



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

VÄGLEDNING

Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon

Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Enhet: Enheten för brand och räddning

Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB1993 – juni 2022

ISBN: 978-91-7927-278-4

Förord

Klimatförändringarna medför att Sverige behöver ställa om till ett fossilfritt samhälle. Gasfordon ger mindre klimatavtryck vid drift än bensin- och dieselfordon. Drivmedelsgaserna medför dock nya och till viss del okända risker.

I dagsläget finns det relativt lite kunskap och erfarenhet hos svensk räddningstjänst om hur händelser med fordon som drivs med nya bränsletyper ska hanteras. Vid olyckor och bränder i gasfordon möter räddningspersonal andra typer av risker än vid olyckor och bränder i bensin- och dieselfordon. MSB har därför tagit fram denna vägledning, som bygger på nuvarande tillgänglig kunskap.

Vägledningen redovisar resultatet av ett gemensamt projekt mellan myndigheter, fordonsindustrin och branschorganisationer i Sverige som samlat in och analyserat inträffade händelser med gasfordon.

Vägledningen omfattar en faktadel som underbygger MSB:s rekommendationer samt en taktisk och operativ del med metodkort som stöd till räddningspersonalen och andra berörda aktörer.

Teknikutvecklingen inom transportområdet går fort och denna vägledning baseras på kunskaper och erfarenheter från inträffade händelser som är kända vid publicering av vägledningen.

Karlstad

Cecilia Looström

Avdelningschef, Räddningstjänst och Olycksförebyggande

Innehåll

Läsanvisning	6
Definitioner och enheter	7
Bakgrund och faktaunderlag	8
Bakgrund och faktaunderlag	9
Drivmedelsgaser	9
Tankar för drivmedelsgas	15
Risker med gasfordon	16
Zonindelning, restriktioner och skyddsutrustning	21
Fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas, CNG	23
Fordon som drivs av kylkondenserad metangas, LNG	46
Fordon som drivs av propan-butanblandningar, LPG	56
Fordon som drivs av vätgas, CHG	64
Taktisk vägledning	78
Taktisk vägledning	79
Fas 1 Förberedelser	79
Fas 2 Utlarmning och framkörning	89
Fas 3 Framkomst och omedelbara åtgärder	90
Fas 4 Taktisk planering	93
Fas 5 Implementering av taktisk plan	96
Fas 6 Utveckling och anpassning av insatsen	98
Fas 7 Avslutande av räddningsinsats och underrättelse till ansvariga aktörer	99
Fas 8 Åtgärder efter räddningsinsats	101
Referenser	102

Operativt metodstöd **106**

1. Brand **108**

1.1 Brand i personbil/lätt lastbil	109
1.1.1 Brand CNG personbil/lätt lastbil	112
1.1.2 Brand LPG Personbil/lätt lastbil	117
1.1.3 Brand CHG Personbil/lätt lastbil	122
1.2 Brand i buss	127
1.2.1 Brand CNG Buss	130
1.2.2 Brand LNG Buss	135
1.2.3 Brand CHG Buss	140
1.3 Brand i tung lastbil	145
1.3.1 Brand CNG Tung lastbil	148
1.3.2 Brand LNG Tung lastbil	153

2. Trafikolycka **158**

2.1 Trafikolycka personbil/lätt lastbil	159
2.1.1 Trafikolycka CNG personbil/lätt lastbil	162
2.1.2 Trafikolycka LPG personbil/lätt lastbil	167
2.1.3 Trafikolycka CHG personbil/lätt lastbil	172
2.2 Trafikolycka buss	177
2.2.1 Trafikolycka CNG Buss	180
2.2.2 Trafikolycka LNG Buss	185
2.2.3 Trafikolycka CHG Buss	190
2.3 Trafikolycka tung lastbil	195
2.3.1 Trafikolycka CNG Tung lastbil	198
2.3.2 Trafikolycka LNG Tung lastbil	203

3. Gasläckage **208**

4. Tunnlar **212**

5. Skydd **216**

Läsanvisning

Del 1 (Bakgrund och faktaunderlag) innehåller beskrivningar av de främsta riskerna med gasfordon, liksom definitioner av zoner, restriktioner, skyddsutrustning och regelverk. En kort beskrivning av indikering av drivmedelsgaser finns också. Den innehåller även beskrivningar av förekommande drivmedelsgaser, bränslesystem och tankar samt erfarenheter och tillämpningar av förekommande gas- och fordonstyper. Här finns även underbyggnad av riskavstånd för respektive gas- och fordonstyp i bild- och text. Del 1 beskriver de fakta och den information som återfinns i de taktiska och operativa delarna 2 och 3, och bör inte betraktas som ett stöd vid händelser.

Del 2 (Taktisk vägledning) innehåller kortfattade fordonsbeskrivningar, åtgärdsförslag vid insats samt en anpassad beslutsmodell som stöd till bland annat riskbedömning, resursuppbyggnad och åtgärder. Del 2 är främst riktad till beslutsdomänen insatsledning – att genomföra räddningsinsatser.

Del 3 (Operativt beslutsstöd) består av en klickbar PDF med tydliga flikar för att snabbt kunna hitta information. Den är dessutom utskriftsvänlig. Den innehåller gas- och fordonstyper sorterade efter olika händelsetyper, med fordonsbeskrivningar, åtgärdsförslag och riskavstånd i bild och text. Del 3 är främst riktad till beslutsdomänen uppgiftsledning – att utföra uppgifter.

Definitioner och enheter

Flödesbegränsningsventil: Ventilanordning som oberoende av övriga system stryper gasutflöde automatiskt, till exempel om ett rör går helt av. Den förblir stängd, men behöver inte vara tät. Det kvarstår ofta ett mindre läckage även efter att flödesbegränsningsventilen har begränsat flödet.

Gasmolnsexplosion: Plötslig, intensiv förbränning av en brännbar gas, damm eller aerosol-blandning i luft som ger upphov till hög temperatur under kort tid.

Genererar tryckupbyggnad med risk för byggnadsskador och splitter inomhus samt värmeverkan (strålning och konvektion). Vätgas ger dock upphov till tryckvåg även utomhus medan värmeverkan är mindre än för metan.

Jetflamma: Uppstår om det brännbara ämnet under tryck strömmar ut i luften, mer eller mindre kontinuerligt och antänds.

LEL: Lower explosive limit; uttryck i procent av undre brännbarhetsgräns för gas- eller ångblandning i luft. Anger minsta gaskoncentration i luft för att kunna antändas med en tändkälla.

PID: Photoionization detector ; fotojoniseringsdetektor. Indikeringsinstrument med sensorteknik som använder lampa med ultraviolett ljus för att detektera gaser och ångor från organiska ämnen i en luftblandning.

Tryckkärlexplosion: Tankruptur där trycksatt gas eller vätska som finns inne i tanken frigörs momentant, vilket leder till en snabb expansion av gas. Om det är brännbar gas som antänds i samband med tryckkärlexplosionen uppstår även ett eldklot. Tryckkärlexplosion karakteriseras av att den genererar tryckvåg, splitter och vid antändning av brännbart innehåll även värmeverkan.

Tryckutjämningsanordning: En anordning som, när den aktiveras under särskilda driftförhållanden, används för att släppa ut gas ur ett trycksatt system (eng. pressure relief device, PRD). Kan vara värme- eller tryckaktiverad.

Värmeaktiverad tryckutjämningsanordning: En vanligen inte återstängande tryckutjämningsanordning som aktiveras vid en viss temperatur så att ventilen öppnas och släpper ut gasen.

Tryckaktiverad tryckutjämningsanordning: En icke återstängande tryckutjämningsanordning (sprängbleck) eller en återstängande (säkerhetsventil) som har det gemensamt att de aktiveras vid ett visst tryck så att ventilen öppnas och släpper ut gasen.

Säkerhetsventil: En särskild typ av tryckaktiverad tryckutjämningsanordning som öppnar vid en förinställd trycknivå (blåstrycket) och som återstänger när trycket i en tank, ledning eller tryckkärl sjunker. Om trycket i tanken åter ökar så kommer säkerhetsventilen att öppna igen, för att återigen stängas när trycket sjunker under ventilens blåstryck.

Volymen för gastankar anges i denna vägledning som tankens vattenvolym. Med det avses den volym vatten som får plats om tanken hade fyllts med vatten istället för gas. Detta ska inte förväxlas med mängden gas i en tank som kan anges i normalkubikmeter, Nm³ eller antal kilogram.

Bakgrund och faktaunderlag

Bakgrund och faktaunderlag

Här beskrivs de främsta riskerna med gasfordon, liksom definitioner av zoner, restriktioner, skyddsutrustning och regelverk. En kort beskrivning av indikering av drivmedelsgaser finns också. Denna del innehåller även beskrivningar av förekommande drivmedelsgaser, bränslesystem och tankar samt erfarenheter och tillämpningar av förekommande gas- och fordonstyper. Här finns även underbyggnad av riskavstånd för respektive gas- och fordonstyp i bild och text. Syftet med kapitlet är i första hand att redovisa de fakta och den information som återfinns i de taktiska och operativa delarna 2 och 3. Del 1 bör inte betraktas som ett stöd vid händelser.

Drivmedelsgaser

Kunskap om drivmedelsgasers egenskaper samt om hur fordonens gassystem är uppbyggda ligger till grund för rekommendationerna i del 2, taktisk vägledning, och del 3, operativt beslutsstöd.

Metan

Tabell 1. Egenskaper för metan

Metan	
Kokpunkt	-162 °C
Brännbarhetsområde	4,4–16,5 vol. %
Termisk tändpunkt	540 °C
Densitetstal	0,6 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Ej lösligt i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exempelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ¹

Källa: MSB RIB.

¹ Metan har en joniseringspotential på 12,98 eV.

Metan för fordonsdrift är antingen en tryckkomprimerad gas eller en kylkondenserad gas (vätske- och gasfas). Då den är tryckkomprimerad kallas den fordonsgas, naturgas, biogas, CBG (compressed biogas) eller CNG (compressed natural gas). Då gasen är kylkondenserad kallas den vanligen flytande fordonsgas, flytande metan, LNG (liquefied natural gas) eller LBG (liquefied biogas). Det maximala tankningstrycket för ett fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas är enligt regelverket² 200 bar (20 000 kPa) vid 15 °C. Vid högre utomhustemperaturer får fyllnadstrycket vara högre, men dock högst 260 bar.

Handelsnamn för metangas som drivmedel

Tryckkomprimerad gas (gasfas):

- Fordonsgas.
- Naturgas.
- Biogas.
- CBG (compressed biogas).
- CNG (compressed natural gas).

Kylkondenserad gas (vätske- och gasfas):

- Flytande fordonsgas.
- Flytande metan.
- LNG (liquefied natural gas).
- LBG (liquefied biogas).

För att kunna få med sig mer metan utan att få större tankar kan gasen kylkondenseras till vätska. Vid atmosfärstryck och en temperatur på -162 °C omvandlas metanet från vätska till gas och ökar då 400–600 gånger i volym, vilket gör att det är lämpligt för tunga transporter som behöver mycket bränsle i tanken. Personbilar med flytande metan finns inte registrerade i Sverige idag.

I sitt normaltillstånd är metan luktfritt. För att man ska kunna upptäcka om den läcker ut har ett lukttämne tillsatts. Flytande metan innehåller inte någon tillsats av lukttämne eftersom lukttämnet bildar kristaller vid låga temperaturer. Om kall metan läcker ut kondenserar vattenångan (fukt) i luften till små vattendroppar och ett vitt moln bildas. Gasen i sig är osynlig, men det synliga molnet ger en indikation på storlek och riktning på gasutsläppet.

Metan i gasfas som är kallare än -110 °C är vanligen tyngre än omgivande luft. Det är först när gasen har värmts upp till temperaturer över -110 °C som metanet stiger. Detta är relevant vid hantering av flytande metan och medför att flytande metan som läcker ut initialt kan sjunka mot marken eller golvet. Efter att gasen värms upp av omgivningen stiger den upp i luften och späds. Utsläpp från tryckkomprimerad metan är lättare än luft. Om ett utsläpp är riktat nedåt eller nära utsläppskällan kan metan finnas även vid marknivå.

2. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110).

Metangasen är inte vattenlöslig och kan därför inte tvättas ner med vatten, men en spridd vattenstråle kan däremot i viss mån styra utbredningen av ett gasmoln utomhus. En spridd vattenstråle in i ett gasmoln utomhus kan även minska risken för antändning, och minska förbränningshastigheten om molnet skulle antändas.

Fortsättningsvis i vägledningen benämns tryckkomprimerad metan som CNG och kylkondenserad metan som LNG oavsett om metanen i gasset har fossilt eller förnybart ursprung. Orsaken är att denna förkortning bäst överensstämmer med märkning av gastankar på fordonen samt att metanens ursprung saknar betydelse ur risksynpunkt.

Propan-butanblandning

Tabell 2. Egenskaper för propan-butanblandning

Metan	
Kokpunkt	-42 °C
Brännbarhetsområde	1,7–10,1 vol. %
Termisk tändpunkt	420–450 °C
Densitetstal	1,6 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Svåröslig i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exempelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ³

Källa: MSB RIB.

Det finns även gasdrivna personbilar som drivs med en blandning av mer än 90 procent propan med tillsats av butan i Sverige, som också kallas motorgas eller LPG (liquefied petroleum gas) när det används för fordonsdrift. Blandgasen kallas även gasol när den används för andra ändamål i Sverige.

Handelsnamn för Propan-butanblandningar som drivmedel

Tryckkondenserad gas (gas- och vätskefas):

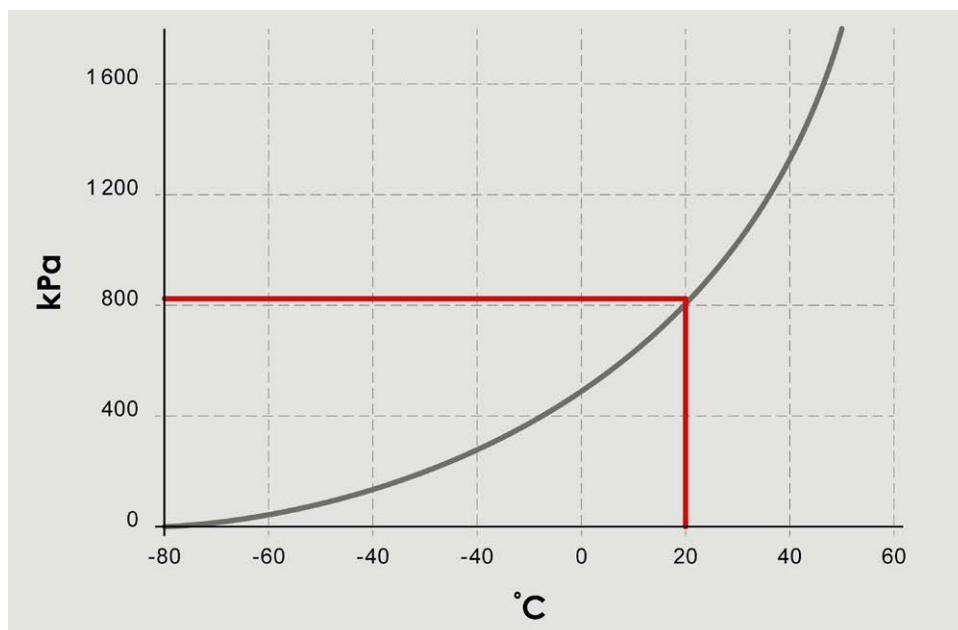
- Motorgas.
- LPG (liquefied petroleum gas).
- Gasol.

³ Propan-butanblandning har en joniseringspotential på 11,07 ev.

I sitt normaltillstånd är propan-butan luktfri. För att man ska upptäcka om den läcker ut har ett lukttämne som ger den karaktäristiska gasollukten tillsatts. Gasblandningen propan-butan är cirka 1,6 gånger tyngre än luft. Detta medför att gasen som läcker ut initialt kan sjunka mot marken eller golvet. Med tiden späds den ut och blandas med luften.

Propan-butan är en gas som har komprimerats så att den har kondenserat till vätska i tanken. Att gasen är kondenserad till vätska gör att en tank för propan-butanblandning rymmer betydligt mer gas än där gas komprimerats under tryck i samma volym på tank. Gasbehållaren fylls av säkerhetsskäl endast till 80 procent med vätskefas. Om en tank fylls med mer vätska finns risk för hydraulisk sprängning (kärlsprängning) om den värms upp. Trycket i behållaren beror på temperaturen på den kondenserade gasen i behållaren. Förhållandet mellan temperatur och tryck kan beskrivas med hjälp av en ångtryckskurva. Se **figur 1** nedan.

Figur 1. Egenskaper hos kolvätegasblandning, kondenserad, n.o.s. UN 1965



Källa: MSB RIB.

Som man kan utläsa av kurvan är trycket cirka 8 bar (800 kPa) vid 20 °C. En propan-butantank som är kallare än omgivningstemperaturen bör vid läckage i gasfasen inte betraktas som tom, även om tanken inte verkar ha något inre tryck eller har ett hål i övre delen. Detta beror på att vätskan kan bli så kall på grund av utflödet att den i princip upphör att avge mer gas, trots att det finns vätska kvar i tanken.

Fortsättningsvis i vägledningen benämns tryckkondenserad propan-butanblandning som LPG. Orsaken är att denna förkortning bäst överensstämmer med märkning av gastankar på fordonen.

Vätgas

Tabell 3. Egenskaper för vätgas

Vätgas	
Kokpunkt	-253 °C
Brännbarhetsområde	4–75 vol. % Vid 18–58 % finns ökad risk för detonation ⁴
Termisk tändpunkt	560 °C
Densitetstal	0,1 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Svärlöslig i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exempelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ⁵

Källa: MSB RIB, *Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983*.

Vätgas som drivmedelsgas för fordon är idag inte lika vanligt förekommande som metan. Det sker dock en utveckling inom vätgasområdet som drivmedel för fordon. Vätgasdrivna bilar benämns som bränslecells-bilar, FCV eller FCEV. Förkortningar ska infogas enligt: FCV (fuel cell vehicle) eller FCEV (fuel cell electric vehicle). Vätgas i kylkondenserad form behandlas inte i denna vägledning då det är mycket ovanligt med den typen av lagringsform för fordon.

Handelsnamn för vätgas som drivmedel

Tryckkomprimerad gas (gasfas):

- Vätgas.
- Hydrogen.
- CHG (compressed hydrogen gas).
- H₂.
- CGH₂ 700 (compressed gas hydrogen 700 bar).
- CGH₂ 350 (compressed gas hydrogen 350 bar).

