beteckningar.

- CNG (Compressed Natural Gas) är helt enkelt trycksatt metangas i upp till 230 bar. Vid tankning måste därför anslutningen mellan tankstosen och påfyllningsanslutningen på bilen klara detta tryck. Beteckningen kan vara förvirrande då den antyder att det bara rör sig om naturgas men det kan naturligtvis även vara biogas som trycksatts. Därför ser man även beteckningen Compressed Bio Gas (CBG) som i Sverige även kallas för fordonsgas.
- LPG (Liquefied Petroleum Gas) innebär att gasen är flytande. Detta är undantaget från metangas då gasen i regel utgörs av propan som i Sverige även får beteckningen gasol, som också kallas motorgas i Sverige. Som namnet (petroleum) antyder är detta ett helt fossilt drivmedel som utvinns genom raffinering av råolja. I gasform har detta drivmedel 250 gånger så stor volym som det har i flytande form. Eftersom drivmedlet är flytande vid tankning innebär det att tankningen behöver ske under cirka 10 bar. I rumstemperatur (20° C) är kondensationstrycket 2,2 bar. Över det trycket behålls gasen i huvudsak som vätska vid rumstemperatur. Detta innebär i sin tur att detta drivmedel har ett betydligt lägre arbetstryck, cirka 20 bar, jämfört med CNG.
- LNG (Liquefied Natural Gas) innebär samma förfarande som LPG, men gasen kyls ner till -160° C och blir då flytande. Gasen utgörs dock i huvudsak av metan istället för propan. I övrigt har LNG samma fördelar som LPG vad beträffar hantering och arbetstryck. Om gasen framställts som biogas kallas drivmedlet istället LBG (Liquefied Bio Gas).

1.2 Bränslesystemets uppbyggnad

Syftet med denna framställning är att göra generisk beskrivning av bränslesystemets konstruktion i ett gasfordon. Bränslesystemet kan sägas vara uppdelat i en hög- och en lågtrycksdel enligt figur 1 nedan.



Figur 1. Generisk funktionsmodell av bränslesystemet i ett gasfordon.

Det är gastanken som är den centrala komponenten i högtrycksdelen. Genom påfyllningsröret fylls tanken med ny gas vid tankning. En backventil förhindrar att påfylld gas strömmar ut genom påfyllningsröret. På motorsidan, närmast tryckregulatorn, finns på gastanken en samling på fyra ventiler som har följande namn och uppgifter:

1. Flödesvakt eller rörbrottsventil. Vid ett kraftigt tryckfall i ledningarna i högtrycksdelen till tryckregulatorn stänger den igen. Detta innebär alltså att det på något sätt uppstått ett tillräckligt stort läckage i ledningen kommer matningen från tanken att stänga igen.
2. Magnetventil. Den är som namnet antyder elektroniskt styrd. När bilens tändning stängs av stängs även denna ventil. Det finns även möjligheter att koppla denna funktion till olika sensorer som känner av om bilen är inblandad i en kollision och då stängs också ventilen av.
3. Manuell ventil. En ventil som möjliggör att man manuellt kan strypa gastillförseln.
4. Smältsäkring eller termosäkring. En säkring som innebär att ventilen öppnas när smältsäkringen smälter vid 110° C. Smältsäkringen sitter normalt på någon ände av tanken. Detta är då tänkt att inträffa när det uppstått brand kring tanken. Då ska gasen i tanken evakueras för att tanken inte ska explodera. När tanken evakueras på detta sätt i samband med brand kan det uppstå kraftiga eldsflammar. Denna smältsäkring kan även sitta på påfyllnadssidan utan att förlora sin funktion. Vid större tankar sitter en ventil av denna typ på var ända av tanken.

Mellan högtrycksdelen och lågtrycksdelen finns en tryckregulator. Den kan sägas ha samma uppgift som bränslepumpen i ett bensen- eller dieselfordon, det vill säga att förse motorn med bränsle under ett konstant och jämförelsevis lågt tryck, oavsett aktuellt tryck i tanken.

En viktig detalj angående tanken är skillnaden mellan LPG (även LNG) och CNG (även CBG). Eftersom det flytande drivmedlet har ett maximalt arbetstryck på bara 20 bar jämfört med det komprimerade på 230 bar så ställs betydligt större krav på tankens hållfasthet med det senare (CNG) drivmedlet.

Gastanken kan i princip vara placerad på två sätt. Dels kan den vara placerad under fordonet på den plats där tanken för bensin eller diesel sitter. Nackdelen med denna placering är att tanken då är mer utsatt för både mekanisk påverkan och aggressiv miljö som bland annat kan medföra korrosion. Dels kan tanken placeras i bagageutrymmet. Nackdelen med denna placering är att bagageutrymmet är en del av kupén vilket innebär att ett läckage kommer att spridas i kupén. En annan nackdel är att gods i bagageutrymmet kan orsaka skador på ventiler och rör.



Fig. 2. Placering under golv



Fig. 3. Placering i bagageutrymme.

Slutligen finns det tre varianter av gasfordon vilka namnges med avseende på möjligheten att även köra på andra drivmedel:

- Enbart gasdrift.
- Bi-fuel. Två separata bränslesystem där ett är gas och det andra bensin eller diesel. Det finns bara möjlighet att köra på ett drivmedel i taget.
- Dual-fuel. Oftast på tunga fordon där det är möjligt att blanda exempelvis gas och diesel samtidigt. Man kan då öka effekten tillfälligtvis genom att blanda mer eller mindre diesel i bränslet.

2. Standarder och avtal för gasfordonens konstruktion

Denna sammanställning av standarder gör inget anspråk på att vara komplett, det vill säga den redovisar inte samtliga standarder och avtal som finns för området. Istället beskrivs de standarder och avtal som haft störst inverkan på konstruktionen av gasbilar i Europa och USA.

2.1 Standarder och avtal i Europa

Det i Europa gällande internationella avtalet för gasfordon är ECE R110. Det innehåller bestämmelser för typgodkännande av dessa fordon, både personbilar och bussar. Det innehåller bestämmelser dels för specifika komponenter, dels för installationen av dessa komponenter i CNG eller LNG fordon som bygger på en rad ISO-standarder.

ISO 11439:2013 Gasflaskor - Högtrycksflaskor för bränsletankar till naturgasdrivna motorfordon.

ISO 14469-1:2006 Koppling för påfyllning av komprimerad naturgas - Del 1: Koppling för 20 MPa (200 bar)

ISO 14469-2:2008 Koppling för påfyllning av komprimerad naturgas - Del 2: Koppling för 20 MPa (200 bar)

ISO 14469-3:2006 Koppling för påfyllning av komprimerad naturgas - Del 3: Koppling för 25 MPa (250 bar)

ISO 15403:2006 Naturgas för användning som komprimerad motorbränsle

Följande ISO standarder gäller komponenter till bränslesystem för komprimerad naturgas.

ISO 15500-1:2001 Allmänna krav och definitioner

ISO 15500-2:2001 Prestanda och allmänna provningsmetoder

ISO 15500-3:2001 Backventil

ISO 15500-4:2001 Manuell ventil

ISO 15500-5:2001 Manuell cylinderventil

ISO 15500-6:2001 Automatisk ventil

ISO 15500-7:2003 Gasinjektor

ISO 15500-8:2001 Tryckmätare

ISO 15500-9:2001 Tryckregulator

- ISO 15500-10:2001 Gasflödesjusterare
- ISO 15500-11:2001 Gas/luftblandare
- ISO 15500-12:2001 Övertrycksventil
- ISO 15500-13:2001 Övertrycksanordning
- ISO 15500-14:2003 Överströmningsventil
- ISO 15500-15:2001 Urtag för gastätning och ventilations slang
- ISO 15500-16:2001 Styv bränsleledning
- ISO 15500-17:2001 Böjlig bränsleledning
- ISO 15500-18:2001 Filter
- ISO 15500-19:2001 Kopplingar
- ISO 15500-20:2007 Styv bränsleledning av annat material än rostfritt stål.

Vad gäller periodisk kontroll av gastanken finns det även en ISO standard för detta, ISO 19078: 2013, gasflaskor - kontroll av gasflaskinstallation och förnyad kvalificering av högtrycksflaskor för mobila bränsletankar till naturgasdrivna motorfordon. Denna kontroll ingår dock inte i det europeiska regelverket för CNG-fordon ECE R110. För närvarande pågår ett arbete inom ISO att bättre specificera kraven för regelbundna inspektioner ISO/TC 58/SC 4. Än så länge har därför olika länder inom EU olika regelverk vad beträffar regelbundna inspektioner.