Vätgas har ett betydligt större brännbarhetsområde än metan, och blandningar mellan luft och vätgas kan ge större tryckuppbyggnad vid gasmolnsexplosioner än blandningar mellan luft och metan. Större utsläpp av vätgas, i synnerhet i slutna utrymmen, har större sannolikhet att antända på grund av vätgasens mycket låga antändningsenergi och det stora brännbarhetsområdet. Risken för detonation är också högre än med andra drivmedels-gaser. En jetflamma av vätgas kan vara osynlig för det mänskliga ögat och det kan därför krävas en värmekamera för att identifiera jetflaman. Vätgas är dessutom luktfri och saknar lukt tillsats.

⁴ Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983.

⁵ Vätgas har en joniseringspotential på 15,43 eV.

Utsläpp av vätgas behöver inte alltid vara kallare än omgivningen, likt andra gaser. Med en värmekamera kan ett utsläpp av vätgas under vissa förutsättningar visas som varmare än omgivningen. Detta beror på vätgasens fysikaliska egenskaper tillsammans med det höga lagringstrycket när gasen förvaras i fordon.⁶ Temperaturökningen blir inte mer än ett fåtal grader, men sambandet behöver beaktas om värmekamera används för att indikera läckage. I likhet med metangas kan ett utsläpp av vätgas under vissa förutsättningar ge synliga moln av vattendimma.

Vätgas är en liten molekyl och kan därför, lättare än andra gaser, spridas genom konstruktioner eller material – särskilt i riktning uppåt eftersom vätgas är så mycket lättare än luft. Gipsskivor är inte täta mot vätgas⁷ och vid ett utsläpp i till exempel ett garage kan vätgasen förväntas spridas till andra utrymmen och andra brandceller inom byggnaden. Konstruktionsdelar i byggnader bestående av solid betong eller metall kan i praktiken anses vara täta mot vätgas.

Fortsättningsvis i vägledningen benämns tryckkomprimerad vätgas som, CHG. Orsaken är att denna förkortning bäst överensstämmer med märkning av gastankar på fordonen. Komponentstandard för vätgassystem och drivmedelsstationer använder ofta förkortningen CGH2.

Indikering av drivmedelsgaser

För att kunna göra en riskbedömning och utifrån den utföra åtgärder på skadeområdet, krävs att risker identifieras på och i anslutning till skadeområdet. En viktig del i att identifiera risker vid händelser som inbegriper gasfordon handlar om att med hjälp av indikeringsinstrument identifiera eventuella gasblandningar i luft.

Detta görs av flera anledningar. Främst handlar det om att undvika att insatspersonalen hamnar i en explosiv miljö, alltså säkerhet för personalen. En annan viktig anledning till att indikera eventuella gasblandningar är att fastställa ett riskområde samt att skapa ett underlag för vilka insatsåtgärder som ska vidtas inom skadeområdet.

Att använda en explosimeter med en katalytisk förbränningsensor är ett tillförlitligt och effektivt sätt att kunna indikera drivmedelsgaser i luft. Denna typ av instrument är lämplig att använda som personskydd för insatspersonal, då den är enkel att använda och ger en tidig varning.

Att använda läcksökare ger snabbare och mer precisa mätvärden än en explosimeter och är ett effektivt instrument för att lokalisera läckor. Denna typ av instrument är dock känslig för hög luftfuktighet och partiklar i luft, vilket gör att instrumentet kan reagera felaktigt vid hög luftfuktighet och vid andra ämnen i luften.

Det finns även andra typer av instrument och sensorer som indikerar dessa typer av gaser. Oavsett val av indikeringsutrustning och sensortyp är det viktigt att som

6 The Joule-Thomson effect. http://www.hysafe.org/science/eAcademy/JSSFCH/JSSFCH2012/MolkovVV_HazardsRelatedToHydrogenPropertiesAndComparisonWithOtherFuels.pdf

7 Effective diffusion coefficients through gypsum panels. http://www.hysafe.org/science/eAcademy/JSSFCH/JSSFCH2012/MolkovVV_HazardsRelatedToHydrogenPropertiesAndComparisonWithOtherFuels.pdf

användare ha god kännedom om hur respektive instrument ska användas och hur mätvärden ska tolkas.

Fotojonisationsdetektor (PID) är snabbindikerande och känslig men den kan inte användas för att indikera drivmedelsgas på grund av deras höga fotojonisationspotential. Undantaget är om man vill läcksöka efter propan-butanblandning. (En 10.6 eV lampa klarar dock inte att indikera ren propangas utan indikeringen hittar butan.)⁸

All utrustning som används där det finns risk för att gaserna metan, propan, butan eller vätgas ger upphov till brännbara blandningar i luft behöver vara ATEX-klassade enligt gällande ATEX-kod.⁹

Tankar för drivmedelsgas

Det finns flera olika typer av tankar för drivmedelsgas. Tankarna är utformade som tryckkärl som är konstruerade för att klara det aktuella lagringstrycket och även vara tillräckligt täta så att gasen kvarhålls i tanken. I regelverket¹⁰ delas tankar upp i fem olika typer:

- **Typ 1:** Traditionella ståltankar.
- **Typ 2:** Ståltankar som har förstärkts med kompositmaterial.
- **Typ 3:** Metalltankar helt inbäddade i kompositmaterial.
- **Typ 4:** Tankar uteslutande gjorda av kompositmaterial där gastätheten åstadkoms av ett termoplastskikt inuti tanken. Termoplastskiktet testas för att vara tätt upp till 100 °C.¹¹
- **Kryotank:** Specialtank för kylkondenserad gas. Tank med dubbla väggar av lågtemperaturbeständigt rostfritt stål. I mellanrummet finns ett isolerande skikt och konstruktionen liknar en termos.

Tankar av typ 1–4 används för drivmedelsgaser som lagras under tryck. Kryotank används för kylkondenserade gaser. Även kryotanken är dock en trycktank som kan kvarhålla trycksatt gas upp till ett begränsat tryck.

Typ 1 och typ 4-tankar är vanligast förekommande för gasdrivna personbilar. Typ 4 är vanligast på bussar för att hålla nere vikten. För lastbilar förekommer såväl typ 1, 3 samt 4. Kryotank förekommer nästan bara på lastbilar, eftersom det i stort sett är det enda fordonsslag som använder kylkondenserad metangas. Volymen för gastankar anges i denna vägledning som tankens vattenvolym. Med det avses den volym vatten som får plats om tanken hade fyllts med vatten istället för gas. Detta ska inte förväxlas med mängden gas i en tank som kan anges i normalkubikmeter, Nm³ eller antal kilogram.

8 RAE, The PID Handbook Theory and Applications of Direct-Reading Photoionization Detectors Third edition 2013.

9. Atmospheres Explosibles – explosiva atmosfärer. Gällande kod i det här fallet : ATEX II 2G IIC T2.

10. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110).

11 The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110) – punkt 6.3.6.

Risker med gasfordon

Generellt om risker med gasfordon

Ett gasläckage från ett gassystem kan orsakas av flera anledningar. Krockvåld eller annan mekanisk påverkan, rostangrepp eller fel vid tankning kan leda till ett gasläckage. Vid läckage från en fordonstank med gasformiga drivmedel finns risk för att det bildas en explosiv blandning i luft. Detta innebär en risk för alla personer som befinner sig i, eller i närheten av gasmolnet då detta kan leda till en **gasmolnsexplosion** om gasblandningen befinner sig inom sitt antändningsområde, och om det finns en tändkälla som kan antända blandningen.

Gemensamt för samtliga gas- och fordonstyper är att brand eller annan värmepåverkan på gastank innebär den största risken. En värmepåverkad gastank kommer i första hand att aktivera en tryckutjämningsanordning som släpper ut gas för att minska trycket. Det utflödet kommer att resultera i en eller flera **jetflammar** om gasen antänds när den lämnar tanken. Om en gastank utsätts för en snabb temperaturökning, eller om tryckutjämningsanordningen inte klarar av att tryckavlasta tillräckligt snabbt finns risk för **tryckkärlexplosion**, vilket innebär en risk för tryckvåg, splitter och värme. Även mekanisk skada på tank kan orsaka en tryckkärlexplosion, till exempel påkörning av ett hinder eller krock. Risk för tryckkärlexplosion ger generellt stora riskavstånd.

Riskerna för gasmolnsexplosion liksom tryckkärlexplosion inomhus beskrivs främst i detta kapitel men även i kortare form för respektive gas- och fordonstyp i faktadelen. Flera olika situationsberoende faktorer vid gasutsläpp samt risk för tryckkärlexplosion inomhus gör att det är svårt att ange annat än tumregler och uppskattningar av riskavstånd för dessa risker. Byggnadstyp, gasutsläppets omfattning och vindriktning är exempel på sådana situationsberoende faktorer.

Riskavstånden för jetflamma samt tryckkärlexplosion utomhus och i tunnel beskrivs under respektive gas- och fordonstyp i faktadelen, men återkommer även i text och bild i beslutsstödsdelen.

Beräkningar i denna rapport har gjorts med utgångspunkt från maximala tryck och största tankvolym samt att gasen förbränns och medverkar i förloppet. Beräkningar har gjorts för händelser i det fria, i tät stadsbebyggelse och i en rak tunnel utan krökar eller mekanisk ventilation. Vid insatsplanering för händelser i tunnlar med andra förutsättningar eller i byggnader bör anpassade beräkningar göras för riskavstånd för tryckkärlexplosion. Tunnelns längd, diameter, eventuella krökar, förgreningar eller angränsande utrymmen är några av de faktorer som påverkar riskavståndet i tunnlar.

När det gäller acceptabelt skydd mot buller gäller Arbetsmiljöverkets föreskrifter. (Fotnot AFS 2005:16 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna). Tillämpningen av föreskrifterna med impulstoppvärde på 135 dB gäller i fritt fält utan skydd. I beräkningar har 140 dB som impulstoppvärde använts med beaktande av att arbete sker i skydd. Det side-on tryck, som via diffraktion och reflektion från väggar, når bakom skydd ger lägre impulstoppvärde än 135 dB.

Gasläckage med risk för gasmolnsexplosion

Vid läckage från en fordonstank med gasformiga drivmedel finns risk för att det bildas en explosiv blandning i luft. Detta innebär en risk för alla personer som befinner sig i, eller i närheten av gasmolnet. Beroende på utsläppets storlek och utbredning innebär detta olika riskavstånd. Riskavståndet påverkas främst av vilken typ av gas som läcker, hur stor tanken är, samt omgivningarna i närheten av utsläppet. Vindförhållanden samt gasens densitet i förhållande till luft (densitetstal) påverkar hur gasen sprids och var den ansamlas. Densiteten påverkas av temperaturen och därför kan kall gas ibland initialt vara tyngre än luft. Kall gas som läcker ut skapar kondens i omgivande luft, vilket kan ge synliga moln framförallt i fuktig luft. Värmeamera är ett viktigt verktyg för att lokalisera ett gasutsläpp då hålet och ställen där trycket sjunker ofta är kallare än övriga delar av gassystemet. Vätgas kan ge omvänd effekt men lokala temperaturskillnader är alltid indikationer på tryckfall i gassystem. Pysande eller visslande ljud förekommer också vid läckage. En säker metod att använda vid gasutsläpp kan vara att vänta tills läckaget upphört. Denna metod kan användas om omständigheterna medger det.

Om utsläppet sker utomhus i det fria med god luftomsättning är risken för antändning mindre. Utomhus kommer det heller inte bildas någon kraftig luftstövåg efter antändning. Utomhus i det fria dominerar brandskador från ett brinnande gasmoln riskbilden vid utsläpp. Däremot är risken för personskador till följd av skadlig tryckökning liten. Tänk dock på att om det finns en explosiv gasblandning inuti fordon så kan en antändning ge upphov till såväl värme- som splitserverkan även om fordonet står utomhus.

Utomhus i det fria kan det inte uteslutas att räddningspersonal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat får lättare brännskador om den brännbara gasblandningen antänds när de vistas i gasmolnet.

För samtliga fordon som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnsexplosion inomhus och i tunnlar gränssättande för *förbjudet område*, se tabell 4 på [sid 21](#). Tryckvåg från gasmolnsexplosion medför att vid angrepp närmare än 30 meter från fordonet, utomhus i det fria, behöver hörselskydd användas.

Följden av en gasmolnsförbränning blir sannolikt även aktivering av värmeaktiverade tryckutjämningsanordningar inom gasmolnets närhet, vilket innebär risk för jetflamma. Därför bör riskavstånden för jetflamma tillämpas vid gasutsläpp. Tänk på att alltid undvika att vistas där det finns risk att träffas av jetflamma. Gränsen för *förbjudet område* avseende gasutsläpp utomhus fastställs med explosimeter. Gränsen för *förbjudet område* bör vara där explosimetern varnar eller visar mer än 10 % av LEL. Åtgärder där man styr gasmolnet med hjälp av vattendimma eller ökad ventilation kan flytta gasmolnet från angreppsvägen och därigenom möjliggöra insats.

Gasmolnsexplosion inomhus

Om utsläppet sker inomhus innebär det en större sannolikhet för att det uppstår högre koncentrationer i luft, även om utsläppet är begränsat. Ett utsläpp inomhus innebär därför större risk för personskador vid en eventuell antändning. Personskador kan främst uppstå till följd av tryckuppbyggnad där byggnadsdelar skadas eller slungas iväg. Dessutom finns risk för brännskador. Byggnadsdelar som glasrutor, dörrar och lättväggar kastas ofta med stor kraft från gasexplosioner i slutna utrymmen.

En betydande mängd byggnadsdelar kan kastas 50 meter eller längre från byggnaden, men vid längre avstånd än 50 meter är skaderisken liten för personal som bär rekommenderad skyddsutrustning och agerar efter restriktionerna för *het zonen*.

Om gasmolnsexplosionen sker inomhus kan räddningspersonal skadas i hela byggnaden, samt inom en radie av 50 meter utanför byggnaden.

Genom att arbeta i skydd av till exempel en brandbil kan riskavståndet 50 meter för räddningspersonal utanför byggnaden kortas ned avseende splitter och byggnadsdelar från gasmolnsexplosion inomhus.

I vissa situationer kan gasmolnsexplosion leda till att tryckkärl skadas så att hot för tryckkärlsexplosion också tillkommer som risk.

För tunnlar gäller samma princip för att fastställa riskavstånd som vid utsläpp utomhus. I tunnlar kan fasta ventilationsanordningar påverka luftflöde och luftomsättning och därför är riktningen av dessa en viktig del i bedömningen var det är störst risk för en explosiv blandning i luft.

För personbilar och bussar som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnsexplosion avgörande för riskavståndet i tunnlar. Även med hörselskydd kan man skadas inom 120 meter. Detta gäller för samtliga vätgasdrivna fordon i tunnlar utan aktiverad mekanisk ventilation. Beakta att såväl fordon, belysning i tunnel eller aktivering av mekanisk ventilation kan antända brännbara gasmoln.

För att kunna identifiera ett gasutsläpp och för att bestämma riskavståndet vid ett oantänt gasmoln är det viktigt att alltid använda materiel och indikeringsutrustning som är säker och lämplig för ändamålet. Alla åtgärder som utförs inom riskområdet ska göras utan att tillföra ytterligare tändkällor. Detta inbegriper bland annat att använda ATEX-klassad utrustning, men även att undvika att spännsätta elektrisk utrustning i fordon eller byggnader. Exempel på detta är dörrbelysning i personbilar samt ventilationsanordningar i byggnader.

Fasta ventilationsanordningar i tunnlar och garage bör inte stängas av om de är i drift, dessa kan då istället utnyttjas för att ventileras och späda ut gaskoncentrationen och minska såväl sannolikhet som konsekvens av gasmolnsantändning.

Tryckkärlexplosion

En tryckkärlexplosion kan ge allvarligare skador på personer än de tryck som byggs upp när gasmoln antänds. Skador på människors trumhinnor, lungor och centrala nervsystem kan orsakas av den luftstöt våg som ofta följer av en tryckkärlexplosion.¹²

Det är främst fyra faktorer som påverkar en tryckkärlexplosion:

- Tiden för tömningsförloppet när tryckkärlet brister.
- Trycket i tryckkärlet när det brister och går sönder. Ett dubbelt så stort tryck ger dubbelt så stor explosionsenergi och medföljande stöt våg.
- Tryckkärlets fria gasvolym. Ett dubbelt så stort tryckkärle ger dubbelt så stor explosionsenergi och medföljande stöt våg.
- Tryck från förångning av tryckkondenserad gas (LPG) samt tryck och värme från eventuell förbränning av gasen.

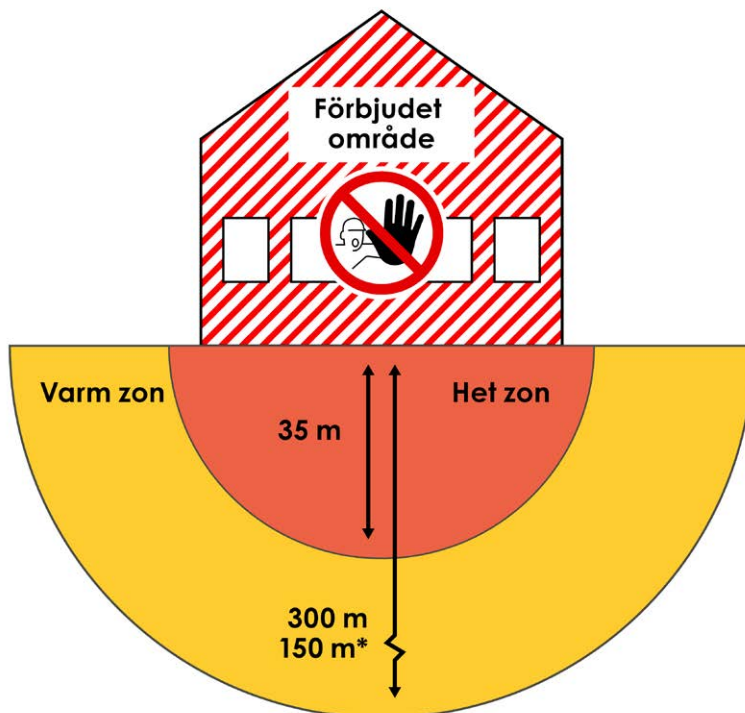
Tryckkärlexplosion inomhus

Vid tryckkärlexplosion inomhus finns risk för flygande byggnadsdelar och splitter på liknade sätt som vid en gasmolnexplosion. Vid tryckkärlexplosion finns dessutom risk för splitter i form av tank, delar av tank eller losslitna fordonsdelar. De stora krafterna som kan uppstå vid en tryckkärlexplosion inne i en byggnad kan även ge allvarliga skador på byggnadens bärverk. Även om bärverk inte tar skada kan människors trumhinnor, lungor och centrala nervsystem skadas av luftstöt våg.

Riskavstånden beror framför allt på vilken gas det är, fordonstyp samt byggnadens konstruktion. Bjälklag och väggar av betong eller kraftigt murverk kan under vissa förutsättningar begränsa splitter från gastankar och fordon att spridas okontrollerat i vissa riktningar.

Riskområden för aktuell fordonstyp i tunnel kan utgöra utgångspunkt även när det gäller tryckkärlexplosion inomhus, om man inte kan göra mer förfinade analyser.

12 Människans tålighet mot luftstöt vågor, Lars Svensson, FOI-R--3905--SE ISSN 1650-1942 Februari 2015.

Figur 2. Riskavstånd, tryckkärlsexplosion inomhus (CNG personbil)

I bilden finns CNG personbil i byggnad med risk för tryckkärlsexplosion. Byggnad utgör då *förbjudet område*. Het zon 35 meter, varm zon 300 meter där inte skydd bakom byggnader kan användas.

*Vid skydd bakom byggnader kan riskavståndet för varm zon halveras, se [sid 22](#).

Hälsorisker med skadade tankar av kolfiberkomposit

Gastankar av typ 2, 3 och 4 kan innehålla kolfiberkomposit som kan medföra hälsorisker i de fall de skadas av kraftigt våld eller utsätts för höga temperaturer i samband med brand. Små kolfiberpartiklar kan då frigöras som utgör en hälsorisk för räddningspersonal och andra aktörer som befinner sig inom skadeområdet. De små fibrerna kan bland annat nå långt ner i lungorna och orsaka irritation och inflammation i luftvägar och lungsystem. I MSB:s vägledning *Hantering av kolfiberkomposit vid olyckor*¹³ finns rekommendationer kring hur räddningspersonal kan skydda sig mot farlig exponering av kolfiber.

13 MSB (2021) Hantering av kolfiberkomposit vid olyckor, MSB1747, ISBN: 978-91-7927-136-7.

Zonindelning, restriktioner och skyddsutrustning

I tabell 4 beskrivs innebörden av *varm zon*, *het zon* och *förbjudet område*, samt vilken skyddsutrustning som kan vara lämplig vid arbete i de olika zonerna.

Tabell 4. Zonindelning, risker och personlig skyddsutrustning

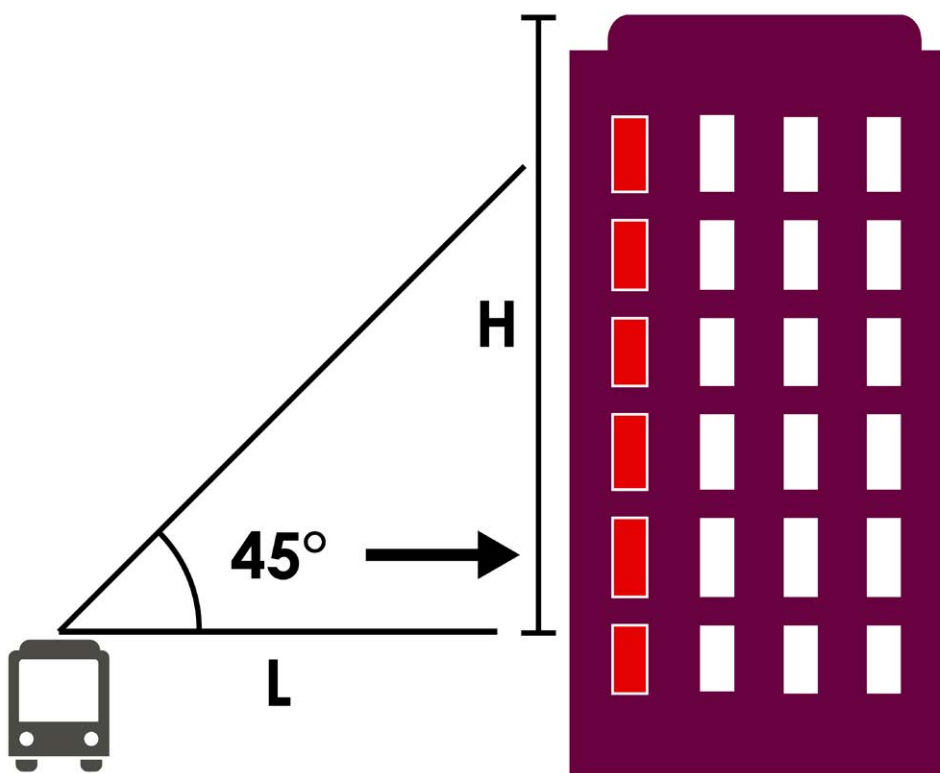
Zon	Risker/restriktioner/skydd	Personlig skyddsutrustning
Förbjudet område	<p>Allvarliga risker för liv och hälsa föreligger oavsett val av skyddsutrustning.</p> <p><i>Förbjudet område</i> kan utgöras av hela eller delar av <i>het zon</i> som inte får beträdas.</p>	<p>Skyddsutrustning ger inte tillräckligt skydd för att förhindra skador.</p> <p>Rekognosering och åtgärder inom <i>förbjudet område</i> sker med obemannad teknik. (UAS (unmanned aircraft system) och UGV (unmanned ground vehicle) om det är möjligt vid beaktande av hot från explosiv atmosfär eller hetta.</p>
Het	<p>Allvarliga risker för liv och hälsa föreligger normalt.</p> <p>Personal bör inte vistas här mer än nödvändigt. Få personer och kort tid.</p> <p>Särskild skyddsutrustning kan behövas för att kunna vistas här på ett säkert sätt.</p> <p>Särskild vaksamhet krävs.</p> <p>Utöver personlig skyddsutrustning bör dessutom skydd mot splitter användas om risk finns för tryckkärls-explosion eller gasmolnsexplosion i slutet utrymme.</p>	<p>Exempel på särskild skyddsutrustning utöver det som gäller för <i>varm zon</i>:</p> <p>Andningsapparat med helmask SS-EN443 Typ 2.</p> <p>Hörselkåpor med medhörning som uppfyller bullerklass H i SS-EN 352-3:2002.</p> <p>Brandhandskar SS-EN 15090:2006.</p> <p>Skyddshandskar (mot blodsmitta, kroppsvätskor, etc.).</p> <p>Explosimeter kalibrerad för metan ATEX II 2G IIC T2 eller högre.</p> <p>Eftersträva att all utrustning som används i <i>het zon</i> är klassad enligt lägst ATEX II 2G IIC T2.</p>
Varm	<p>Risker för liv och hälsa kan föreligga.</p> <p>Personal bör inte vistas här mer än nödvändigt.</p> <p>Utöver personlig skyddsutrustning bör dessutom skydd mot splitter användas om risk finns för tryckkärls-explosion eller gasmolnsexplosion i slutet utrymme.</p>	<p>Minst följande skyddsutrustning bör användas i normalfallet:</p> <p>Brandskyddsdräkt (SS-EN 469 eller motsvarande) med underställ.</p> <p>Skyddsskor med spiktrampskydd och tåskydd (till exempel skyddsklass S3 eller S5 enligt SS-EN 15090:2012).</p> <p>Hörselkåpor som uppfyller lägst bullerklass M i SS-EN 352-3:2002 alternativt öronproppar enligt SS-EN 352-2:2020.</p> <p>Hjälm (SS-EN443 eller motsvarande).</p> <p>Skyddsglasögon enligt SS-EN166 klass 1FT eller högre.</p> <p>Varselkläder (lägst skyddsklass 2 enligt SS-EN ISO 20471).</p> <p>Visselpipa eller motsvarande varningsanordning.</p>

Beskrivning av riskzoner och *förbjudet område* samt lämplig skyddsutrustning i *varm* respektive *het zon*. Standarderna som nämns i tabellen kan hittas på Swedish Institute for Standards hemsida, <https://www.sis.se/>.

Skydd bakom byggnader och andra barriärer

När det gäller risk för tryckkärlsexplosion utomhus finns en tumregel som säger att byggnader kan fungera som skydd om de är tillräckligt höga och inte står för långt bort från fordonet. Ett sådant skydd medger att riskavståndet kan halveras i den riktningen där byggnaden står. För att tillgodogöra sig skydd från byggnader får avståndet mellan fordon och byggnaden inte överstiga höjden på byggnaden, se bild nedan. Beakta att ytterväggar till de brandceller i en byggnad som vetter mot olycksplatsen, som träffas av delar från tryckkärl, kan brista och risk finns även att oförbränd gas därefter kan komma att förbrännas i brandcellen¹⁴. Utrymning av *het zonen*, öppna ytor samt brandceller som vetter mot olycksplatsen inom *varm zonen* är därför lämpligt.

Figur 3. Skydd bakom byggnader



$$H = 3 \text{ meter} \times \text{antal våningar}$$

Skydd bakom byggnader: $H > L$

¹⁴ Exempel på händelser där gasbehållare penetrerar tegelfasad är vid branden vid Praxair 24 juni 2005 St.Louis (CSB Safety bulletin No. 2005-05-B June 2006). Vid explosionen i Klaratunneln 2019 träffades fasad av en gastank utan att yttervägg penetrerades. Fasaden var förstärkt av en balk där den träffades.

För skydd mot splitter ger 25 mm stålplåt¹⁵ tillräckligt tjockt skydd om den är förankrad så den står emot luftstöt vågslaster. Även minst 1.3 m vattentank ger ett likvärdigt skydd så länge tanken är vattenfylld.¹⁶

Tunnlar

Riskavstånd och rekommenderade zonindelningar för fordon i tunnlar i denna vägledning är beräknade utifrån en tunnel som är 9 meter bred och 4,5 meter hög. Tunnlar med andra mått och utformningar kan ge andra riskavstånd. En rak tunnel med mindre genomskärning kan ge längre riskavstånd. En tunnel med större genomskärning samt skarpa svängar eller förgreningar kan ge ett kortare riskavstånd.

Fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas, CNG

Gassystemets uppbyggnad: tankar, ledningar och ventiler

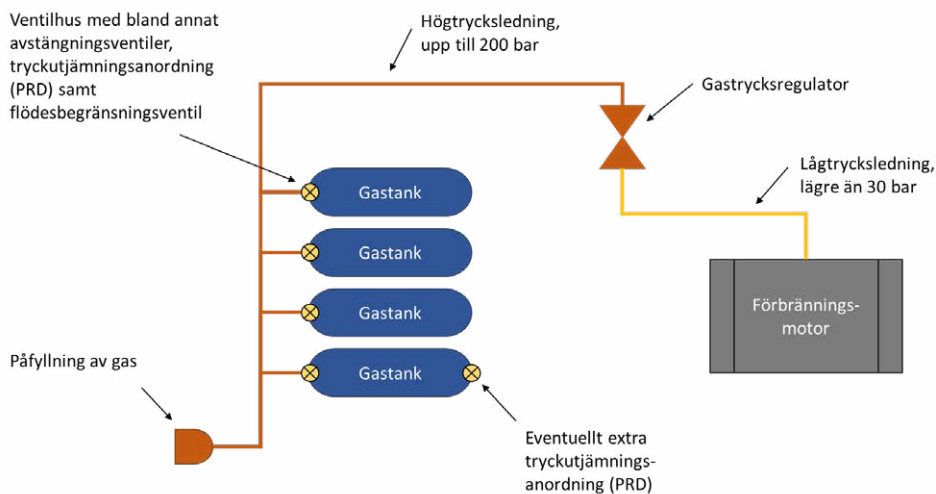
Fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas har ett högtryckssystem med tryck motsvarande lagringstrycket, cirka 200 bar (20 000 kPa), och ett lågtryckssystem som motsvarar arbetstrycket för motorn, max 30 bar (3000 kPa). Högtryckssystemet består av tankar för lagring av bränslet, ledningar för utjämning av trycket mellan tankarna, ett påfyllningssystem och ett ledningssystem för försörjning av bränslet till tryckregulatorn och vidare till motorn.

Varje tank har en magnetventil, en manuell stängventil, en flödesbegränsningsventil (kan även kallas rörbrottsventil, flödesbegränsare eller flödesvakt) och minst en värmeaktiverad tryckutjämningsanordning (smältsäkring). Ibland är den värmeaktiverade tryckutjämningsanordningen även kompletterad med tryckaktiverad tryckutjämningsanordning på samma tank.

Magnetventilen är normalt stängd och öppnar endast då den blir elektriskt spänningssatt (solenoidventil). Den öppnar då föraren vrider på tändningsnyckeln och stänger då föraren vrider av tändningsnyckeln eller då strömmen bryts på annat sätt, till exempel med huvudströmbrytare.

¹⁵ Design and Analysis of a Rescue Shield for Explosion and Fire Protection Alvarez J, Chetan K, Nilipour A, Xu Y, Ortlund R January 2016.

¹⁶ Fortifikationsverkets Konstruktionsregler FKR 2011 Bilaga FortSkydd.

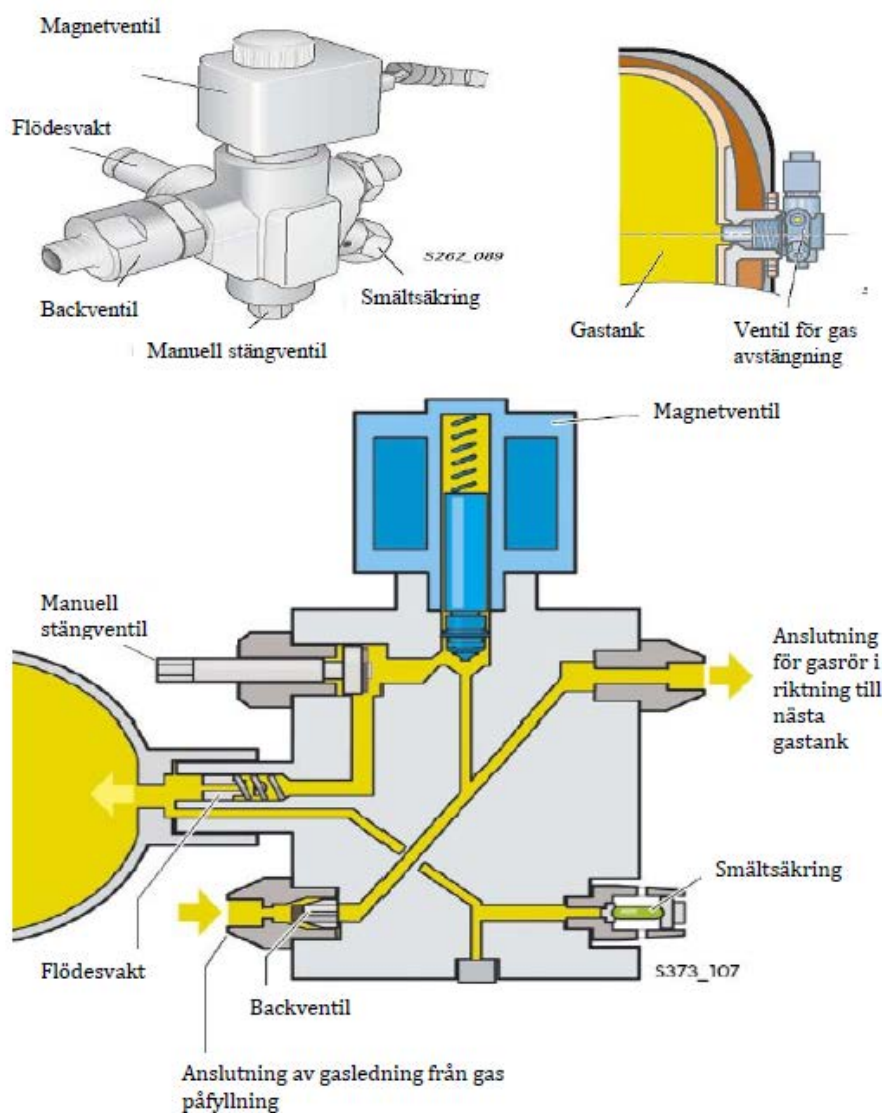
Figur 4. Exempel på bränslesystem för fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas

Vid tankning fylls tankarna genom en påfyllningsledning med backventil både i anslutningsnippeln och i varje ansluten tanks ventilhus. Genom att magnetventilen som sitter på varje tank i de flesta fall fungerar som en backventil i påfyllningsriktningen öppnar den för det högre fyllnadstrycket, så att gasen flödar in i tanken och alla tankar därigenom fylls till samma tryck.

Tankar för tryckkomprimerad metangas är antingen av stål eller av kompositmaterial som inklusive en invändig, gastät beläggning är upp till 2 centimeter tjockt. Det här gör att tankar tål visst yttre våld utan att förstöras. Slang- och rörledningar till tankarna kan däremot skadas om tankarnas placering i fordonet har påverkats, till följd av till exempel en kollision.

Om påfyllningsledningen eller högtrycksledningen till tankarna skadas i samband med tankning eller yttre våld, stänger backventilen i tanken och gasen förhindras att strömma ut. Dessutom har varje tank en flödesbegränsningsventil som stryper flödet om backventilen inte har lyckats förhindra utflödet, förutsatt att flödet är större än vad motorn förbrukar vid full gas. Om fordonet har en manometer kopplad till påfyllningsledningen eller högtrycksledningen kan denna i en sådan situation felaktigt visa att systemet är trycklöst, även om enskilda tankar inte är det.

Figur 5. Exempel på funktioner, tankventilhus för fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas



Flödesvakt används i bilden. Denna benämns som flödesbegränsningsventil i vägledningen. Smältsäkring används i bilden. Denna benämns som värmeaktiverad tryckutjämningsanordning i vägledningen. *Källa: Mobility Sweden.*

Ett läckage på högtrycksledningarna kan begränsas på flera sätt:

1. Flödesbegränsningsventilen stryker flödet automatiskt och är helt oberoende av övriga system om flödet förbi ventilen blir för stort, till exempel om ett rör går helt av. Den förblir stängd, men behöver inte vara helt tät. Det kan vara ett kvarvarande mindre läckage efter att flödesbegränsningsventilen har stängt.
2. Magnetventilen stänger då den blir elektriskt spänningslös.
3. Den manuella stängventilen stängs. Den sitter ihop med övriga ventiler i ventilhuset direkt på respektive tank och vrids om manuellt, antingen för hand eller som på vissa personbilar med ett speciellt verktyg.