2.2 Standarder och avtal i USA

I USA hanteras gasfordon genom ett antal standarder. Den mest omfattande är den av NFPA (National Fire Protection Association) kallad NFPA-52 Vehicular Gaseous Fuel Systems Code. Den bygger till stora delar på standarder utarbetade av CGA (Compressed Gas Association) för systemets komponenter. I detta sammanhang kan följande nämnas:

NGV 2 Natural Gas Vehicle Containers

NGV 1 Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fueling Connection Devices

NGV 3.1 Fuel System Components for Natural Gas Powered Vehicles

NGV 4.1 Dispensing Systems

NGV 4.2 Hoses for Natural Gas Vehicles and Dispensing Systems

NGV 4.3 Temperature Compensation Devices for Natural Gas Dispensing Systems

NGV 4.4 Breakaway Devices for Natural Gas Dispensing Hoses and Systems

NGV 4.5 Priority and Sequencing Equipment for Natural Gas Dispensing Systems

NGV 4.6 Manually Operated Valves for Natural Gas Dispensing Systems

NGV 4.7 Automatic Valves for Use in Natural Gas Vehicle Fueling Stations

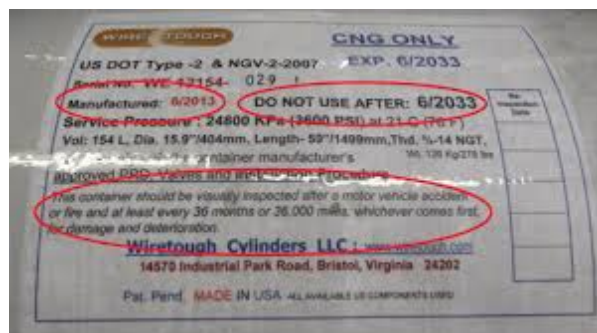
NGV 4.8 Natural Gas Fueling Station Reciprocating Compressor Guidelines

Slutligen finns en standard från CGA benämnd CGA C6-4 som beskriver en regelbunden inspektion av gastanken. Vad gäller periodiciteten ska kontroll göras vart tredje år eller efter 36 000 miles. Kontrollen ska utföras av utbildad personal med erfarenhet av trycktankar. På gastankarna sätts därför en dekal där det anges att tanken ska inspekteras regelbundet samt möjlighet att notera när besiktning utförts.

En viktig detalj i NFPA-52 är dessutom att fordon med gasdrift ska märkas med en specificerad dekal på ett synligt område på fordonet.



Figur 5. Märkning av CNG fordon



Figur 6. Märkning samt instruktioner för periodiskt underhåll.

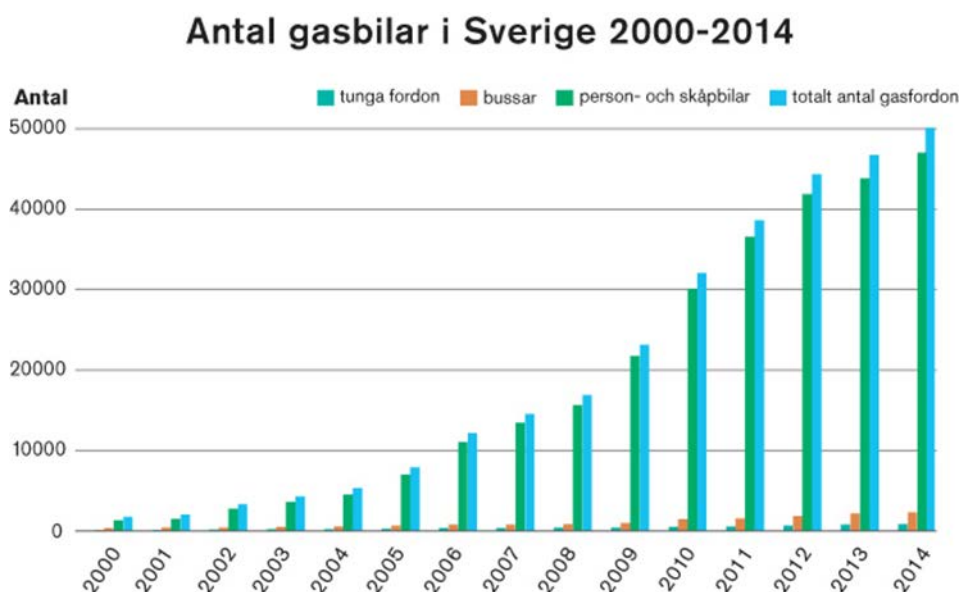
3. Omvärldsanalys av gasfordon

En omvärldsanalys beträffande gasfordon har utförts. Ett urval av länder har studerats. Analysen har utförts i två avseenden, dels förekomsten av och andelen gasfordon i respektive land dels hittad rapportering som beskriver incidenter där gasfordon varit inblandade i respektive land. Urvalet av länder att studerade har begränsats till Europa och USA på grund av att det i dessa länder finns en väl definierad standard och lagstiftning kring gasfordon. Dessutom har förhållandena i Iran och Pakistan studerats på grund av att dessa länder har den största andelen gasfordon i sina fordonsflottor.

3.1 Sverige

3.1.1 Gasfordon

I Sverige har antal registrerade gasfordon ökat från nära noll till 50 000 (2014) de senaste 15 åren, se figur 2 nedan.



Figur 4. Antal registrerade gasfordon i Sverige de senaste 15 åren. Källa: Energigas Sverige (www.gasbilen.se)

De flesta gasfordon i Sverige drivs av CNG eller CBG, även benämnd fordonsgas. I Sverige finns idag drygt 150 tankningsställen för detta drivmedel. Enligt websidan miljöfordon (www.miljöfordon.se) som drivs av miljöförvaltningen i Stockholm samt gatukontoret i Malmö räknas gasbilar till

s.k. miljöfordon vilket bland annat ger ekonomiska fördelar. Det finns två sätt att erhålla ett gasfordon:

1. Konvertera ett befintligt fordon till gasdrift vilket varit tillåtet i Sverige sedan 2008. Ett konverterat fordon måste dock genomföra en ny registreringsbesiktning som genomförs av certifierade företag som specialiserat sig på området. Det går att göra konvertering till både CNG och LPG. Vid konverteringen placeras gastanken i regel i bagageutrymmet.
2. Köpa ett färdigt gasdrivet fordon från någon biltillverkare. Enligt miljöfordon.se finns följande tillverkare och modeller till salu på den svenska marknaden 2015. Samtliga är av så kallad bi-fuel typ och tankas med CNG eller CBG:
 - Audi A3 (5 modeller)
 - Fiat Punto
 - Ford C-max (2 modeller)
 - Ford Focus (3 modeller)
 - Mercedes B-klass (3 modeller)
 - Mercedes E-klass (2 modeller)
 - Opel Combo Tour
 - Opel Zaphira Tourer
 - Seat Leon (2 modeller)
 - Seat Mii
 - Skoda Citigo
 - Skoda Octavia (6 modeller)
 - Suzuki S-Cross (7 modeller)
 - Suzuki Swift (6 modeller)
 - VW Caddy (3 modeller)
 - VW Golf (4 modeller)
 - VW up! (2 modeller)
 - Volvo V60 (3 modeller)
 - Volvo V70 (2 modeller)

Vad gäller tyngre fordon och bussar har sökning gjorts på svenska tillverkares hemsidor.

- Volvo Trucks: Volvo FE CNG för soptransporter och stadsdistribution.
- Volvo Bussar: Man kan få olika modeller med olika gasmotorer.
- Scania: Har tre gasmotorer, två för buss och en för lastbil. Både för CNG och LNG där den sistnämnda har längre räckvidd.

Det finns dock även några hundratal LPG fordon i Sverige och det finns idag 38 tankstationer för LPG eller motorgas (19 aug 2016) enligt Energigas Sverige (www.energigas.se).

3.1.2 Incidenter

Stockholm 2010-01-29:

I detta fall var det en Subaru Legacy av 1996 årsmodell, som konverterats till LPG drift i ett annat land, troligtvis Tyskland. Bilen hade befunnit sig i Sverige i cirka två veckor när föraren skulle försöka tanka bilen vid en CNG tankstation. Eftersom tankanslutningen inte får passa till en bil för LPG-drift hade föraren felaktigt skaffat en adapter. Då tanken för en bil med LPG-drift beräknats för ett betydligt lägre tryck exploderade tanken i en tryckkärlexplosion när den fylldes med 230 bar.

Linköping 2015-05-05:

Tanken på en gasdriven taxibil av märket Volkswagen Touran exploderade vid tankning. Föraren fick endast lätta skador då han befann sig en bit bort från bilen. Bilen omfattades av en återkallelse som Volkswagen utförde i två steg. I första steget inkallades fordonen till verkstad för att få skadade tankar avstängda varvid fordonen fick kortare räckvidd eftersom totala tankvolymen minskade. I det andra steget skulle fordonen in på verkstad igen för att få tanken utbytt. Enligt uppgift hade den aktuella bilen inte genomfört denna återkallelse. Enligt Volkswagens tekniker, som undersökt fordonet, så hade tanken en skada (buckla) som förmodligen uppstått då tanken slagit i något vid exempelvis terrängkörning. Det tillbucklade området på tanken hade sedan rostat varvid området försvagats och sedan brustit vid tankningen.



Figur 5. Tankstation med taxibil.



Figur 6. Taxibilens bakdel.