Inga stäng- eller magnetventiler kan hindra tryckutjämningsanordningar som smältsäkring eller sprängbleck att utlösa och släppa ut gasen från tanken.

Tryckutjämningsanordningar för tankar med tryckkomprimerad metangas, CNG

Tankar för tryckkomprimerad metangas är vanligen konstruerade för att tåla cirka 2,5 gånger sitt normala drifttryck.¹⁷ Om gastanken upphettas så att gasen uppnår en temperatur av 460 °C finns risk att tankens tryck överstiger 2,5 gånger drifttrycket, och då exploderar tanken även om den inte har utsatts för yttre våld. Därför är alla typer av gastankar beroende av att tryckavlastas för att tåla utsätts för flammor och uppvärmning. Ett högre tryck i tanken ger vid bristning en kraftigare stötvåg och genererar mer energi, vilket ger ett större riskavstånd avseende både luftstötvåg och delar från tanken samt delar från fordonet. Jämfört med ståltankar riskerar komposittankar att skadas tidigare vid lokal uppvärmning över 100 °C.¹⁸

För att minska risken för tankexplosion är gastankarna försedda med minst en värmeaktiverad tryckutjämningsanordning. Gastankar som är längre än 1,65 meter har ofta mer än en tryckutjämningsanordning, men även kortare tankar kan ha mer än en sådan. Värmeaktiverade tryckutjämningsanordningar kallas även TPRD från engelskans "thermally activated, pressure relief device" och består oftast av en smältsäkring eller en glasbulb som frigör ett underliggande ventilsåte. Dessa utlöser när den värmekänsliga delen når 110 ± 10 °C. Dessa typer av tryckutjämningsanordningar förblir med vissa undantag öppna när de väl har öppnat, och sänker därmed trycket i tanken till atmosfärstryck eller nära atmosfärstryck. Proving av värmeaktiverad tryckutjämningsanordning med 8 bars tryck visar att dessa inte öppnar. Risk finns därmed för att vibrationer under bärning och hantering kan få ventilsåtet att lossna och orsaka gasläckage om man inte har säkerställt att till synes aktiverade smältsäkringar är öppna hela vägen in i tanken.

Värmeaktiverade tryckutjämningsanordningar får även vara kompletterade med sprängbleck som öppnar om trycket stiger över 340 bar (34 000 kPa) i högtrycksledningen. Sprängbleck förblir öppna om de väl aktiveras.

Smältsäkringar, glasbulber och sprängbleck kräver inte underhåll enligt regelverk för att fungera. Dessa ger skydd mot tryckkärlsexplosion om tanken är oskadad och om uppvärmningen av tanken liknar det brandförlopp som tanken är testad för att klara. Punktuppvärmning av tank på yta som inte är nära tryckutjämningsanordningar kan dock innebära ökad risk för tryckkärlsexplosion.^{19,20}

17 Table 7.1 i kapitel 7 "Rupture of vessels" i "Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases) CPR 14E 1997".

18 CNG vehicle containers exposed to local fires, Jonatan Gehandler & Anders Lönnermark, RISE Rapport 2019:120.

19 CNG vehicle containers exposed to local fires, Jonatan Gehandler & Anders Lönnermark, RISE Rapport 2019:120.

20 Olycksutredning Brand i gasbuss Gnistångstunneln, Göteborg 12 juli 2016. Mikael Hagberg, Johan Lindström, Petter Backlund.

Efter att en tryckutjämningsanordning har aktiverats är risken för tryckkärls-explosion liten, så länge jetflamman inte riktas mot annan tank som då värms upp. Utlopp för utsläpp av gas från tryckutjämningsanordning förväntas inte vara riktad direkt mot annan tank, även om det inte uttryckligen är förbjudet i bestämmelserna.²¹ Efter en kollision, eller då flera fordon står nära varandra, är sannolikheten större att flamma från tryckutjämningsanordningens utlopp för utsläpp av gas kan riktas mot andra tankar.

När tankarna på en personbil är placerade över bottenplattan, i kupén eller bagageutrymmet är tankventiler placerade i en kapsling som är gastät mot kupén, men som ventileras till det fria enligt internationella regelverk med tillhörande konstruktionskrav.²²

Det finns inga krav som säger att ventilationshålet från kapslingen inte får riktas framåt, utan bara att den inte får riktas mot en tank. Smältsäkring inuti en fordonskupé är antingen placerad inuti kapslingen, som då måste förstöras i brand, alternativt placerad utanför kapslingen.²³ Vid vilken temperatur som kapsling i verkligheten förstörs vid brand i en brinnande personbil är inte känt.

Utloppet placeras i de flesta fall så att en jetflamma bildas inne i fordonet eller inom en sektor bakom bilens c-stolpe. Ofta sitter utloppet på den sida som tanklocket är placerat.

En del gasfordon har även ett kompletterande vätskeformigt drivmedel, exempelvis bensin. En kompletterande drivmedelstank av plast tappar ofta sin täthet då den utsätts för värme, till exempel då gastankens tryckutjämningsanordning har utlöst och en jetflamma uppstår.

Personbilar och lätta lastbilar: tillämpningar och erfarenheter

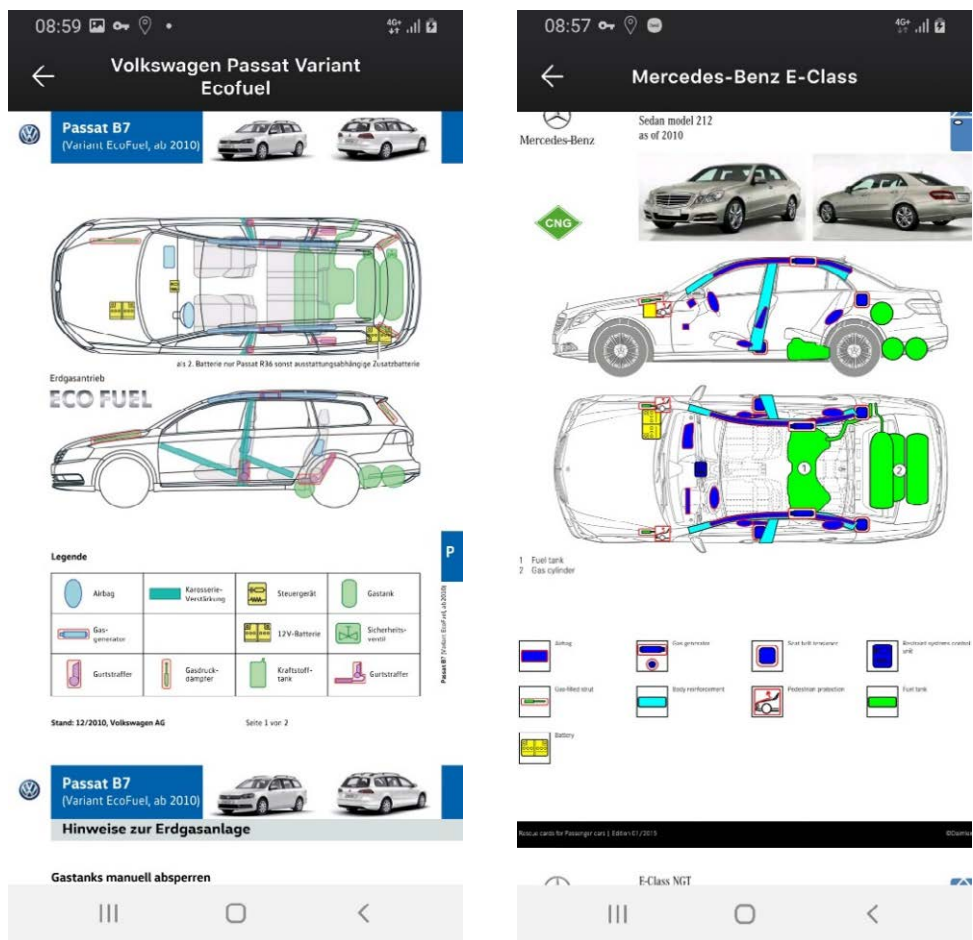
MSB känner inte till några personbilsbränder där tankar av metall (typ 1–3) placerade under bottenplattan har exploderat. En gasbil som har tankarna placerade under bottenplattan har dock begränsat skydd mot islag underifrån vid trafikolyckor, så kallad underbumpning. Gastankarna är också sämre skyddade mot sandsprut och korrosion från vägsalt.

21. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110) samt The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 115 UN ECE R115.

22. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110), avsnitt 18.3.1.15.

23. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110), avsnitt 18.3.1.15.

Figur 6. Tankplacering i Passat B7 och Mercedes-Benz E-Class modell 212 NGT



Källa: Androidversionen av Euro rescue.

En risk med att ha tankarna ovanför bottenplattan och inne i fordonet är att om fordonet deformeras efter en kollision bakifrån kan ett läckage uppstå som läcker gas till kupén. Om en blandning av luft och gas antänds kan bilens kupé explodera.

Tankar ovanför bottenplattan är mer utsatta vid en fordonsbrand i kupén, och tankexplosioner har förekommit.

Enligt beräkningar och erfarenhet från tryckkärlsexplosioner i tryckkärl med liknande egenskaper som fordonstankar kan splitter spridas upp till 200–300 meter. Dock finns inga kända erfarenheter från tankexplosioner i gasdrivna personbilar som ger indikationer på dessa långa avstånd.

MSB känner till tre händelser avseende tankexplosioner vid bränder i personbilar med tryckkomprimerad metangas och komposittankar placerade ovanför bottenplattan. En personbil exploderade 2007 efter att den brunnit i kupén när den stod på en parkeringsplats i Seattle i USA. I det fallet landade tanken cirka 29 meter från fordonet efter explosionen. Ett annat exempel är en personbil utanför Kramfors hösten 2016. I det fallet landade delar av taket 35–40 meter från det brinnande fordonet.

Bild 1. Fordonsdelar spreds inom en radie av 35–40 meter. Plåten som syns på bilden är biltaket från personbilen vars gastank exploderat vid brand i kupén.



Foto: Emil Brodin, Räddningstjänsten Medelpad.

Det tredje exemplet är en personbil i Botkyrka som exploderade 2017. Vid denna händelse spreds splitter upp till 60 meter, och en polis som befann sig på samma avstånd fick en tinnituskada.²⁴

Vid samtliga dessa händelser har kupén varit övertänd, och inte i något av dessa fall har tankarnas smältsäkringar kylts vid räddningsinsats.

Beakta att brandskadade komposittankar har begränsad hållfasthet och täthet. Detta innebär att gas kan läcka gas genom tankmanteln även efter att branden till synes är släckt. Ett läckage i manteln på en brandskadad komposittank (typ 4) tros ligga bakom den tryckkärlsexplosion som skedde efter släckningen 2016 i Göteborg.

24 Händelserapport, brand ute – fordon, Tomtbergavägen 370 Botkyrka, 2017-08-11.

Bussar: tillämpningar och erfarenheter

Bränslesystemet för bussar som drivs av tryckkomprimerad metangas omfattas av samma regler som personbilarna, vilket gör att funktionsprinciperna känns igen. Några viktiga saker att beakta är dock följande:

Tankdelar flyger längst om de kastas i 45 graders vinkel från horisontalplanet. Tankplaceringen på taket gör att tankdelar vid tankexplosion kan nå längre än för andra fordonstyper utan att stoppas av fordonets konstruktion. För personbilar och lastbilar, som har tanken under eller i fordonet, kommer däremot tankdelar med 45 graders utgångsvinkel med större sannolikhet att träffa fordonskonstruktionen och därigenom stoppas eller bromsas in i högre grad.

Bussars gastankar sitter på cirka 3 meters höjd, är av kompositmaterial (typ 4) och kan skadas av värme över 100 °C så att de förlorar sin täthet och ursprungliga hållfasthet. Tankarna är utsatta om de kör in i ett höjdhinder som exempelvis en för låg tunnel, bro eller portal.

Högtrycksledningar på 200 bar (20 000 kPa) löper i regel längs taket från tankarna till motorn samt till tankpåfyllningen nära främre dörren. Om det är en ledbuss är rörledningen ersatt av en slang vid leden (mitt på fordonet).

Det är viktigt att tänka på att tankarnas placering på taket av bussen gör dem utsatta vid brand inne i bussen. Vid kraftig brand finns risk för flampåverkan av flaskorna, ibland utan att påverka tryckutjämningsanordning (smältsäkring).

Om tankarna är placerade på taket tvärs över fordonet är chansen större att smältsäkringarna aktiveras om branden går genom sidorutorna på bussen än om tankarna är placerade i fordonets längdriktning. Detta beror på att smältsäkringarna vid montering tvärs över fordonet sitter närmare sidan av bussen, och därmed är mer åtkomliga för flammor från bussens fönster. Denna placering ger alltså mer gynnsamma förutsättningar att undvika tryckkärlsexplosion på grund av tryckstegring i tank vid brand.

Tunga lastbilar: tillämpningar och erfarenheter

Bränslesystemet för lastbilar som drivs av tryckkomprimerad metangas omfattas av samma regler som personbilar och bussar, vilket gör att funktionsprinciperna är desamma. Några viktiga saker att beakta är att tankarna ofta är placerade där vanliga dieseltankar sitter i vanliga fall på en lastbil, alltså nedtill bakom framhjul. Även tankplacering bakom hytten förekommer. Tankarnas placering på fordonet samt rådande vind kan vara avgörande för om och hur tankarna påverkas vid brand i hytt eller hjulhus på lastbil.

En tankexplosion i Indianapolis (USA) och en i New Jersey (USA) visar att även om tryckutjämningsanordningar aktiveras kan yttre flamma leda till tryckkärlsexplosion.²⁵ För lastbilar som har tanken nedtill på fordonet, bakom framhjul,

²⁵ <https://www.wastedive.com/news/update-investigators-determine-faulty-battery-caused-cng-truck-explosion-i/412842/>, hämtad 20 december 2019.

kommer tankdelar med 45 graders utgångsvinkel ofta att träffa fordonskonstruktionen och därigenom stoppas eller bromsas in i högre grad. Denna placering innebär att tankarna är mekaniskt oskyddade, ofta 200 millimeter över marken. Detta har medfört att tankar har fått kollisionsskador (exempelvis skador från så kallad underbumpning) med efterföljande läckage eller explosioner, såväl i trafik som vid tankning. Tankarnas placering medför även att en luftstötstång speglas mot marken, vilket förstärker stötvågsverkan jämfört med stötvågsverkan från bussarnas tankar på taket.²⁶

Gastankarna på lastbilar rymmer vanligtvis 80–120 liter. Lastbilstankarna är således ungefär en tredjedel av storleken på busstankar.

Zonindelning vid olyckor med fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas, CNG

Avstånden i följande stycken baseras på beräkningar från en studie genomförd av Lunds universitet.²⁷ För kriterier avseende riskavstånd och skyddsutrustning, se [sida 16](#).

Zonindelning personbilar och lätta lastbilar, tryckkomprimerad metangas

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från en personbiltank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

Se [sida 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion

Jetflamma

Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

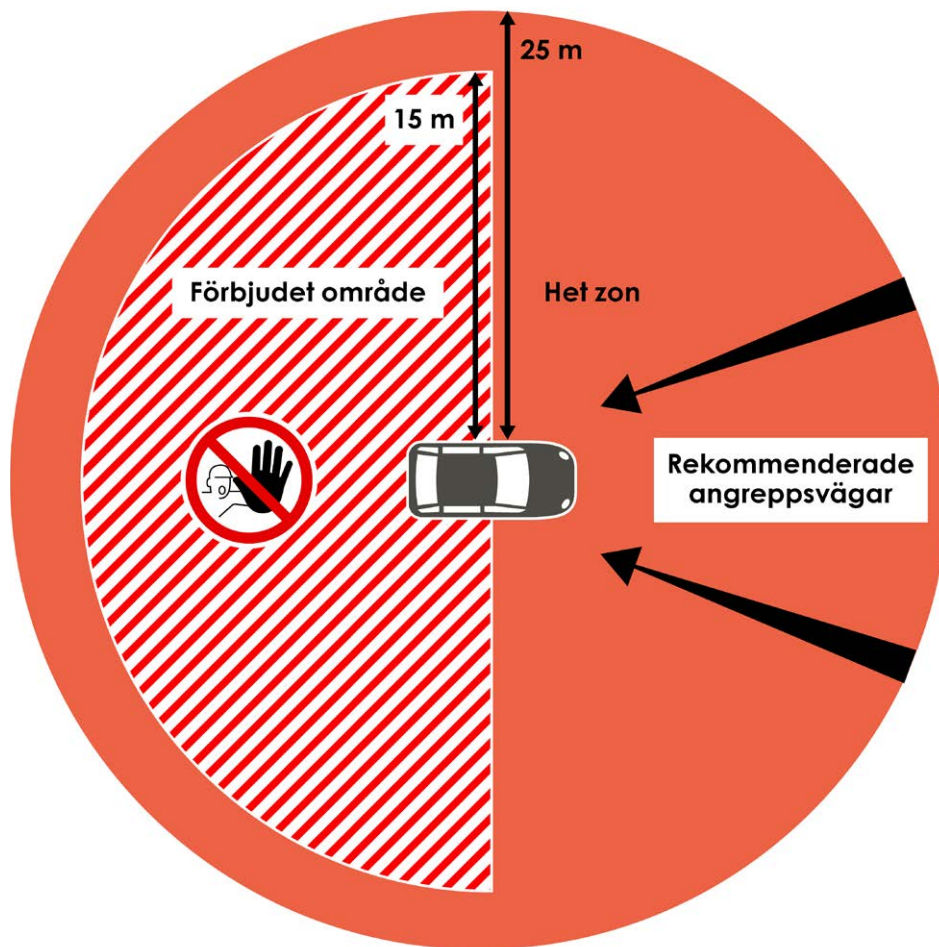
Inom 20 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om jetflamman aktiveras i deras riktning. Oskyddade personer kan skadas inom 25 meter från fordonet.

Även om det saknas krav på hur utlopp för utsläpp från tryckutjämningsanordningar får riktas, har många fordon en större risk för jetflamma bakom bilens bakaxel än framför. Bensintank av plast riskerar även att förlora sin täthet och orsaka pölbrand vid aktivering. Om jetflamman studsar tillbaka mot tankar eller reflekteras ökar detta risken för tryckkärlsexplosion till följd av att tanken värms upp.

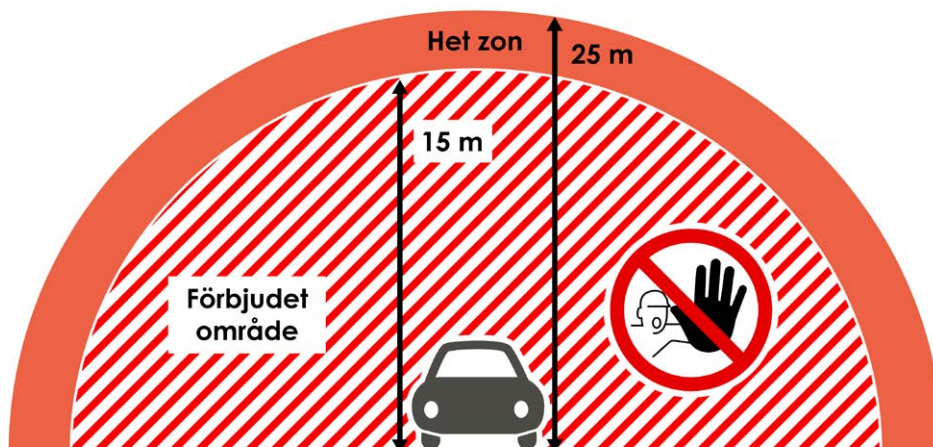
²⁶ Luftstötstång MSB Morgan Johansson, 2012.

²⁷ Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag, Lunds universitet 2020

Figur 2. CNG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 3. CNG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlsexplosion

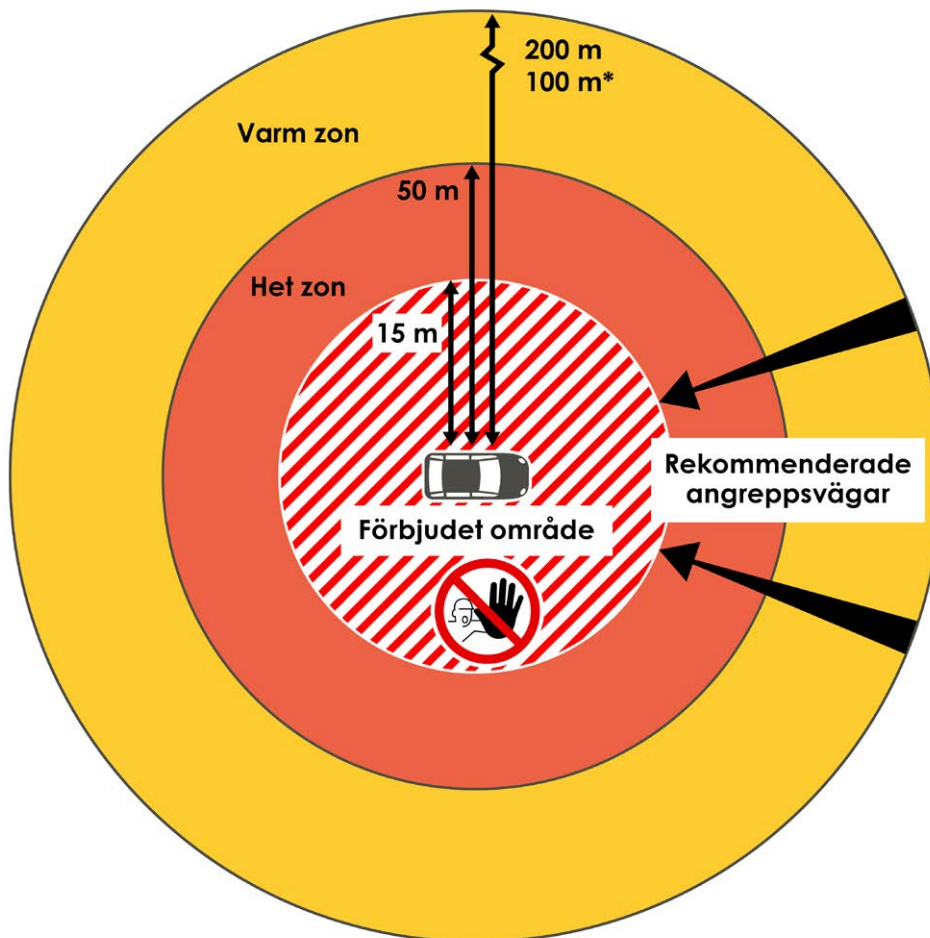
Risk för tryckkärlsexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld eller då komposittankar (typ 4) utsätts för lokal uppvärmning. Explosionsrisken ökar för tankar som ligger ovanför bottenplattan.

Inom 15 meter från fordonet kan personal, som befinner sig i tät stadsbebyggelse, få personskador av en luftstöt våg även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer kan skadas mer än 200 meter från fordonet.

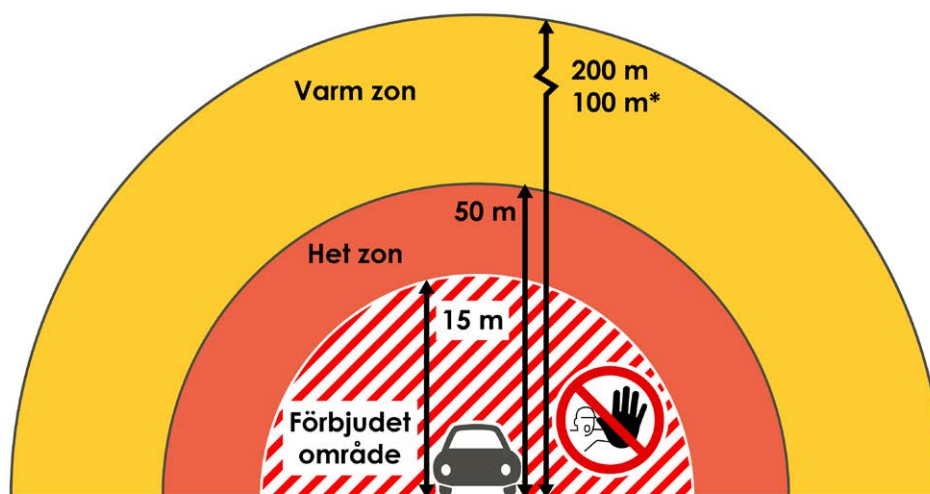
I en tunnel kan personskador av en luftstöt våg uppkomma mer än 40 meter från personbilen, även om personalen är utrustad med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 300 meters avstånd.

Som tidigare beskrivits kan delar av tank eller fordon kastas 200–300 meter enligt beräkningar och erfarenhet från motsvarande tryckkärl, medan det föremålet som har kastats längst från en personbiltanksexplosion flög 60 meter. I tunnlar saknas data på kastlängd för tank- och fordonsdelar som slits loss av en luftstöt våg.

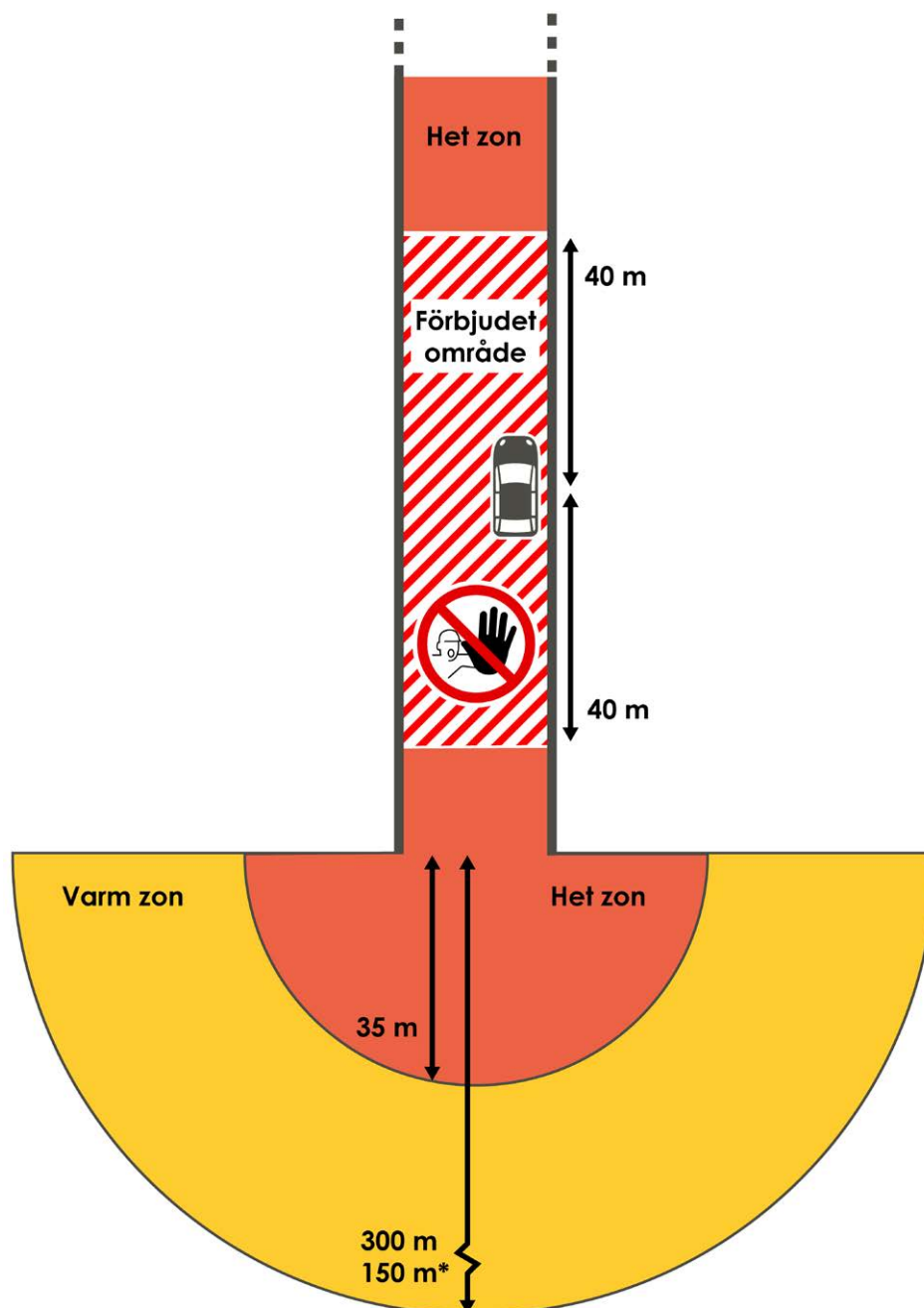
Figur 4. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)*



Figur 5. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)*



*För halvering av riskavstånd, se Skydd bakom byggnader, [sid 22](#).

Figur 6. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel

Zonindelning bussar, tryckkomprimerad metangas, CNG

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från en busstank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

Se [sida 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion.

Jetflamma

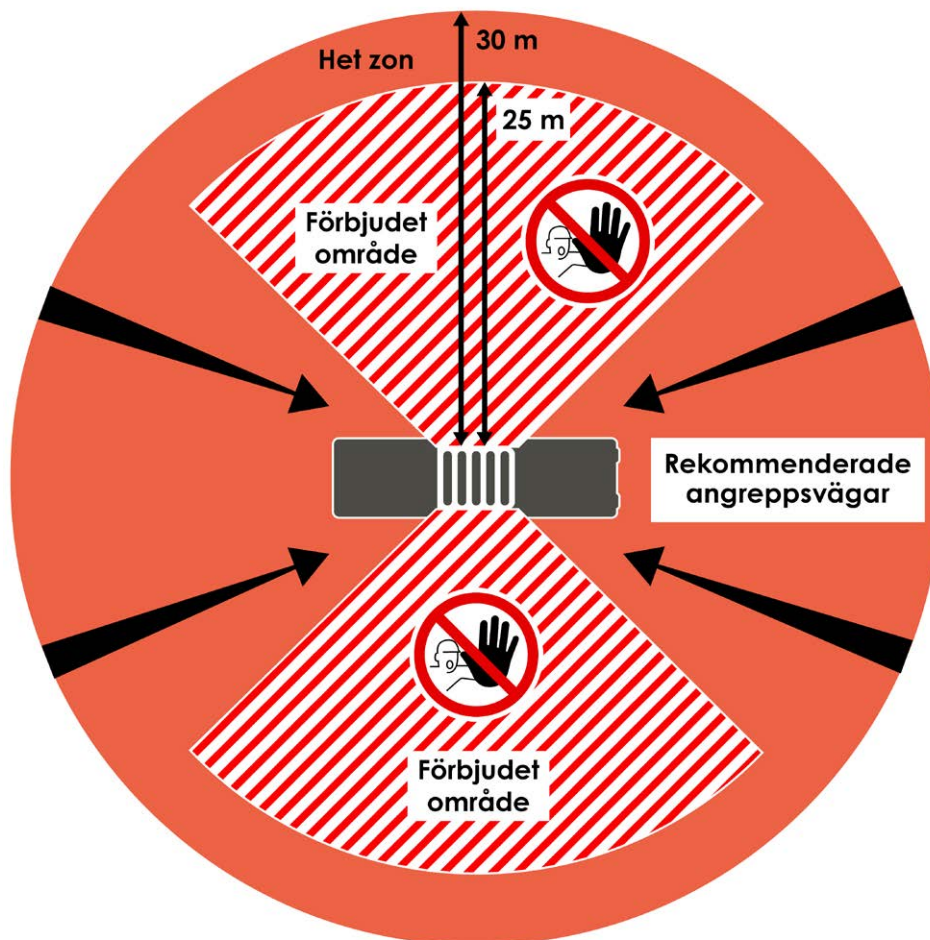
Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

Inom 25 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om jetflamman från tryckutjämningsanordningen aktiveras i deras riktning. Oskyddade personer kan skadas inom 30 meter.

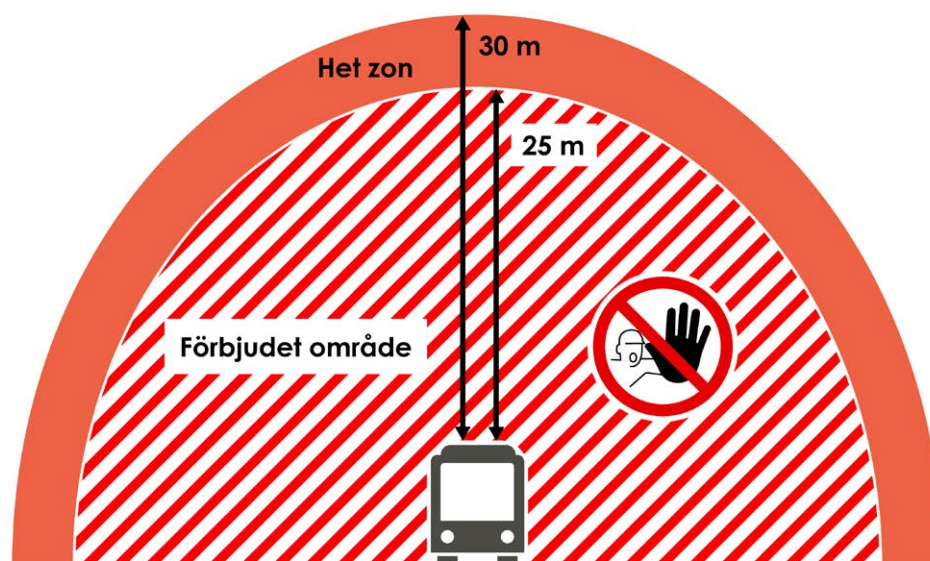
Reglerna för hur utlopp för utsläpp från tryckutjämningsanordningar får riktas har ändrats genom åren, men för många bussar finns en ökad risk för jetflamma vid bågiga sidorna av bussen och 45 grader bakåt. För nyare bussar blir det vanligare med avblåsningsriktning uppåt.²⁸ Tankarnas placering, orienteringen på taket och avblåsningsriktningarna från tryckutjämningsanordningarna på ortens bussar är därför viktiga delar att kontrollera hos bussföretag i den aktuella tätorten för att insatsplanera.

²⁸ På bussar nyare än 1 september 2018 får gasen bara evakueras i riktning uppåt. Detta krav gäller inte retroaktivt för bussar äldre än 1 september 2018. Kravet gäller typgodkännande av busstyper från och med 1 september 2018. En buss som säljs ny kan fortfarande omfattas av ett äldre typgodkännande (utan kravet).

Figur 7. CNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 8. CNG, buss, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlexplosion

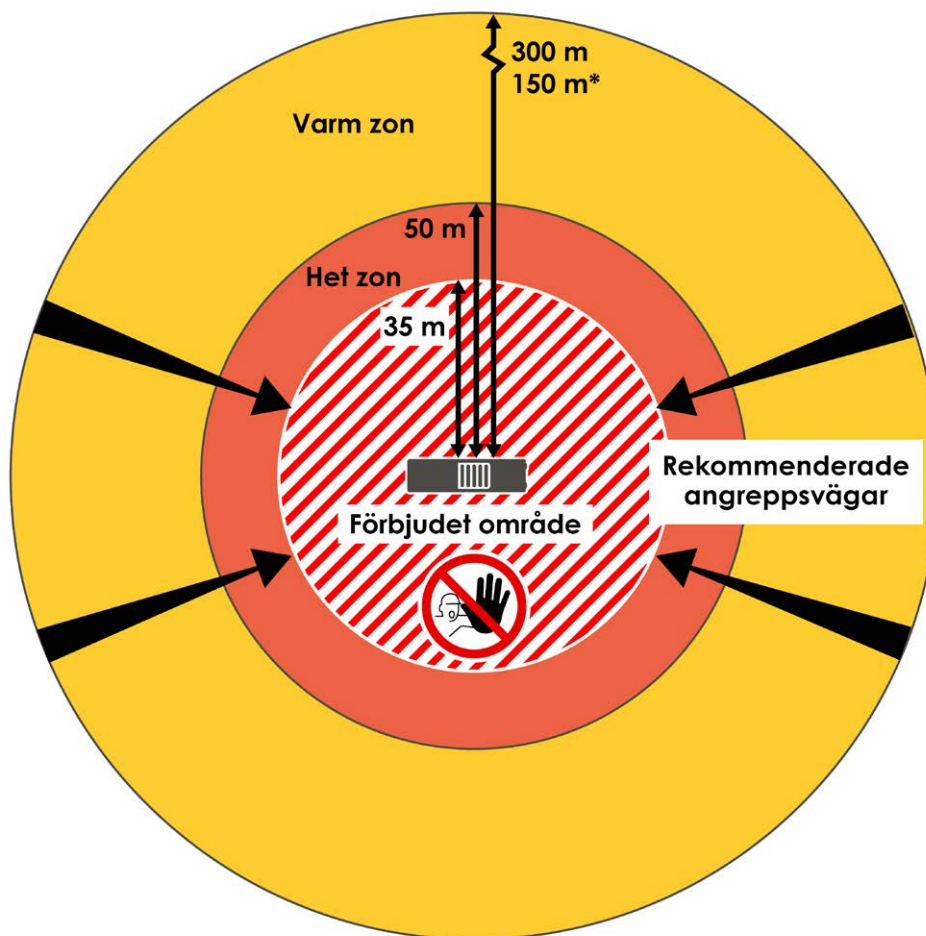
Risk för tryckkärlexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld, eller då en komposittank (typ 4) utsätts för lokal uppvärmning där det inte sitter några tryck-utjämningsanordningar. Beakta särskilt lågor som slår ut från till exempel takluckor och värmer upp gastankar på mitten.