Linköping 2015-07-10:

En gasbil av okänt märke började brinna i en garagelänga. Räddningstjänsten lyckades släcka branden i fordonet och tre andra fordon rökskadades. Enligt uppgift kände räddningstjänsten under släckningsarbetet inte till att fordonet ifråga var en gasbil. Polisens tekniker kunde sedan konstatera att fordonet var en gasbil men att tanken inte blivit skadad av branden. Enligt dessa tekniker startade branden i instrumentpanelen, förmodligen på grund av elfel. Brandens uppkomst berodde alltså inte på gasläckage.

Lysekil 2012-12-30:

En gasdriven Volkswagen Passat, av 2010 årsmodell, som stått parkerad i cirka två dygn började brinna. Trots årstiden hade bilens motorvärmare inte anslutits till ett eluttag. När räddningstjänsten larmades skickades två fordon till platsen, en pick-up och en släckbil. Pick-upen anlände först till brandplatsen men släckbilen körde fel och anlände inte förrän branden var fullt utvecklad. Då pick-upen inte hade någon släckningsutrustning att bekämpa branden med kunde föraren av denna samt bilens innehavare inte göra annat än att betrakta brandens utveckling. Efter ett tag smälde det till och en eldslåga på 6-7 meter sköt ut från fordonet och antände ett buskage i närheten. Först efter att även bensintanken fattat eld anlände släckbilen och branden började bekämpas. Enligt de som först anlät i pick-upen började branden i främre delen av kupén (instrumentpanelen).



Figur 7. Eldslåga från fordonet.



Figur 8. Utbränt fordon.

Helsingborg 2012-02-14:

Två gasdrivna lokalbussar började brinna vid en ändhållplats. Olyckan har utretts av Haverikommissionen. Den första bussen, en Man, stod vid hållplatsen och hade släppt på passagerare. Den andra bussen, en Volvo, körde fram och in i bakändan på den första bussen i cirka 10 km/h. Det var halt väglag vid kollisionstillfället. Motorutrymmet på den påkörda bussen (i bakänden) deformerades cirka 10 cm. På grund av deformationerna skadades bränslefiltret samt en behållare för hydraulolja. Enligt Haverikommissionens utredning fanns det en spänningssatt glödlampa i motorrummet trots att tändningen var avslagen. Lampan krossades på grund av deformationen och antände läckande gas från bränslefiltret vilket startade branden. Senare antändes även hydrauloljan vilket medförde att branden utvecklades vidare. Eftersom bussarna var placerade mot varandra spred sig branden till bägge bussarna. Föraren av den första bussen hjälpte sina passagerare att evakuera bussen vilken rökfylldes snabbt under denna manöver. Bägge bussarna

övertändes inom fem minuter och smältsäkringarna på gastankarna på bägge bussarna utlöstes, varvid eldslägor sköt ut från fordonen. Lågorna antände en rastlokal som fanns i ändhållplatsens närhet. Allt detta hade redan inträffat när räddningstjänsten. Branden släcktes sedan med mellanskum. Slutligen noterade Haverikommissionen att Man-bussens automatiska släckningssystemet i motorrummet var ur funktion.

Om detta system hade fungerat kunde brandens häftiga förlopp ha dämpats och evakueringsarbetet hade kunnat ske på ett lugnare sätt.



Figur 9. Två bussar i brand

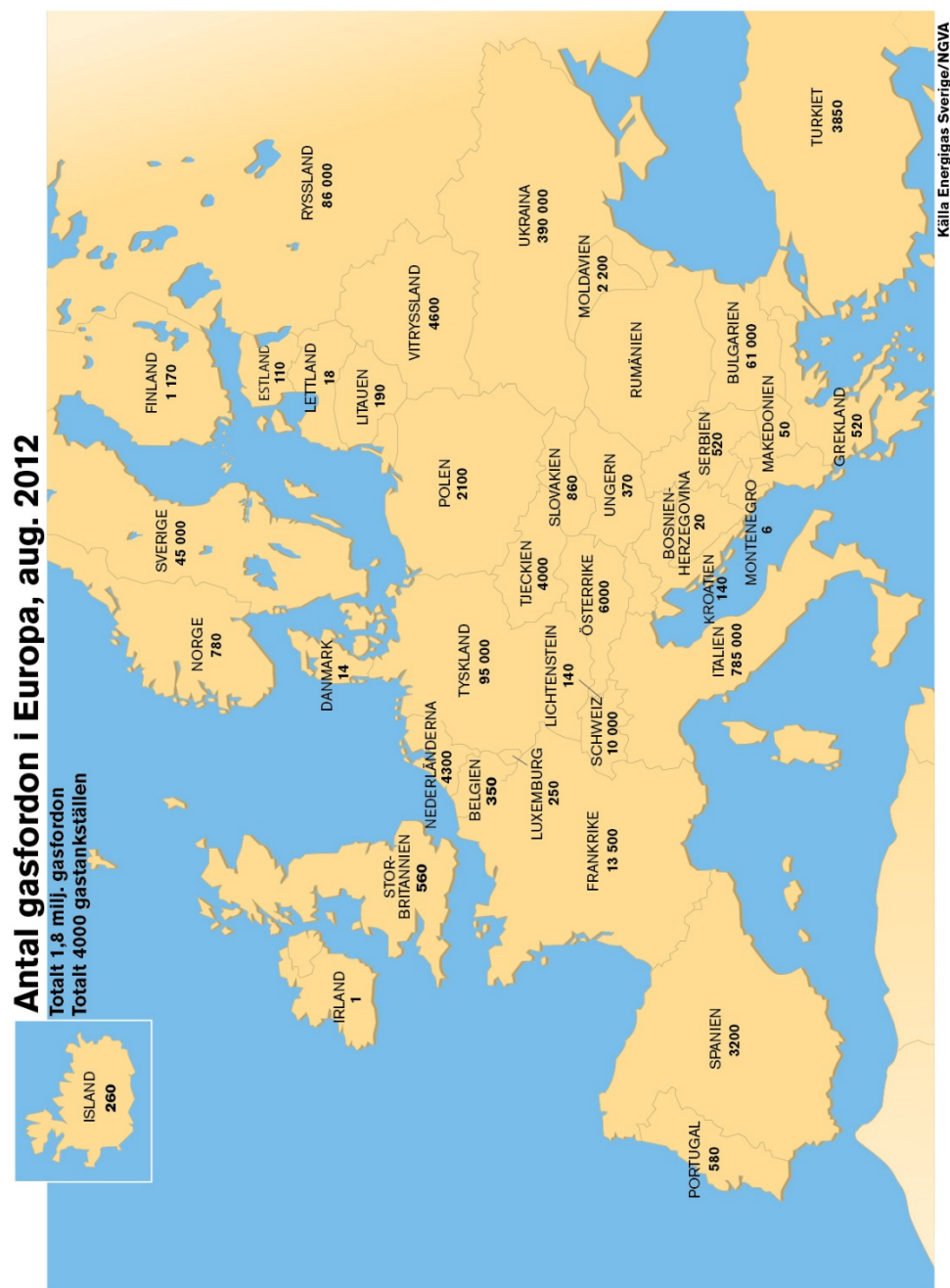


Figur 10. Bussens motorrum.

3.2 Europa

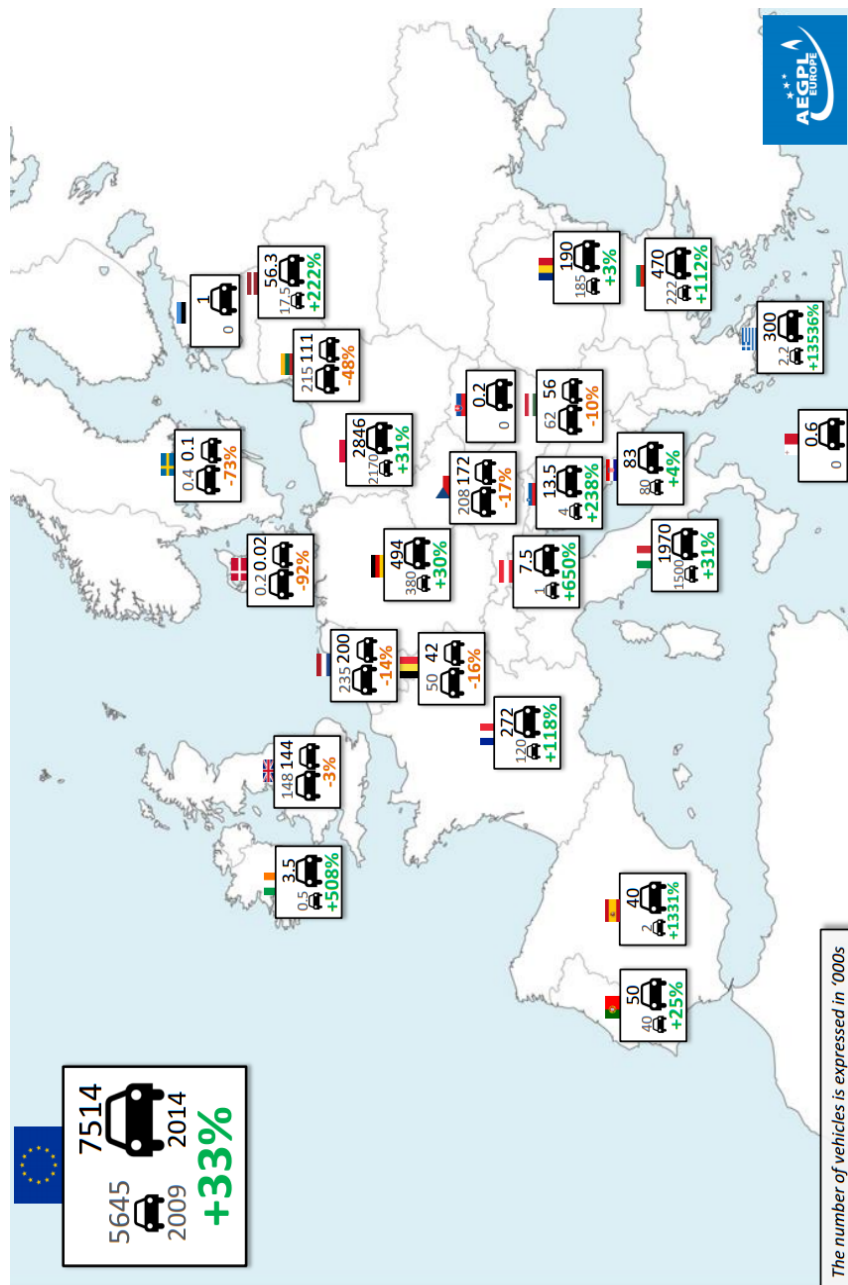
3.2.1 Gasfordon

Antalet gasfordon eller närmare bestämt NGVs (Natural Gas Vehicle), som alltså drivs av CNG i Europa, framgår av figur 11 nedan.



Figur 11. Antalet NGVs i Europa under 2012. Källa: Energigas Sverige

Som framgår av figur 11 ovan så har Italien utan tvekan flest CNG-fordon i Europa med 785 000 fordon. Det land som har näst flest fordon är Tyskland som har 95 000 fordon. Det finns dock även ett stort antal fordon som drivs med LPG i Europa. Antalet i respektive land framgår av figur 12 på nästa sida.



Figur 12. Antalet samt förändring av antalet LPG fordon i Europa (2009- 2014).

Källa: European LPG Association (<http://www.aegpl.eu>)

Vad gäller LPG-fordon framgår det i figur 12 att antalet i Sverige har minskat från 400 stycken år 2009 till 100 stycken år 2014. Det land som 2014 har flest LPG-fordon i Europa är Polen med 2 846 000 stycken, tätt följd av Italien med 1 970 000 stycken. I Tyskland finns 494 000 LPG-fordon, i Frankrike 272 000 samt Belgien med 200 000 stycken.

Av figurerna 11-12 framgår det alltså att det finns ett mycket litet antal LPG fordon i Sverige medan de dominerar i antal jämfört med CNG i de större europeiska länderna som Tyskland, Polen, Frankrike och Italien.

3.2.2 Incidenter

Saarbrücken 2003-05-12:

En buss började brinna vid en uppställningsplats för bussar. Den aktuella bussen liksom de andra bussarna som parkerats intill drevs av CNG. Varje buss hade 10 gastankar på vardera på 172 liter samt 200 bars tryck. Branden startade i motorrummet i den aktuella bussen, förmodligen då läckande olja hade kommit i kontakt med heta ytor i motor utrymmet bak i bussen. Folk på plats försökte släcka branden utan att lyckas och branden spred sig till en buss som stod parkerad nära bakkdelen på den buss där branden startat. Den lokala räddningstjänsten anlände till platsen 10 minuter efter att branden startade. Vid denna tidpunkt var branden fullt utvecklad och smältsäkringarna på gastankarna löste ut och därför sköt eldslägor ut när tankarna tömdes. Var och en av gastankarna på de två bussarna (totalt 20 stycken) var utrustade med en smältsäkring i var ände. På 19 av tankarna löste bägge smältsäkringarna ut och tankarna evakuerades på gas. På en tank på den bakre bussen utlöstes dock inte smältsäkringarna och tanken exploderade, ungefär 15 minuter efter branden startat. En stor bit av tanken flög iväg på grund av explosionen, genom en vägg, studsade sen på en annan vägg och landade slutligen på taket av en annan buss. Den del av bussen som den tank som flög iväg var placerad på betraktade brandmännen som att elden var under kontroll. Efter branden ansågs orsaken till explosionen vara att tanken befann sig över en elektriskt styrd taklucka. På grund av branden kortslöts styrningen varvid takluckan öppnades. Gastanken kunde då utsättas för lågor på dess centrala delar, från den underliggande branden., Tanken värmdes då upp utan att smältsäkringarna i ändarna värmdes till 110° C varpå tanken slutligen exploderade. Det skyddande plasthöljet över tankarna bidrog förmodligen också till explosionen



Figur 13. Slutligt läge för gastanken.



Figur 14. Ej utlöst smältsäkring.

Montbéliard Frankrike 2005-08-01:

Brand i en buss. Den aktuella bussen hade 9 gastankar på vardera 126 liter och 200 bars tryck. Varje tank var utrustad med en smältsäkring med utlopp i både höger och vänster ände på respektive tank. Dessutom fanns en smältsäkring i bägge ändar om tanksystemet för att evakuera hela systemet innan en eventuell brand nådde detta. När föraren den aktuella dagen med full tank inledde sitt körpass, så varnade instrumenten i instrumentbrädan att batteriet inte laddade. Efter ett telefonsamtal med busscentralen föreslogs att han skulle

försöka stanna och starta om motorn för att nollställa systemet. Han lyckades dock inte stanna motorn som trots att han stängt av tändningen fortsatte att gå. Föraren fortsatte att köra och cirka fem kilometer senare upptäckte han att det kom rök från den vänstra motorrumsventilationen. Föraren stannade och försökte släcka elden utan att lyckas och kontaktade därför räddningstjänst. Räddningstjänsten var på plats 13 minuter efter anropet och när de anlände slog eldslågor ut från de tankar vars smältsäkring utlösts. Brandmännen utrymde omgivningen och försökte kyla ner tankarna på taket. Cirka 10 minuter efter räddningstjänstens ankomst exploderade den främre tanken och orsakade skador inom en radie på 100 meter. Delar av tanken skadade bland annat taket på en fastighet 30 meter från bussen. Explosionen medförde också att den närliggande tanken till den exploderande tanken slungades iväg 10 m till andra sidan vägen. En starkt bidragande orsak till detta förlopp var att bussens gassystem var byggt före införandet av ECE R110 och byggdes enligt en äldre fransk standard. Denna äldre standard syftade till att minska effekterna av en eventuell brand i tunnlar eller garage. Smältsäkringarna var därför utrustade med en strypning så att gasen evakuerades under längre tid, så mycket som 25-30 minuter. Med den våldsamma utvecklingen av branden var detta inte tillräckligt och en av tankarna exploderade därför. Man misstänkte även att tank nummer ett var manuellt avstängd från det övriga systemet för att ha som reservtank. En total evakuering av systemet påverkade därför inte denna. Vidare misstänktes det att i likhet med fallet i Saarbrücken så värmdes tanken centralt utan att smältsäkringarna på tanken påverkades tillräckligt för att evakuera tanken i tid. Smältsäkringarna på den exploderande tanken återfanns inte efter explosionen. Brandorsaken fastställdes till ett elfel i motorrummet.



Figur 15. Utbränd buss.



Figur 16. Gastank

Bordeaux 2005-11-08:

Brand i en buss. Den aktuella bussen hade 9 gastankar på vardera 126 liter och 200 bars tryck. Varje tank var utrustad med en smältsäkring med utlopp i både höger och vänster ände på respektive tank. Dessutom fanns en smältsäkring på bägge sidor om tanksystemet för att evakuera hela systemet innan en brand nådde detta. I detta speciella fall slängdes en Molotov cocktail in i bussutrymmets bakre del på en parkerad buss. Vid tidpunkten var tanksystemets tryck mellan 70-100 bar. Branden utvecklades snabbt och flammor slog ut från en öppning i taket framför tank nummer ett som sedan exploderade. Detta inträffade före räddningstjänstens ankomst till platsen. Eldslågor slog också ut från de resterande tankarna när deras smältsäkringar utlöstes.



Figur 17. Utbränd buss.