I tät stadsbebyggelse kan personal få personskador av en luftstöt våg 35 meter från fordonet, även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 300 meters avstånd.

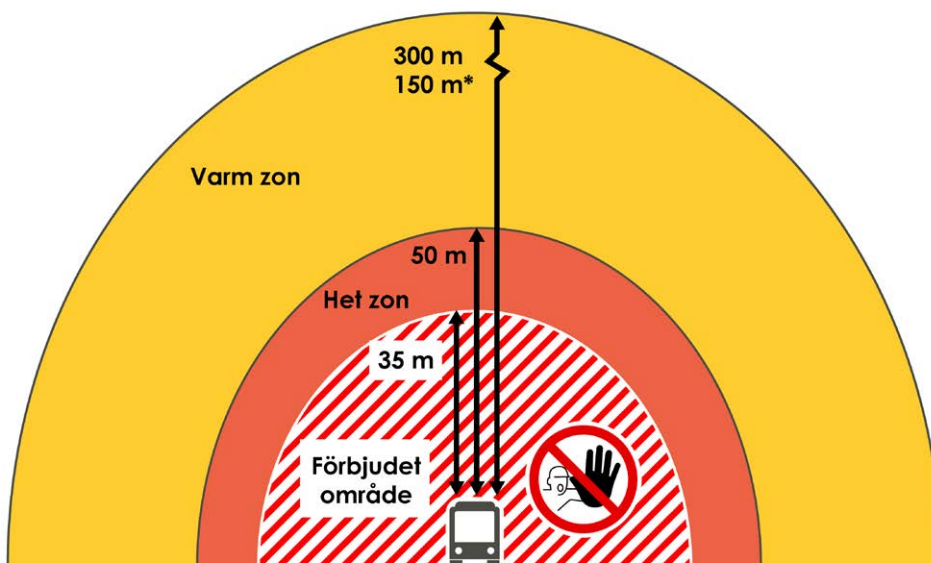
I en tunnel kan personskador från en luftstöt våg uppkomma mer än 300 meter från bussen, även om personalen är utrustad med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 300 meters avstånd. Personlig skyddsutrustning ger således inget skydd, och därför betraktas 300 meter som *förbjudet område*.

Som tidigare beskrivits kan delar av tank eller fordon kastas 200–300 meter enligt beräkningar och erfarenhet. I tunnlar saknas data på kastlängd för tank- och fordonsdelar som slits loss av en luftstöt våg.

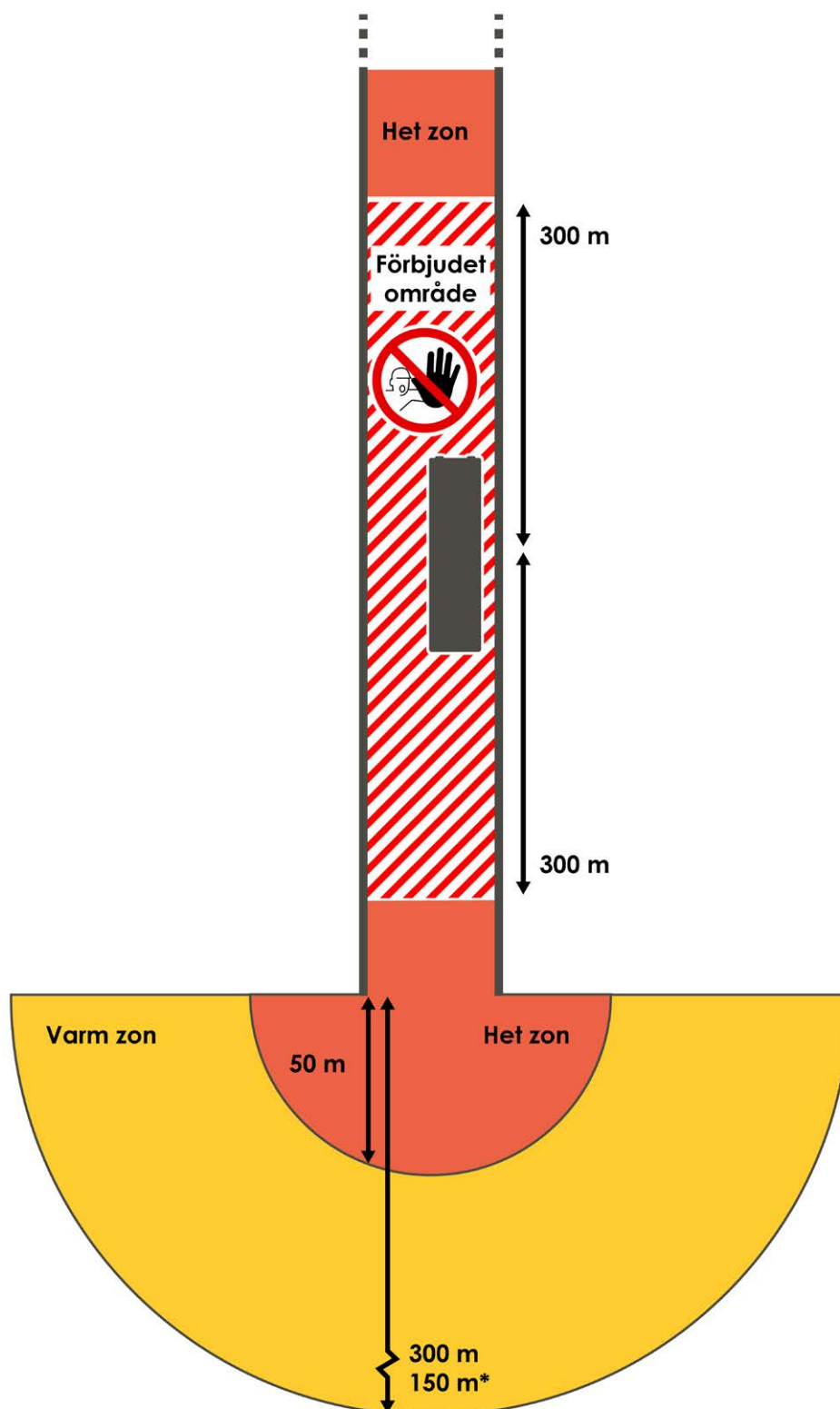
Figur 9. CNG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 10. CNG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 11. CNG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



Zonindelning tunga lastbilar, tryckkomprimerad metangas, CNG

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från en lastbilstank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

Se [sida 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion.

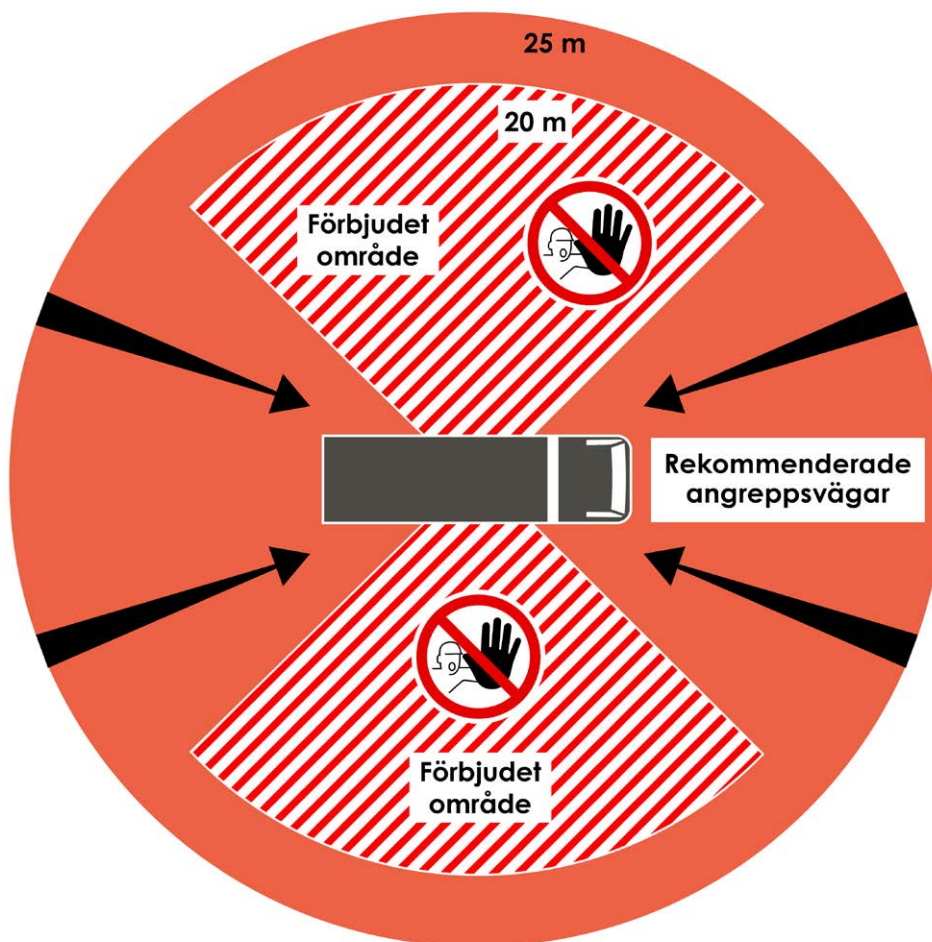
Jetflamma

Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

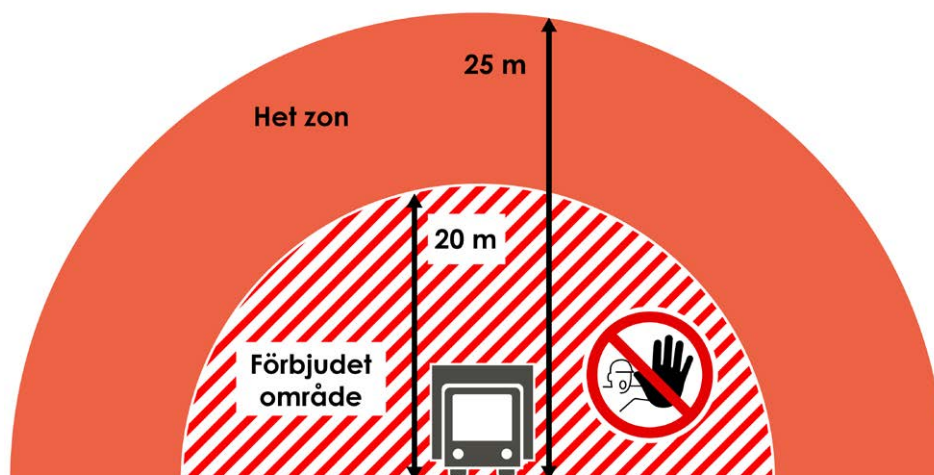
Inom 20 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om jetflamma från en tryckutjämningsanordning aktiveras i deras riktning. Oskyddade personer skadas inom 25 meter.

Även om det saknas krav på hur utlopp för utsläpp får riktas, har många lastbilar en ökad risk för jetflamma vid bägge sidorna av lastbilen samt 45 grader bakom och framför, då flaskorna förutom bakåt även kan ha utblåsningsriktning snett framåt.

Figur 12. CNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 13. CNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlexplosion

Risk för tryckkärlexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld, eller då en komposittank (typ 4) utsätts för lokal uppvärmning.

I tät stadsbebyggelse kan personal få personskador av en luftstöt våg 15 meter från fordonet, även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 200 meters avstånd.

I en tunnel kan personskador av en luftstöt våg uppkomma inom 55 meter från lastbilen, även om personalen är utrustad med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer kan skadas mer än 300 meter från fordonet.

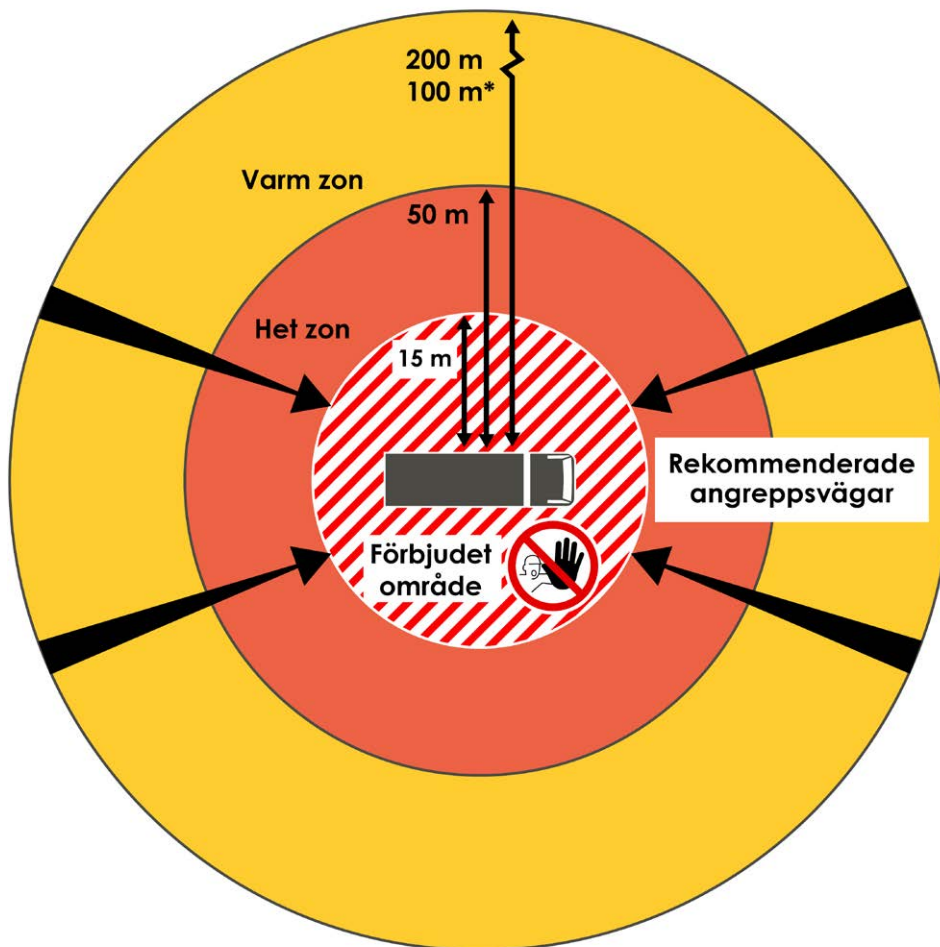
Splitter från tankdelar på upp till 200–300 meter kan inte uteslutas. Vid en tryckkärlexplosion i Katrineholm förekom splitterkast på cirka 100 meter i sidled²⁹ från tankar placerade bakom framhjulen. Tankplacering med stående tankar bakom hytten har gett dokumenterade splitterkast på upp till 400 meter.³⁰

I tunnlar saknas data på kastlängd för splitter och kaststycken.

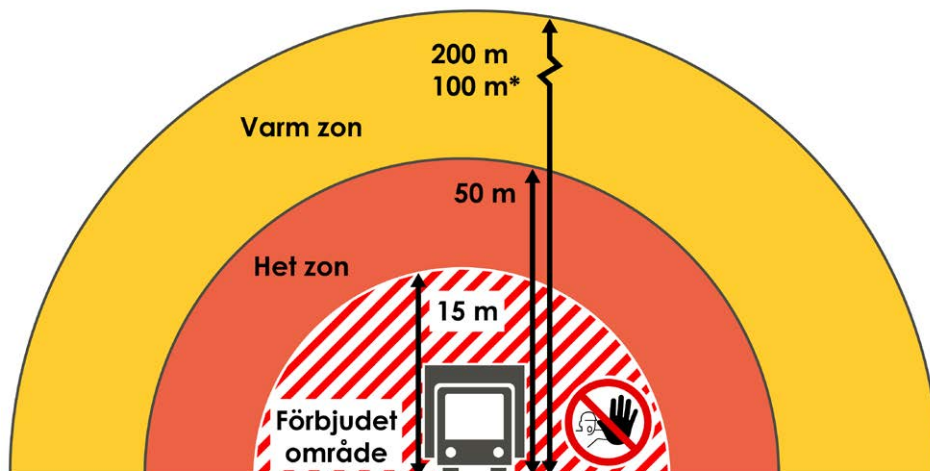
29 Tryckkärlexplosion i biogasdriven sopbil, Olycksutredning, MSB 2017.