Figur 18. Gastank

Wassenaar, Holland 2012-10-29:

Brand i en Man-buss. CNG-systemet, som utförts av en underleverantör (Raufoss), bestod av åtta tankar på totalt 1 700 liter under maximalt 200 bar tryck. På var sida av respektive tank fanns en smältsäkring som ventilerar tanken då temperaturen uppnått 110° C. Vid tidpunkten för branden fanns det fem passagerare plus förare i bussen. Föraren upptäckte att det kom rök från motorrummet under körning och stannade därför bussen på närmast lämpliga plats. Han ringde och rapporterade händelsen till busscentralen som i sin tur ringde räddningstjänsten. Föraren evakuerade passagerarna och gick sedan bak till motorrummet med en brandsläckare för att försöka få kontroll på branden. Föraren lyckades inte få kontroll utan branden spred sig snabbt in i bakre kupéutrymmet. Räddningstjänsten anlände till platsen 11-14 minuter efter att föraren ringt till busscentralen. Vid denna tidpunkt var branden fullt utvecklad och brandmännen försökte därför enbart kontrollera att branden inte spred sig. En lite stund senare hade smältsäkringarna smält och gasen i tankarna evakuerades. I samband med evakueringen av gasen uppstod 15-20 m långa eldsflammar. Enligt utredningen startade branden på grund av att hydraulolja läckte från kylfläkten och när oljan träffade heta ytor i motorrummet antändes den. Branden spred sig sedan till andra oljor i utrymmet.



Figur 19. Brandens start.



Figur 20. Eldsflammar från tankevakning.

Segeberg, Tyskland 2014-08-15.

En ensam förare i en personbil, Ford Focus med LPG-drift, kör längs en landsväg. Han kör av vägen och träffar ett träd. Hastigheten var förmodligen hög eftersom föraren omkom i kraschen mot trädet. Bilen började brinna efter kollisionen och räddningstjänst tillkallades av förbipasserande trafikanter. När

den räddningstjänsten kom till platsen var bilen övertänd. Räddningstjänsten påbörjade därför släckningsarbetet. En kort stund efter att släckningsarbetet påbörjats exploderade bilens gastank. Explosionen skadade 10 brandmän varav fem allvarligt. Brandmännen fick bland annat svåra brännskador. En omfattande räddningsinsats med bland annat helikoptertransport fick iscensättas för att rädda brandmännen. Efter händelsen framförde personalen en massiv kritik angående att fordonen med gasdrift inte är märkta ordentligt .av . Brandmännen hade ingen aning om att det var ett gasfordon de släckte.



Figur 21. Hämtning av skadade brandmän.

Figur 22. Bilvrak.

3.3 USA

3.3.1 Gasfordon

I USA fanns det 2015 cirka 153 000 CNG fordon som användes på de amerikanska vägarna, samt cirka 1 640 tankningsställen för dessa fordon. Det fanns vidare cirka 50 tillverkare som tillsammans erbjöd ett hundratal olika modeller av både bilar och tyngre fordon. Intresset för dessa fordon har ökat då de klarar de utsläppskrav som introducerats i Kalifornien (AT-PZEV kraven).

3.3.2 Incidenter

Seattle 2007-03-26:

Räddningstjänsten i Seattle, på den nordliga delen av den amerikanska västkusten, fick ett larm om en bilbrand. Branden hade startat i någon av de parkerade bilarna på en parkeringsplats under en motorvägsviadukt. När räddningstjänsten anlände till platsen där ett antal bilar stod i brand började de bekämpa branden med vattenslang från ett avstånd på 15-25 meter. När brandmännen på detta sätt startat brandbekämpningen exploderade tanken på en CNG bil, en Honda Civic med en komposittank i bagageutrymmet. Ingen av brandmännen skadades av explosionen som spred delar av bilen på ett stort område- Bland annat flög resterna av tanken 35 meter.

Enligt Seattles räddningstjänst genomfördes en omfattande utredning av fordonet .. Hur branden startade och i vilket fordon detta skedde, kunde inte fastställas. Honda skickade en delegation av utredare från Japan, tillverkaren av gastanken samt tillverkaren av gastankens ventiler. Dessutom visade NHTSA (National Highway Safety Administration) intresse av att ta del av

dessa resultat. Information kring vad denna utredning kom fram till har sökts men inte hittats. Räddningstjänsten konstaterade dock att gastanken med största sannolikhet hade exploderat utan att tanken evakuerats via smältsäkringarna, det vill säga att den inte fungerade som det var avsett. En annan detalj är att CNG-märkningen fanns på bilens bakdel medan brandmännen närmade sig den brinnande bilen framifrån. Brandmännen var därför omedvetna om att det var en CNG-bil.

Denna information är inhämtad från en rapport som Seattles brandkår författat kring händelsen. I denna rapport beskriver de också vilka lärdomar som insatsen medfört. En är att räddningspersonalen bör närma sig ett brinnande gasfordon med 45° vinkel, det vill säga närma sig mot fordonets hörn. Det bästa sättet att stoppa flödet av gas i systemet är att stänga av tändningen så att magnetventilen stängs.



Figur 23. Parkering.



Figur 24. Bilvrak.

Indianapolis 2015-02-27:

En brand startade i soplasten i en CNG driven sopbil när den befann sig vid ett affärsområde en tidig morgon. Föraren, som var instruerad att tippa lasten vid brand, kunde inte genomföra detta eftersom bilen stod under högspänningsledningar som föraren bedömde skulle påverkas vid tippning av lasten. När räddningstjänsten anlände till platsen blev de informerade av föraren att det fanns gastankar på överdelen av sopbilen. Brandmännen började genast försöka bekämpa branden med vatten via brandslangar., Dessutom gjordes försök att kyla ner gastankarna genom att spruta vatten på dessa. Ungefär 15 minuter efter att räddningstjänsten anlant till platsen exploderade en eller flera gastankar, vilket medförde att splitter från explosionen spreds över ett stort område. En brandman träffades i hjälmen av ett splitter med sådan kraft att han slogs till marken. I övrigt skadades ingen mer av denna explosion. Brandmännen sökte skydd och efter en stund hade sammanlagt fem gastankar exploderat. En av de exploderande gastankarna flög iväg och landade 400 meter därifrån på en skolgård. Eftersom det var så tidigt på morgonen fanns det dock inga elever närvarande.

Samtliga gastankar hade smältsäkringar i var ände och dessa uppfyllde i sin tur gällande amerikanska standarder. Gastankarna som var placerade på taket hade skyddshuvor vilket enligt den efterföljande utredningen förhindrade att räddningstjänsten sprutade vatten direkt på gastankarna och därmed kylde

dem. Istället misstänker man att vattnet kylde smältsäkringarna som därför inte utlöste och värmen fick istället gasen i tankarna att nå det kritiska trycket så att tankarna exploderade.

Denna händelse fick brandkåren i Indianapolis att lista viktiga erfarenheter att komma ihåg:

1. Dumpa den brinnande lasten.
2. Positionera insatsen i en vinkel 45° från fordonet.
3. Om möjligt, ta reda på hur länge fordonet brunnit.
4. Försök att släcka den brinnande lasten ska bara göras om det kan göras via en öppning.
5. Släckningen ska om möjligt göras via en obemannad slanganordning.
6. Säkra ett område 500 yard (450 meter) kring fordonet.
7. Positionera personalen i skydd efter kritiska funktioner uppnåtts, till exempel att säkra platsen.
8. Tankarnas skyddshuv kommer att förhindra avkylning av tankarna om de utsätts för direkt eld.
9. Utbilda personalen i att känna igen CNG fordon samt de faror de medför.
10. Uppdatera släckningsförfarandet för CNG-fordon, särskilt för de där tankarna täcks av ett skydd i stål. Det finns en risk att det normala förfarandet att kyla gastankar för att förhindra explosion inte fungerar i detta fall.



Figur 25. Sopbil.



Figur 26. Gastank.

Chesapeake, Virginia 2015-07-02:

En lastbil avsedd för att hämta sopsorterat avfall började brinna i ett bostadskvarter. Enligt föraren uppstod branden på grund av ett läckage av hydraulolja som kom i kontakt med avgassystemet och därmed antändes. Föraren försökte släcka branden utan att lyckas och ringde sedan räddningstjänsten. När räddningstjänsten anlände till platsen var lastbilen övertänd och smältsäkringarna hade smält så gasen i tankarna hade börjat evakueras. Den aktuella lastbilen var utrustad med fem gastankar. När gastankarna evakuerades uppstod eldslågor som antände fasaden på ett närliggande bostadshus. På grund av att räddningstjänsten redan var på plats kunde de snabbt få branden på fasaden under kontroll.



Figur 27. Eldslåga från sopbil.



Figur 28. Platsen efter släckning.

3.3.3 Övriga erfarenheter

Förutom de standarder som nämnts i tidigare avsnitt finns i USA ett antal federala lagkrav som finns samlade i FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards). Dessa lagkrav självcertifieras av tillverkarna av de fordon som säljs i USA. Vad gäller gasfordon så finns för närvarande två lagkrav. Dels FMVSS 303 (Fuel system integrity) vilket utgörs av ett antal krockprov som utförs på fordonet i vilka gassystemet ska behållas intakt. Dels FMVSS 304 (Compressed natural gas fuel container integrity) vilket utgörs av krav på hållfastheten i gastanken. Under de senaste åren har den tekniska utvecklingen av bränslecellsfordon ökat, denna teknik innebär att fordonen byggs med vätgastankar. Dessa vätgastankar har ett betydligt högre arbetstryck, minst dubbelt så högt, än motsvarande gastankar för naturgas. Detta har drivit fram ett arbete för att även innefatta bränslecellsfordon inom den federala lagstiftningen FMVSS. De specifika områden som utreds för lagstiftningen kring bränslecellsfordon är hämtade från erfarenheter från händelser med naturgasfordon. Här kan framförallt två frågeställningar nämnas, dels krav på tanken vad gäller hela dess livslängd och dels krav på skydd för lokala värmepåkänningar på tanken. Det sistnämnda gäller när en brand påverkar delar av tanken och inte direkt påverkar smältsäkringarna, exempelvis på tankens mitt. Erfarenheter från fältet i USA visar att tanken i detta fall kan explodera utan att smältsäkringarna först evakuerar tanken. Det tycks finnas en intention att utveckla detta krav för vätgastankar i hybridfordon och sedan överföra kravet att gälla även för naturgasdrivna fordon.

En större undersökning vad beträffar rutiner och kunskap om insatser vid incidenter kring främst gasdrivna bussar utfördes 2005 i USA. I denna sammanställning identifierades tre typer av incidenter vid vilka räddningstjänst behövde ingripa samt där gasdrivningen ställde särskilda krav vid insatserna:

1. Läckage av gas.
2. Brand i fordonet (buss).
3. Vissa typer av kollisioner som påverkar gassystemet, exempelvis påkörning av låga broar där överdelen av bussen, där vanligtvis gasbehållarna finns, träffar bron.

Svaren i en enkätundersökning till 19 olika busstransportföretag med totalt 3130 bussar, visade att i genomsnitt en incident per 100 gasbussar inträffar varje år. Av dessa incidenter behövde räddningstjänst ingripa i 69 % av fallen. Även ett antal räddningstjänster tillfrågades angående deras rutiner vid insatser kring gasbussar. Denna undersökning visade att kunskaperna var otillräckliga och att räddningstjänsten därför hade en defensiv attityd i samband med incidenter med gasbussar. Tydliga brister var dels en strukturerad insamling av incidenter med gasfordon dels utformningen av en nationell standardisering av insatser vid dylika incidenter.

IMPCO Automotive är ett av de största företagen som bygger om befintliga fordon för gasdrift. Bland annat bygger de om truckmodeller av General Motors (GM), Ford och Isuzu till gasdrift liksom exempelvis skolbussar. De har även författat instruktioner till räddningstjänst i det fall deras produkter är inblandade i olika incidenter. Vid händelse av brand bör först ett försök att stänga av gasflödet göras. Ett försök att släcka flammorna utan att gasflödet stängts av bör inte göras. Därefter ska djur och människor evakueras från området. Det nämns ingenting om att räddningstjänsten ska låta fordonet brinna för att inte riskera att kyla smältsäkringarna och därmed orsaka en explosion.

Även GM har författat en instruktion för hur räddningstjänsten bör uppträda i det fall de gasfordon som de tillverkat är inblandade i en incident. Instruktionerna är i princip densamma som IMPCOS förutom att GM förslår att den brinnande gasen, efter man försökt stänga av tillflödet, bör släckas med koldioxid eller någon form av torrt släckmedel.

Agility Fuel Systems är ett företag som främst bygger om tyngre fordon som lastbilar, sopbilar samt entreprenadmaskiner för gasdrift. Företaget är ett bland de största företagen i området. Även detta företag har tagit fram instruktioner för hur räddningstjänsten ska agera vid en incident där deras fordon är inblandade. Instruktionen anger hur räddningstjänsten bör uppträda vid en incident där läckage i gassystemet uppstått:

1. Eliminera all källor till antändning som, eld, gnistor, elektronik, lampor eller elektriska laddningar.
2. Stäng av tändningen vilket kommer att stänga magnetventilen och i sin tur strypa gasflödet. Koppla ur batteriet.
3. Om det är säkert, stäng av den manuella ventilen och kontrollera sedan läckage i det skadade området.
4. Spärra av området för människor och trafik.
5. Öppna dörrarna till fordonet för ventilation.
6. Om fordonet står inomhus, öppna fönster och dörrar för ventilation. Undvik att tända lampor eller annan elektrisk anordning som kan orsaka en gnista. Detta gäller särskilt i taket då gasen stiger uppåt.
7. Var medveten om att kvarvarande gas kan läcka från systemet efter att huvudventilen stängts av.

Om fordonet brinner ska följande iakttas:

1. Upprätta en säkerhetszon på 30 meter.
2. Släck som vanligt om området kring gastankarna inte brinner.
3. Låt det brinna om området kring gastankarna brinner och inrikta istället räddningsinsatsen på att undvika spridning av branden.

Företaget understryker att räddningstjänsten inte ska spruta vatten på gastankarna för att detta kan förhindra att smältsäkringarna löser ut och därmed resultera i en explosion av gastanken. Tanktrycket kan uppgå till 5000 psi eller mer utan att smältsäkringarna löser ut om en brand har pågått i 5-10 minuter. Gränsen för en gastanks hållfasthet ligger på 8000 till 9000 psi. Vad beträffar Hondas instruktioner för räddningstjänsten angående sina gasfordon, så anges att räddningstjänsten ska släcka branden i gasfordonet på samma sätt som vid en vanlig bilbrand. Räddningstjänsten ska dock undvika att befinna sig bakom bilen tills elden är släckt. Hög temperatur kan medföra att gasen i tanken evakueras baktill på bilen.

3.4 Iran

Iran har mycket speciella förutsättningar vad gäller fordon för gasdrift. De långvariga sanktionerna mot landet innebär bland annat att inga utomstående fordonstillverkare får sälja sina fordon till landet. Sanktionerna innebär också att landet har problem att importera konventionella drivmedel som bensin och diesel. Trots att Iran har en av världens största oljereserver har de inte raffinaderikapacitet att tillgodose landets behov av dessa drivmedel. Dessutom har Iran världens största reserv av naturgas och en väl utbyggt infrastruktur för denna gas.

Fordon som drivs av CNG har en relativt lång tradition i Iran. Redan på 1985 startades ett större projekt i Mashhad, en stad med cirka 3 miljoner invånare. Projektet resulterade i att 22 tankningsställen inrättades för 1 200 CNG-fordon. 1994 började The United Bus Company of Tehran & Suburbs att använda gasbussar. På uppdrag av den Iranska regeringen startade IFCO (Iranian Fuel Conservation Organization) 2001 ett ambitiöst projekt för att öka antalet CNG-fordon i landet. Denna målsättning skulle uppnås genom att parallellt bedriva fyra aktiviteter.

1. Konvertera befintliga fordon till CNG
2. Tillverka nya CNG-fordon
3. Utveckla regler och standarder
4. Uppförande av tankstationer

År 2013 fanns cirka 3,2 miljoner CNG-fordon och 2 200 tankstationer i landet. Det finns även fyra fordonstillverkare i landet, Iran Khodro, Saipa, Bahman och Kerman Automotive. De två förstnämnda tillverkar helt egna fordon medan de två sistnämnda gör fordon på licens, främst från franska tillverkare.



Figur 29. Konvertering av fordon.



Figur 30. Konvertering av fordon.

Vad gäller standarder för CNG-fordon så utvecklas dessa av ISIRI (Institute of Standards and Industrial Research of Iran). Ett antal standarder har tagits fram (på persiska) och tycks helt spegla ISO-standarderna på området. Vad som i sammanhanget är intressant är att dessa standarder innehåller specifikationer på hur återkommande besiktningar ska utföras samt exempel på ej godkända tankar. En annan intressant detalj i denna standard är att märkningen av CNG -fordon utförs på samma sätt som i den amerikanska standarden. Det har även öppnats ett forskningsinstitut kallat ANGVA (Asia Pacific Natural Gas Vehicle Association) Technology & Learning Centre utanför Teheran. På detta institut utbildas bland annat inspektörer av gasfordon för att säkerställa uppfyllandet av ovan nämnda standarder.

Vad gäller säkerheten i Iran så framhålls följande fyra faktorer som väsentliga.

1. Följa standarder vid produktionen av detaljer för högt tryck. Speciellt gäller detta för gastankar.
2. Följa de säkerhetsrutiner som gäller för gastankningsstationer.
3. Periodiska inspektioner av gastankar.
4. Öka allmänhetens medvetenhet om användandet av CNG-fordon.

Den sistnämnda punkten anses som nödvändig för att undvika obehöriga reparationer och installationer på CNG - fordon. Det vill säga att folk ska undvika att göra egna reparationer/installationer.

Det är svårt att hitta rapporter när det gäller specifika händelser. Istället har ett antal filmklipp hittats. I filmerna framgår olika aspekter av säkerheten i Iran dock utan att på något sätt vara heltäckande.