30 Indianapolis, SIIT team investigation, 2017-06-27.

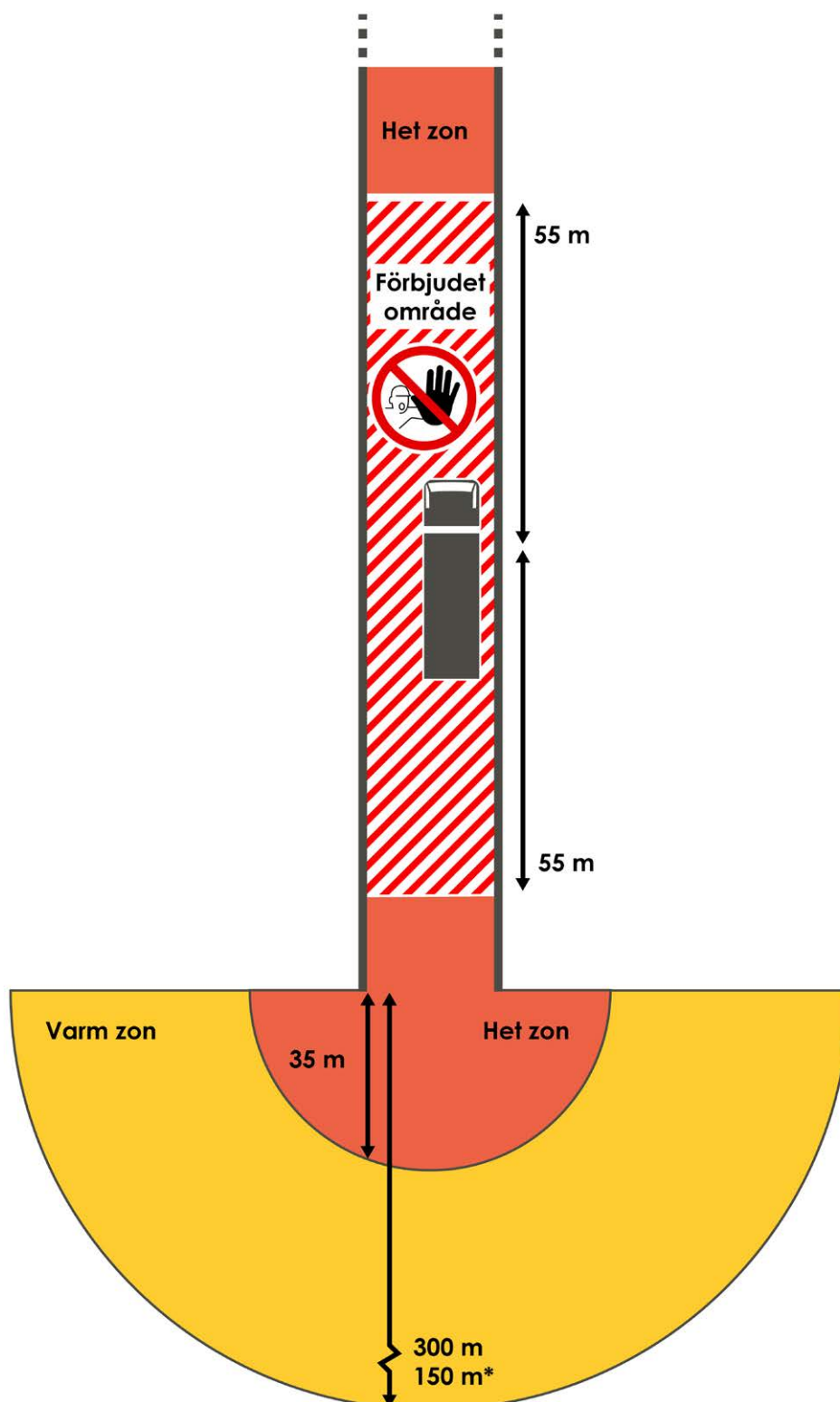
Figur 14. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 15. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 16. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



Fordon som drivs av kylkondenserad metangas, LNG

Gassystemets uppbyggnad: tankar, ledningar och ventiler

Fordonstankar för kylkondenserad metangas har dubbla väggar och tillverkas av lågtemperaturbeständigt rostfritt stål (typ 304) för att kunna innehålla kryogena vätskor. Mellan väggarna, som fungerar som en termos, finns strålningsskydd av aluminium samt isolerande vävar eller mattor av material som mineralfibrer eller syntetfibrer. Det är vakuum mellan väggarna i tanken för att minska värmeledningen. Tankar för fordonsdrift typprovas för brand tills de inte släpper ut mer gas.

Storleken på fordonstankarna för lastbilar är generellt 400–600 liter.

Gassystemet på ett fordon som drivs av kylkondenserad metan utformas efter samma regelverk³¹ som för fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas. Dock skiljer sig gassystemets egenskaper åt en hel del, bland annat när det gäller tryck, temperaturer och ventiltyper.

Tryckutjämningsanordningar för tankar med kylkondenserad metangas, LNG

Tankarna för kylkondenserad metangas har förutom effektiv värmeisolering även säkerhetsventiler som vanligen öppnar när trycket överstiger 16 bar (1600 kPa) samt ytterligare en säkerhetsventil som öppnar vid upp mot 24 bar (2400 kPa) inre tryck^{32,33}. En tank med kylkondenserad metangas som är oskadad typprovas för att tåla att utsättas för brand tills den inte släpper ut mer gas genom säkerhetsventilens avblåsningledning. Detta har verifierats såväl vid simulering som vid provning. (Brandpåverkan kan pågå i 120 minuter tills trycket understiger säkerhetsventilens blåstryck)³⁴. Gasfasen har även en manometer som går att avläsa. Gasfasen har även en manometer som går att avläsa. Manometertrycket ger en indikation på om utsläpp av gas kan ske i närtid.³⁵

Beakta även att en säkerhetsventil till skillnad mot en värmeaktiverad tryckutjämningsanordning stänger när trycket sjunker under en viss nivå. En 16 bars säkerhetsventil stänger vanligen vid 14,5 bar (1450 kPa) för att sedan öppna igen om trycket stiger över 16 bar (1600 kPa).

31. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014 (UN ECE R110).

32 15,9 bar (1560 kPa) respektive 18,6 bar (1860 kPa) för Volvo.

33 15,9 bar (1560 kPa) respektive 18,6 bar (1860 kPa) för Volvo.

34. När tanken i testet utsatts för brand i 120 minuter var den tom och testet avbröts. (Thermodynamic aspects of an LNG tank in fire and experimental validation) Corina Hulsbosch-Dam*, Bilim Atli-Veltin, Jerry Kamperveen, Han Velthuis, Johan Reinders, Mark Spruijt and Lex Vredevelde TNO, Netherlands.

35 Enligt UN ECE R110 ska ett LNG-fordon kunna stå avstängt i 120 timmar (fem dygn) utan att släppa ut gas. En full tank i omgivningstemperatur på 25 °C kommer att tömmas på all vätskefas och stabiliseras till ett tryck av 16 bar (1600 kPa) om den lämnas ute under en period av cirka 6 veckor.

När den första säkerhetsventilen öppnar gör den det till en avblåsningsledning som i huvudsak mynnar ovanför lastbilen eller bussen. Funktionsprincipen för den här avblåsningsledningen är att avblåsning från den första säkerhetsventilen ska mynna över hytten och lasten medan den andra säkerhetsventilen måste ha en egen avblåsningsledning. Den senare utformas i regel så att den mynnar direkt vid tanken då det är tillåtet. Viktigt att notera är att det ofta förkommer slangar av plastmaterial mellan tankens ledning och avblåsningsledning från den första säkerhetsventilen. Dessa slangar kan skadas av en brand med konsekvens att jetflamma från säkerhetsventil då kan komma att riktas mot last, påbyggnadsdel (lastbil) eller kupé (buss).

Om ett fordon med flytande gas ligger på sidan eller på taket så kommer säkerhetsventilerna att släppa ut vätskeformig metan. Detta innebär risk för både köldskada och brand inom kastlängden från vätskestrålen, plus en säkerhetsmarginal för värmeverkan från jetflamman. En jetflamma från vätskeformig metan blir längre än en jetflamma från gasformig metan.

Tunga lastbilar och bussar: tillämpningar och erfarenheter

Risken för tryckkärlsexplosion vid brandpåverkade tankar med kylkondenserad metan är mindre än för kylkondenserad metan. För kylkomprimerad metan finns i skrivande stund inga erfarenheter av tryckkärlsexplosioner. Däremot finns det andra risker med att den kylkondenserande vätskan är väldigt kall. Exempelvis kan ventiler och kopplingar frysa och bli otäta om det kommer in fukt i dessa. Detta inträffade i Norrköping 2020 i samband med tankning av kylkondenserad metan. En ispropp bildades vid påfyllningsanslutningen och gas började läcka ut. Isproppen kunde sedan tas bort med hjälp av varmvatten varvid läckaget upphörde. I samband med en tankning av kylkondenserad metan i Helsingborg 2015 uppstod läckage av gas som sedan antändes och stora delar av fordonet förstördes av brand. I det fallet fylldes en tom och varm tank (kryotank) för snabbt med extremt kall vätska. Vätskan förångades och byggde upp ett tryck som fick säkerhetsventilen att öppna. Gas strömmade sedan ut runt lastbilen och antändes. Tändkällan var oklar men det kan ha varit statisk elektricitet som antände gasen. En annan brand i en LNG-lastbil uppstod under färd i Örebro i december 2021. Gas hade läckt ut vid tankanslutningen och antänts en kort körsträcka efter tankning. Branden i fordonet kunde släckas utan att gastanken blivit påverkad. Lastbilen fick dock stora brandskador i hytten och motorutrymmet. Gastankens manometer kunde läsas av och den visade inte på något förhöjt tryck i samband med branden. En möjlig orsak kan ha varit att en backventil vid tankanslutningen inte stängt fullständigt på grund av isbildning. Föraren hade uppmärksammat pysande ljud i samband med tankningen.

Zonindelning vid olyckor med fordon som drivs av kylkondenserad metangas, LNG

Avstånden i följande stycken baseras på beräkningar från en studie genomförd av Lunds universitet.³⁶ För kriterier avseende riskavstånd och skyddsutrustning, se [sidan 16](#).

Zonindelning tunga lastbilar och bussar, kylkondenserad metangas, LNG

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från LNG bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. För LNG innebär detta i de flesta fall en förbränning av gasmolnet. I det fria innebär en sådan förbränning sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

Se [sidan 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion.

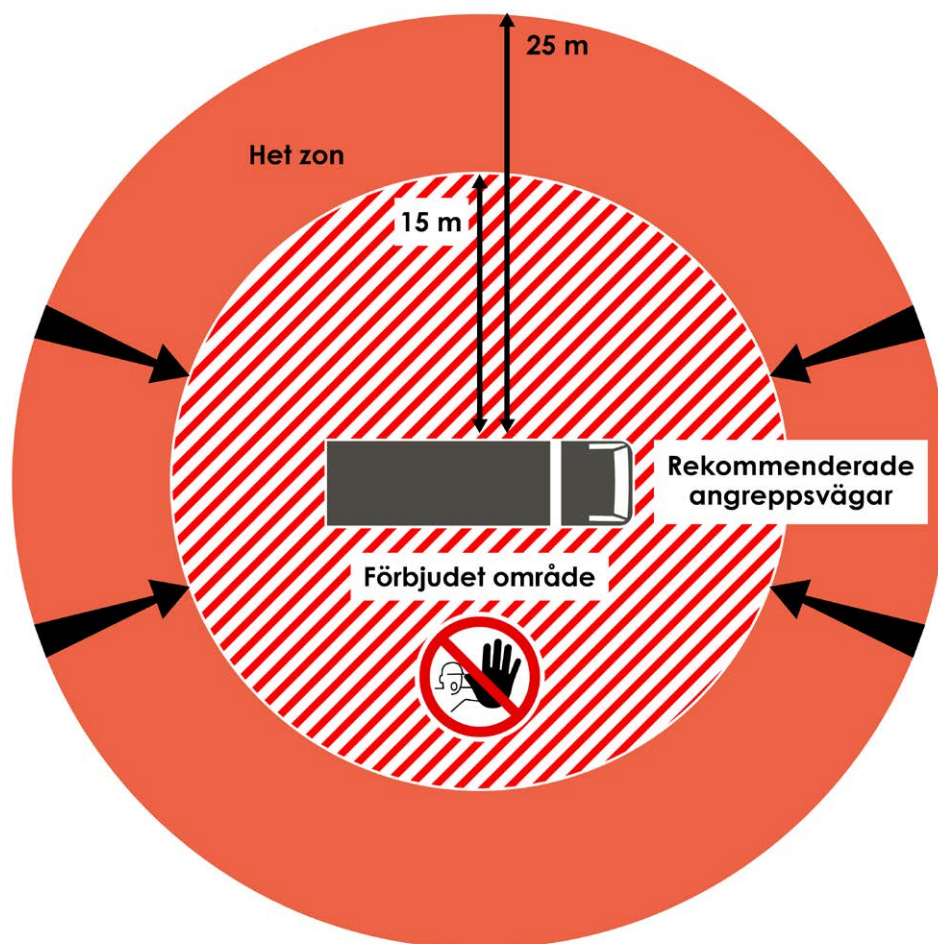
Jetflamma

Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

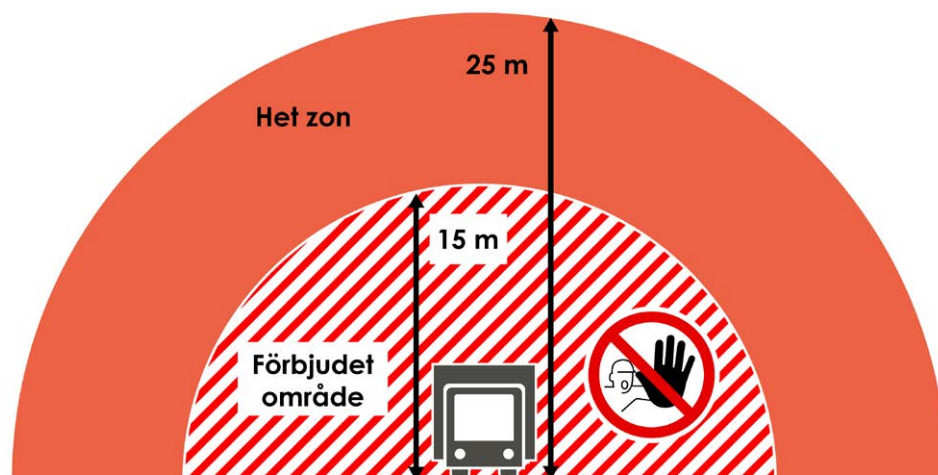
Inom 15 meter från fordonets tankar samt avblåsningsledningens mynning kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om jetflamman från en tryckutjämningsanordning aktiveras i deras riktning. Oskyddade personer riskerar att skadas inom 25 meter.

36. Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag, Lunds tekniska högskola 2020.

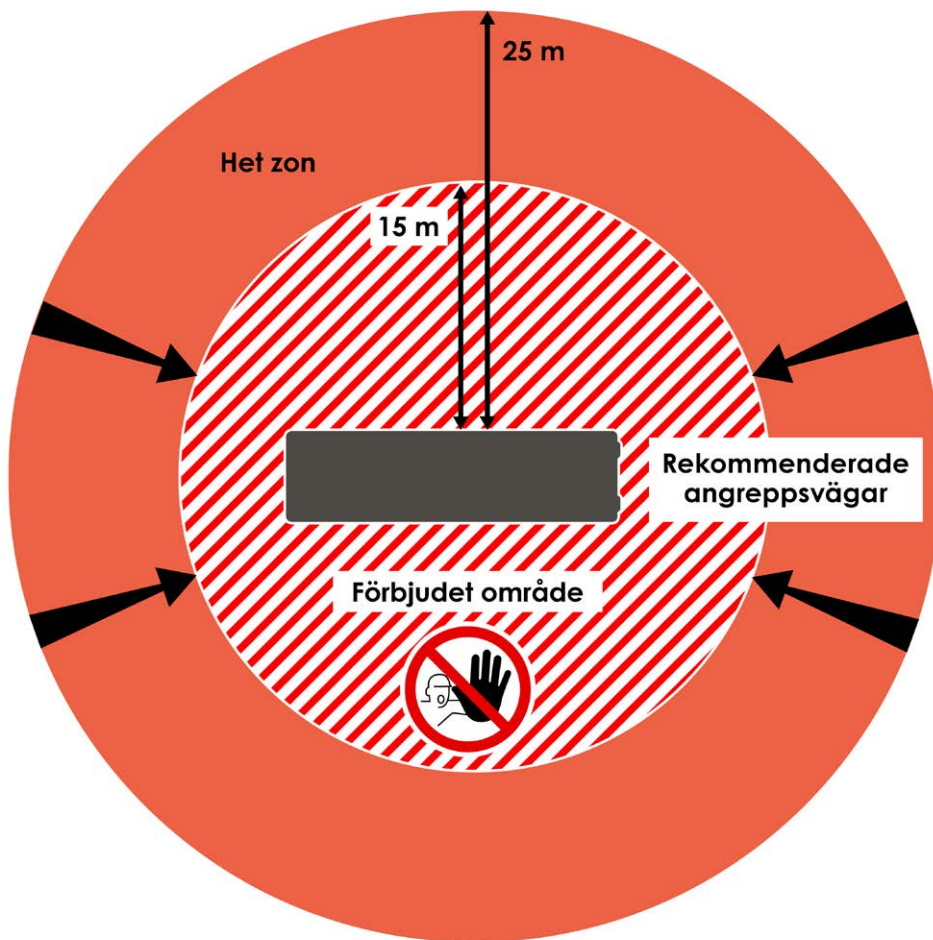
Figur 17. LNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)



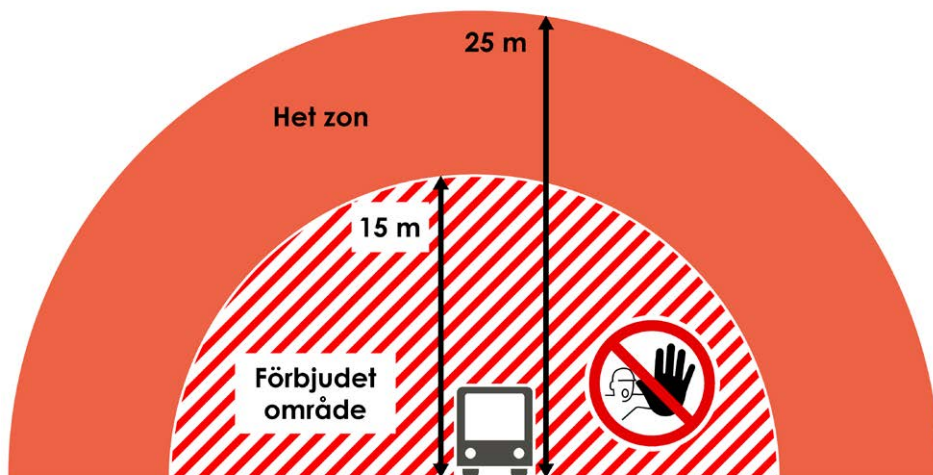
Figur 18. LNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)



Figur 19. LNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 20. LNG, buss, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlsexplosion

Tryckkärlsexplosion av en kryotank för kylkondenserad metangas är mer osannolikt än för tankar för tryckkomprimerad metangas eller propan-butanblandning. Detta förutsätter dock att tankarna inte är mekaniskt skadade samt att de bibehåller vakuum. Då isoleringen får vara brännbar inne i vakuumkärlet så är vakuumet viktigt. En tank med kylkondenserad metangas som är oskadad typprovas för att tåla att utsättas för brand tills den inte släpper ut mer gas genom säkerhetsventilens avblåsningssledning. Detta har verifierats såväl vid simulering som vid provning³⁷. Brandpåverkan kan pågå i 120 minuter tills trycket understiger säkerhetsventilens blåstryck. Som för lastbilar med tryckkomprimerad metangas kommer tankdelar som slungas parallellt med fordonet att kunna fångas upp av fälgar och däck vid en explosion. Bakom tanken finns en stålbalk som fångar splitter.³⁸ En faktor som talar mot en tryckkärlsexplosion för LNG-tank är att det finns flera svaga detaljer på anslutningar för tankarna, som sannolikt brister innan tanktrycket kommer upp till sprängtrycket, (vanligen runt 47 bar). Om en tankdetalj brister, strömmar brinnande vätskeformig metan ut med ett högt tryck.