Ett problem tycks vara kopplat till gasläckor i CNG-fordon som framförallt gör sig gällande vid tankning. För detta har ett företag i Iran tagit fram en gasdetektor för personbilar. Detektorn varnar föraren vid ett gasläckage.

3.5 Pakistan

Situationen i Pakistan liknar Irans. Landet har också stora gasreserver och en välutbyggd infrastruktur för distributionen. I övrigt är länderna inte jämförbara då Pakistan inte haft sanktioner liknande dem i Iran. Pakistan var 2013 rankad tvåa, efter Iran, i antalet CNG-fordon. 2013 fanns det 2.79 miljoner fordon i Pakistan. Vad som är en markant skillnad är de båda ländernas ansats vad beträffar standardisering. I Iran har man utvecklat en standard som bygger på ISO-standard vad beträffar installation och handhavande av CNG-detaljer i fordonen. I Pakistan däremot finns tydligen bara en standard och den berör utformningen av gastanken. Standarden utformades 1992 och bygger på en New Zeeländsk standard från 1989 (NZS 5454—1989). Denna brist på standarder är förmodligen en bidragande orsak till de höga dödstalen i CNG-relaterade incidenter. Enligt en källa (Khan M m.fl 2015) dog över 2000 personer i explosioner med CNG-fordon under 2011.

I en studie undersöktes säkerheten med CNG-fordon i Pakistan. I studien redovisas 55 incidenter som grupperats i två kategorier. Den ena var rena explosioner på grund av att tanken rämnat av olika orsaker, till exempel vid tankning. Den andra kategorin var explosioner som orsakades av bränder, antingen på grund av läckande gas eller av andra orsaker. I samband med de 55 incidenterna omkom totalt 247 personer, 84 personer i den första kategorin och 163 personer i den andra.

Slutligen anges användandet av adaptrar, som för att tanka LPG fordon med CNG och vice versa, som en starkt bidragande orsak bakom explosioner vid tankning.



Figur 31. Explosion vid tankning.



Figur 32. Explosion vid tankning.



Figur 33. Explosion vid brand.



Figur 34. Explosion vid tankning.

4. Diskussion

När man betraktar de specifika incidenter som hänt i både Europa och i USA är det speciellt de fall där gasfordonet av olika anledningar fattar eld som innebär problem för räddningstjänsten. I de fall där fordonet blir övertänt kan två olika scenarier inträffa, dels kan gastankarna evakueras då smältsäkringarna utlöses och dels kan gastankarna explodera i de fall där smältsäkringarna av olika skäl inte utlösts. I det första scenariot uppstår eldslägor på 15-20 meter som i flera fall antänt närliggande byggnader och vegetation. En del i problematiken med detta scenario är att det inte är möjligt för räddningstjänsten att avgöra i vilken riktning som gasen kommer att evakueras åt, i de fall de är medveten om att det brinnande fordonet är ett gasfordon. Det andra scenariot innebär naturligtvis vissa risker för räddningstjänsten och det finns förvånansvärt många fall rapporterade med detta scenario. Det är tydligt att detta kan inträffa när branden påverkar gastanken lokalt i mitten och inte i ändarna där smältsäkringarna finns placerade. Gasttrycket ökar då till en kritisk nivå utan att temperaturen i smältsäkringarna når över 110° C.

För att hantera ovanstående osäkerheter finns det därför vissa tillverkare och räddningsorganisationer som förespråkar en taktik där man ska spärra av området och låta fordonet brinna upp fullständigt om gastankarna evakueras enligt det första scenariot ovan. Ett argument till denna taktik är att man kan riskera att kyla ner smältsäkringarna under släckningsarbetet och då riskera att få det andra scenariot ovan. Det finns emellertid en del invändningar som kan anföras mot denna taktik. Den första invändningen är att räddningstjänsten har små möjligheter att avgöra om ett brinnande fordon är ett gasfordon och därför kommer de i alla fall att påbörja släckningsarbetet omedelbart. Den andra invändningen är att denna taktik innebär att man ska påbörja släckningsarbetet först när alla gastankar evakuerats, vilket innebär att räddningstjänsten måste ha kontroll på detta. För det första kan ett antal gastankar evakuerats redan innan räddningstjänsten är på plats för det andra är det svårt för räddningstjänsten att ha kontroll på hur många gastankar det aktuella fordonet har. Den tredje invändningen mot denna taktik är om detta förfarande är acceptabelt om fordonet exempelvis brinner i en stadskärna eller i trånga utrymmen som i en tunnel eller i ett garage.

De flesta fordon som varit inblandade i de incidenter som beskrivits i denna rapport är byggda enligt befintliga standarder och avtal. Dessa har i huvudsak utformats för att garantera säkerheten vid normala driftsförhållanden. Det är dock uppenbart att dessa konstruktioner innebär vissa problem för räddningstjänsten enligt ovan beskrivning. Detta kan lösas med två parallella aktiviteter som kompletterar varandra. Dels kan man undersöka vilken räddningstaktik som är optimal vid bränder med dagens system. Dels kan man försöka förbättra befintliga standarder och avtal så att fordonen konstrueras även utifrån ett räddningsperspektiv. I USA har man påbörjat ett arbete att testa gastankar i syfte att förbättra befintlig standard för de fall där explosioner

riskeras enligt det andra scenariot ovan.. Skulle risken för explosion av tankarna minimeras skulle det naturligtvis underlätta valet av taktik vid dessa bränder.

Det är särskilt tydligt vad standarder har för betydelse för säkerheten när man betraktar olikheten i säkerhetsarbetet mellan Iran och Pakistan. De två länderna som har störst antal gasfordon. De har dock en stor skillnad i standarder inom området. Standarder i Pakistan är nästan obefintliga medan Iran har en väl utvecklad standardisering. Det senare landet har även inrättat ett institut på området för att utbilda personal för bland annat inspektion av CNG-fordonen. Detta har Iran gemensamt med USA. Båda länderna inser betydelsen av att märka fordonen samt att gastanken periodiskt ska inspekteras av för ändamålet utbildad personal. Åtgärderna har med stor sannolikhet införts på grund av erfarenheter på fältet med dessa fordon i Iran och USA. I Sverige är inga av dessa två åtgärder genomförda.

När man betraktar fallen i Europa så efterlyses en märkning av fordonen, av den typ som utförs i USA, för att räddningstjänsten ska förstå vilken typ av fordon de ska släcka i händelse av en fordonsbrand. Fallet i Linköping med gastanken som exploderade under tankning, understryker behovet av periodisk besiktning i Sverige då antalet gasfordon stadigt ökar. Detta är också en fråga som SFVF (Sveriges Fordonsverkstäders Förening) har drivit under senare tid.

När man studerar de händelser som skett med gasfordon finns några återkommande mekanismer att fundera över. För det första tycks fordonsbränder utan kollisioner uppstå av andra orsaker än drivmedlet. Oftast uppstår brand på grund av elfel eller att olja antänds mot heta ytor i motorrummet. Det bästa vore naturligtvis att gasfordonen aldrig började brinna överhuvudtaget, vilket också skulle underlätta för räddningstjänsten. Någon form av släckningsanordning i motorrummet skulle vara mycket effektiv. De försök som haverikommissionen utförde vid utredningen av bussbranden i Helsingborg antyder dock att de släcksystem som finns i bussarna idag inte räcker till för att släcka branden. Bättre släckningssystem skulle därför behöva utvecklas till bussarnas och övriga gasfordons motorrum. Det uppenbart att en fordonsbrand kan få stora konsekvenser då fordonet har gasdrift. I två av de svenska fallen startade branden troligtvis i instrumentpanelen på grund av elfel. Att arbeta för att reducera risken för fordonsbränder skulle därför väsentligt öka säkerheten för fordon med gasdrift.

En annan frågeställning är den brand som uppstod på grund av den lätta kollisionen mellan två bussar i Helsingborg. Branden startade enligt haverikommissionen då deformationen av motorrummet innebar att det blev en deformation av bränslefiltret som i sin tur medförde ett gasläckage. De flesta fordon för gasdrift har tryckregulatorn i motorrummet vilket innebär att högtrycksdelen i systemet sträcker sig till detta utrymme. Ett läckage i högtrycksdelen innebär att en viss mängd gas kan läcka ut innan flödesventilen stänger systemet. Denna mängd gas var tillräcklig mängd enligt haverikommissionen så att den trasiga glödlampan i motorrummet kunde starta branden i detta fall. . I fallet med gasbilar kan det även innebära att

räddningstjänsten klipper av högtrycksledningen vid en klippning av fordonet, med ett visst gasläckage som följd. Ett förslag är därför att genomföra försök att försöka fastställa den gasmängd som läcker ut vid klippning eller brott på högtryckssystemet innan flödesventilen stänger av. En uppenbar lösning skulle vara att placera tryckregulatorn närmare gastanken för att försöka minimera högtrycksdelen i systemet.

Då gasen i Helsingborgsfallet antändes av den trasiga glödlampan finns det en uppenbar risk att läckt gas kan antändas efter en kollision på grund av denna mekanism. Ett system som definitivt gör hela fordonet strömlöst efter en kollision skulle således minska risken vid ett gasläckage, både för passagerarna och för räddningstjänsten. Vidare indikerar detta att det finns risker att tända exempelvis en ficklampa vid gasläckage liksom att kupébelysningen tänds när dörren öppnas.

Slutligen bör nämnas att alla resonemang beträffande säkerhet och räddning i gasfordon i allt väsentligt även gäller för s.k. bränslecellsfordon. I bränslecellen genereras elektricitet genom en kemisk reaktion mellan vätgas och syrgas från luften. Vätgasen kommer från en gastank i fordonet vilket innebär samma frågeställningar som andra gaser innebär. Vätgastanken har dock ett arbetstryck som är cirka tre gånger större än CNG.

Sammanfattningsvis så skulle situationen förbättras om följande brandpreventiva och skattereducerande åtgärder vidtas:

- Analysera olika risker specifika för denna typ av bränder och vilken insatsmetodik som är optimal - exempelvis klarlägga om kylning av tuber ska ske eller inte.
- Införande av obligatorisk besiktning av gassystem och gastankar kopplat till ordinarie besiktning
- Initiera en utveckling för en svensk/europeisk teknisk standard på fordons gassystem, så att de blir mindre benägna att initiera och underhålla en brand. Exempelvis genom att:
 - Minimera den idag vanliga långa dragningen av högtrycksledningar till att istället domineras av lågtrycksledningar som i händelse av skada läcker gas långsammare.
 - Standardisera säkerhetsventilsystem så att utblåset från gastankarna är riktade åt minst skadegenererande håll. Med standardiserat utförande kan all räddningspersonal lätt bli familjära med riskscenariot.
 - Analysera vilken typ av säkerhetsventil som är optimal, dvs värdera värmekänslig mot tryckkänslig ventil – i avsikt att rekommendera den optimala varianten. Detta för att förbättra insatsen.
- Införa obligatorisk och tydlig märkning av gasfordon så att fordonstypen blir lätt igenkännbar för räddningspersonal.

- Stimulera utveckling av släcksystem i fordonen, eftersom det torde vara lättare att släcka en liten brand initialt, än att hinna släcka en fullt utvecklad brand i senare skede.
- Initiera utbildningsinsatser hos exempelvis bussoperatörer som använder gasbussar så att busspersonalen har kunskap om betydelsen av initial evakuering och släckning.

5. Referenser

<http://www.corren.se/nyheter/linkoping/gasbil-orsakade-garagebrand-8249219.aspx>

<http://www.corren.se/nyheter/linkoping/explosion-vid-biogasstation-8011273.aspx>

<http://teknikensvarld.se/gasbil-exploderade-vid-tankning-av-biogas-i-linkoping-182638/>

<http://www.dn.se/nyheter/sverige/gamla-gasbilar-kan-vara-dodsfallor/>

<http://www.bussmagasinet.se/2013/11/gasbussar-rullande-brandbomber/>

<http://bloggar.aftonbladet.se/robertcollin/2010/01/livsfarligt-att-tank-a-fel-gas/>

<http://www.energigas.se/>

<http://www.gasbilen.se/>

<http://www.miljofordon.se/>

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Metangasdrivna fordon
Rekommendationer vid olycka. Publ.nr: MSB731 – juli 2014

BIL Sweden. Handbok för arbete med fordon drivna med fordonsgas
(metan/CNG). Utgåva 2012-09-03.

Bäckstrand J och Dahlberg P, Slutrapport RO 2013:01 Brand med två
biogasbussar i stadstrafik i Helsingborg, Skåne län, den 14 februari 2012.
Statens haverikommission. Dnr O-03/12.

Olsson U. Bilbrand i en gasdriven personbil. Räddningstjänstförbundet mitt
Bohuslän. Lysekil 2013-01-22.

Jönsson O. Provning av tryckbehållare för naturgas och biogas i fordon.
Arbetsrapport SGC A37. Svenskt Gastekniskt Center - Januari 2003.

Perrette L and Wiedemann H.K. CNG buses fire safety: learnings from recent
accidents in France and Germany. Society of automotive engineer world
Congress 2007, Apr 2007, Detroit, United States.

Nijboer M. The Contribution of Natural Gas Vehicles to Sustainable Transport.
International Energy Agency. Working paper 2010.

Dutch Safety Board. Fire in a CNG bus. Wassenaar, 29 October 2012.

Amir-Hasan Kakaee A-H, Paykani R. Research and development of natural-gas fueled engines in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26 (2013) 805–821.

Korin A and Luft G. Ahmadinejad's Gas Revolution: A Plan to Defeat Economic Sanctions. Institute for the Analysis of Global Security (IAGS) 2006.

ISIRI. CNG Fuelled vehicles-Recommended practices and maintenance requirements for medium and heavy duty trucks. ICS:43.080.10.

ISIRI. CNG fuelled vehicles – Terms and definitions

Sharifi K and Gougerdchian H A. Overview on Iran CNG Industry Status, Opportunities and Threats. Proceedings of 25th world gas conference 2012 Kuala Lumpur.

<http://en.trend.az/iran/2128027.html>

Bhatti M W. Over 2,000 killed in CNG cylinder blasts in 2011: report. *The News International*. Tuesday, April 10, 2012.

Khan M I, Yasmin T, Khan N B. Safety issues associated with the use and operation of natural gas vehicles: learning from accidents in Pakistan. *The Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 2015.

Raza H A. Development of CNG industry in Pakistan. Hydrocarbon Development Institute of Pakistan.

<http://ngtnews.com/ngv-fire-update-two-tanks-ruptured-prds-didnt-trigger/>

<http://ngtnews.com/cng-tanks-explode-during-indianapolis-truck-fire/#.VMIM6iyCmME>

<http://www.firerescue1.com/Firefighter-Training/articles/2870329-Case-study-What-fire-chiefs-must-know-about-CNG-trucks/>

<http://louisianacleanfuels.org/blog.php?id=108>

<http://cleanfuelsohio.blogspot.se/2015/02/clean-vehicle-education-foundation.html>

<http://my.firefighternation.com/profiles/blogs/compressed-natural-gas-cng-fuel-tanks-explode-during-truck-fire>

<http://www.notjustanotherfire.net/2015/01/29/cng-fuel-tanks-explode-during-truck-fire/>

<http://www.fleetsandfuels.com/fuels/cng/2015/07/cng-refuse-truck-burns-in-virginia/>

<http://www.statter911.com/2015/07/03/take-a-look-at-how-this-house-caught-fire/>

<http://ngtnews.com/cng-truck-fire-under-investigation-in-virginia/>

Transportation Research Board 2005, Emergency Response Procedures for Natural Gas Transit Vehicles, The Transit Cooperative Research Program Synthesis 58, Project J-7, Topic SC-07, ISBN 0-309-07024-2.

IMPCO Automotive 2014, CNG/LPG Vehicles Emergency First Response Guide. TS M100 REV 0 March 11 2014, IMPCO Automotive Technical Publications.

Hennessey B and Nguyen N, 2009, Status of NHTSA's hydrogen and fuel cell vehicle safety research program, 21th ESV, Paper Number 09-0507.

<http://energy.gov/eere/fuelcells/downloads/safety-and-regulatory-structure-cnghydrogen-vehicles-and-fuels-united>, Presentation given by Barbara Hennessey and Nha Nguyen at the CNG and Hydrogen Lessons Learned Workshop on December 10, 2009.

International Association of Fire and Rescue Service 2014, Gas car explodes: Driver dead, ten firefighters injured, CTIF Extra News Aug 2014.

<https://www.gmstc.com/FirstResponder.aspx> , 2014 GM Alternative Fuels First Responder Guide

Agility Fuel Systems 2015, First Responder Guide: CNG and LNG Vehicle Fuel Systems, ENP-084 Rev. B, August 2015.

American Honda Motor 2012, Emergency Response Guide, Honda Natural Gas Vehicles, Reorder Number Y0661, ACI 47993 (1205).

U. S. Department of Transportation, 1995, FMVSS 303 Fuel System Integrity of Compressed Natural Gas (CNG) Vehicles

Chamberlain S and Modarres M, 2005, Compressed Natural Gas Bus Safety: A Quantitative Risk Assessment, Risk Analysis, Vol. 25, No. 2.

Zalosh R, 2008, CNG and Hydrogen Vehicle Fuel Tank Failure Incidents, Testing, and Preventive Measures, Firexplo, Wellesley, MA

U. S. Department of Transportation, 2015, Compressed hydrogen container fueling options for crash testing, DOT HS 812 133.

U. S. Department of Transportation, 2010, Localized Fire Protection Assessment for Vehicle Compressed Hydrogen Containers, DOT HS 811 303

Berghmans J and Vanierschot M, 2014, Safety aspects of CNG cars, *Procedia Engineering* 84 (2014) 33 – 46.

Seiff H, 2009, Natural Gas Vehicle Cylinder Safety, Training and Inspection Project, DOE/NT42608-CVEF-09-1.