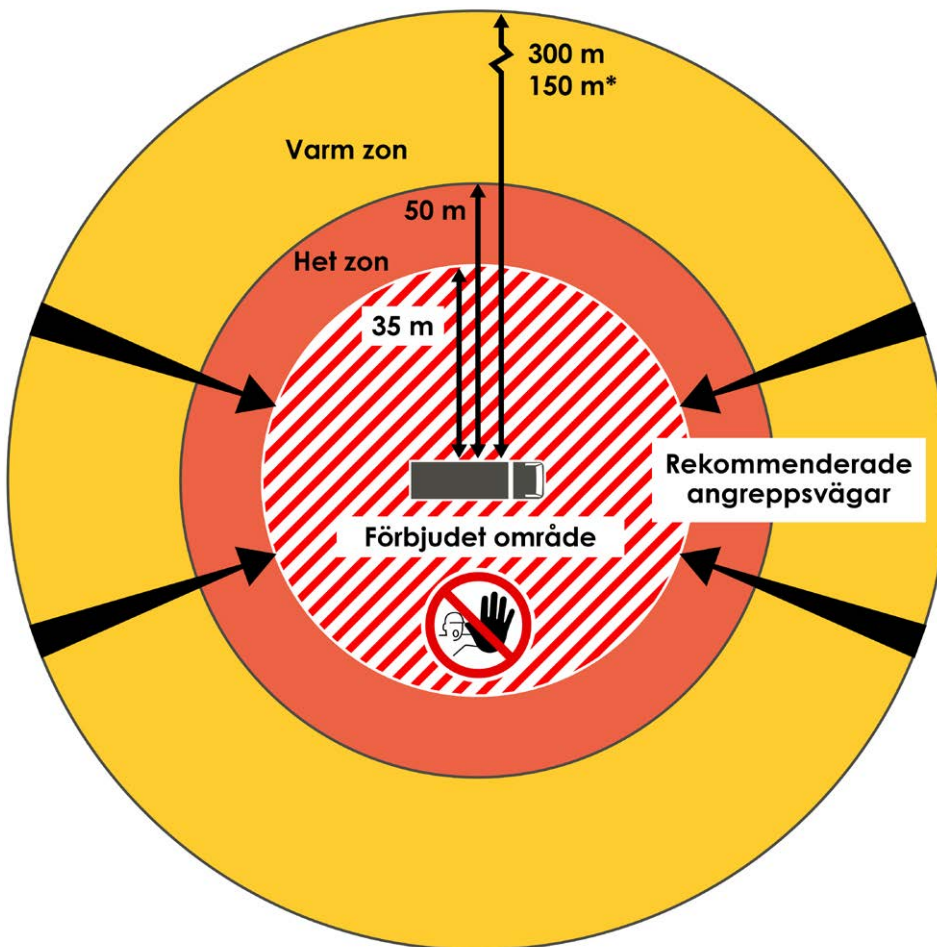
I tät stadsbebyggelse kan personal få personskador inom 35 meter från fordonet, även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 300 meters avstånd.

I en tunnel kan personskador av en luftstöt våg uppkomma inom 55 meter från lastbilen, även om personalen är utrustad med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Samma riskavstånd gäller för oskyddade personer.

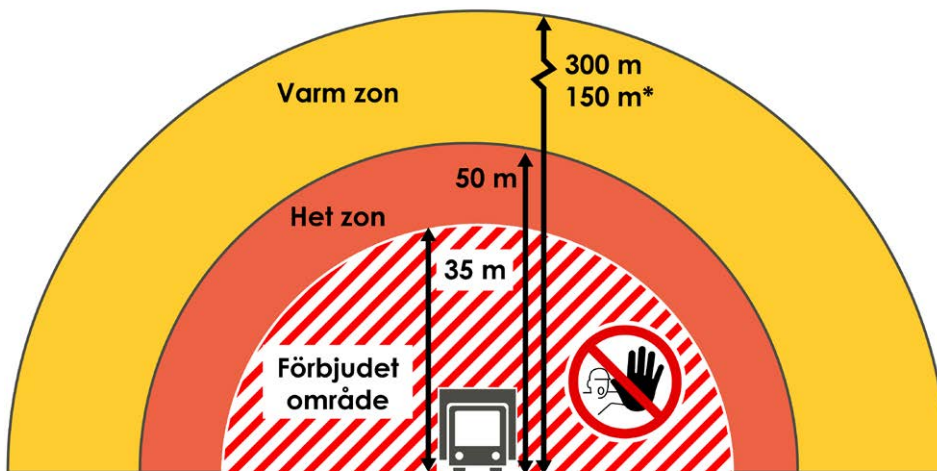
37 När tanken i testet utsatts för brand i 120 min var den tom och testet avbröts. (Thermodynamic aspects of an LNG tank in fire and experimental validation) Corina Hulsbosch-Dam*, Bilim Atli-Veltin, Jerry Kamperveen, Han Velthuis, Johan Reinders, Mark Spruijt and Lex Vredeveldt TNO, Netherlands.

38 Tankexplosion i biogasdriven sopbil i Helsingborg, juni 2017. Olycksutredning, Öresundskraft.

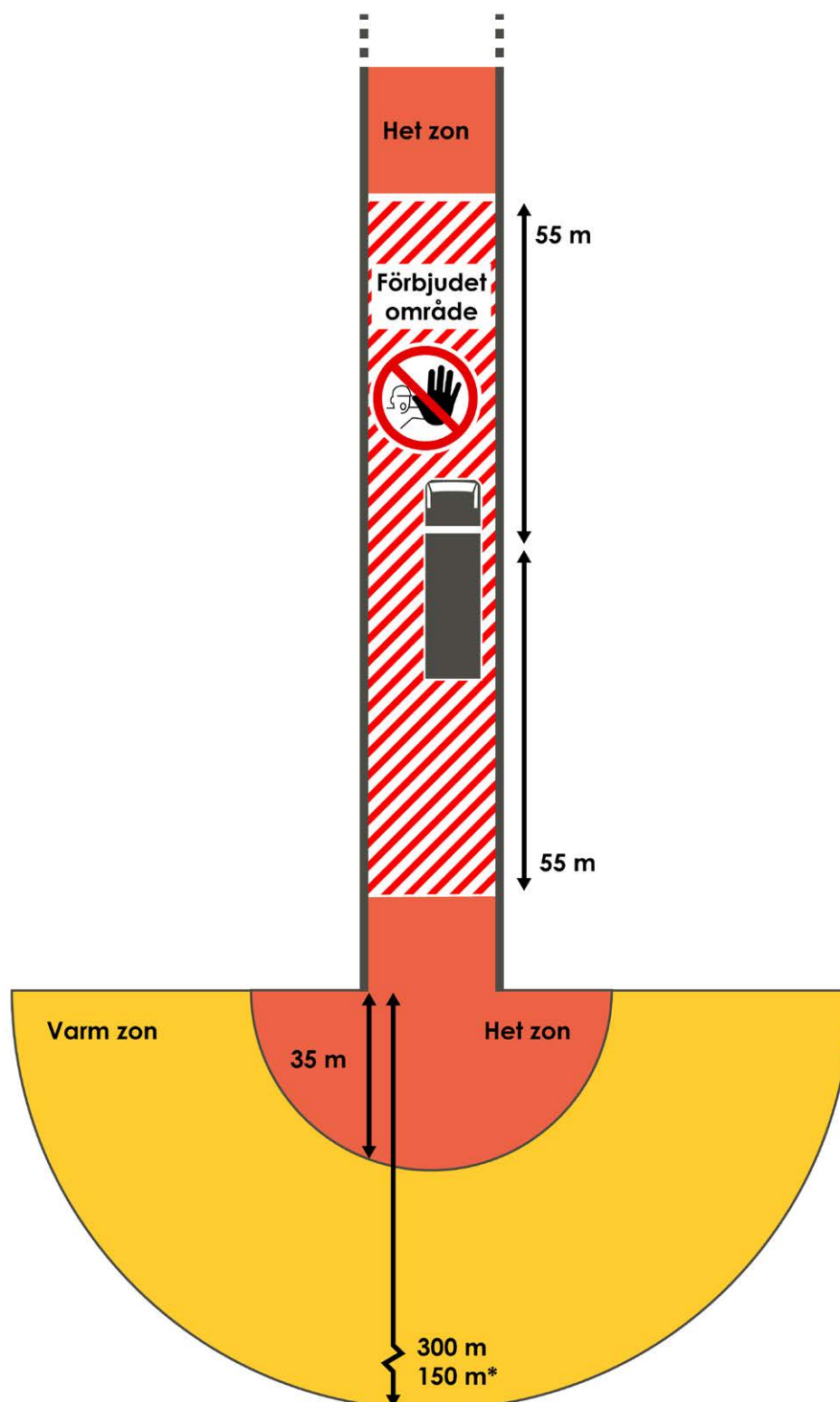
Figur 21. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



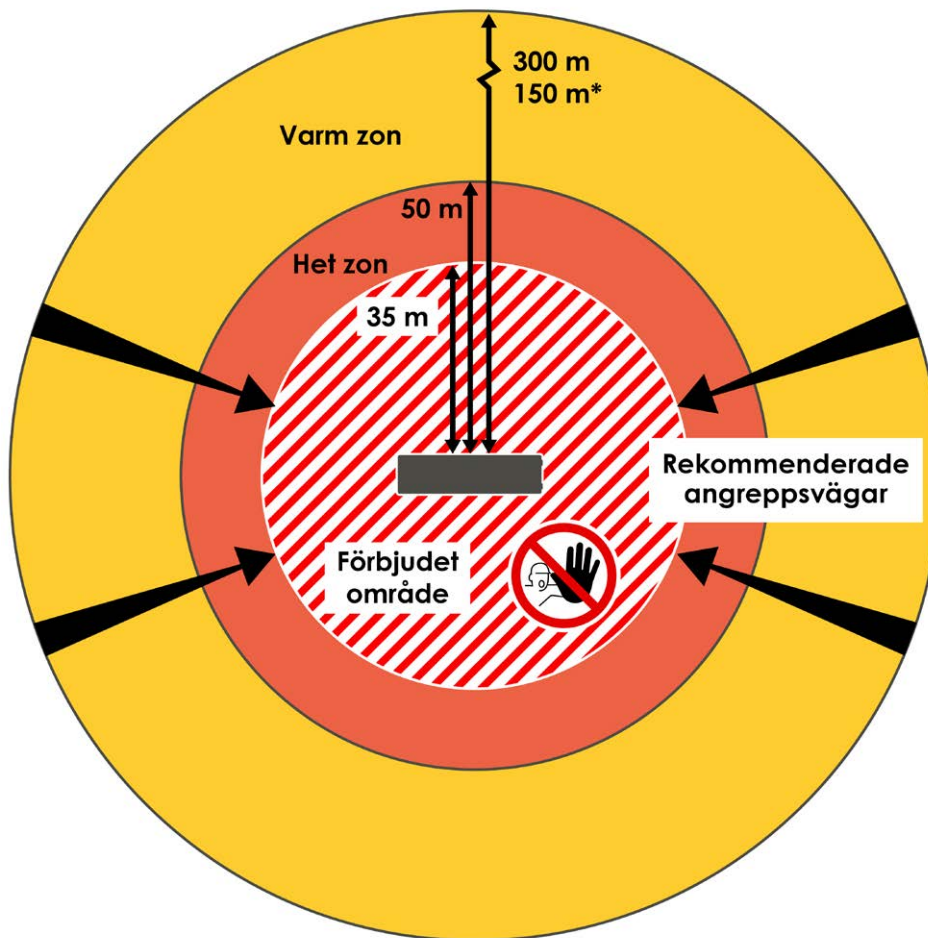
Figur 22. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



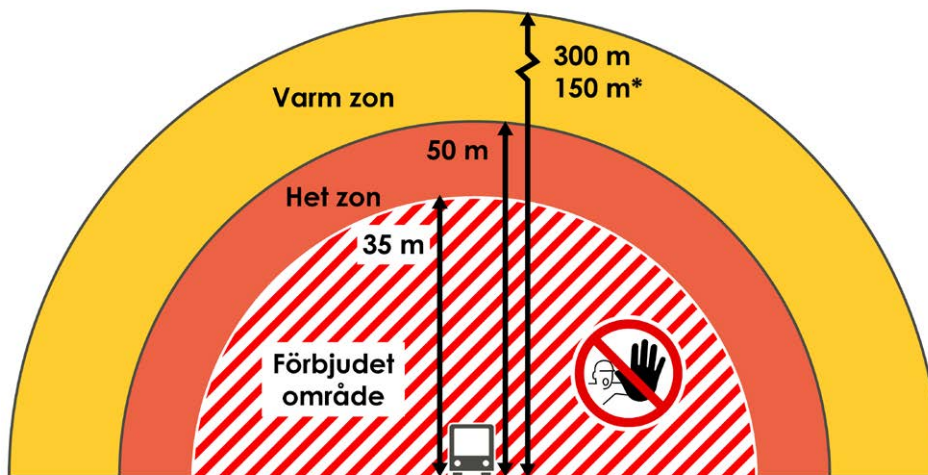
Figur 23. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



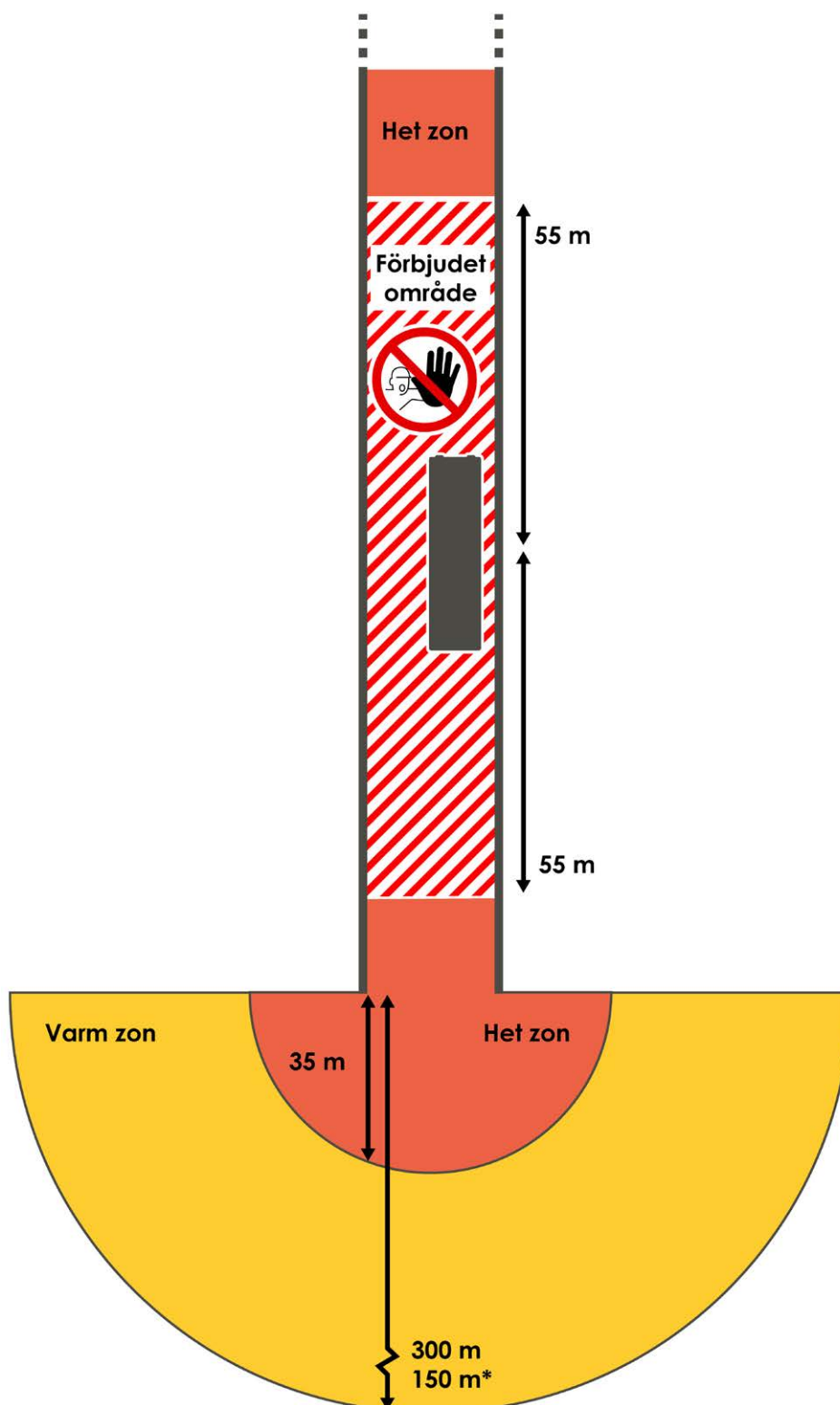
Figur 24. LNG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 25. LNG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 26. LNG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



Risk för köldskador

Om fordonet ligger på sidan eller på taket kommer aktivering av säkerhetsventil att leda till ett utsläpp av flytande metan (vätskefas). Detta innebär förutom risk för brand, även risk för köldskada vid kontakt med vätskan. 15 meter från fordons utlopp för utsläpp kan personskador uppstå även om personalen är utrustade med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor.

Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 25 meters avstånd om gas skulle antändas. (Se riskavstånd för jetflamma ovan.)

Fordon som drivs av propan-butanblandningar, LPG

Gassystemets uppbyggnad: tankar, ledningar och ventiler

Alla svenskregistrerade propan-butangasbilar utformas enligt internationella regelverk³⁹ för fabriksbyggda propan-butanfordon, samt sådana gasfordon som har efterkonverterats till motorgasdrift.

Det finns både svensk- och utlandsregistrerade personbilar och lätta lastbilar och skåpbilar som drivs med propan-butanblandning. Det finns vanligen bara en gastank på en propan-butangasbil. Tanken har då ofta formen av ett reservhjul⁴⁰ och är vanligen placerade där reservhjul normalt är placerade i bilar, under lastgolvet längst bak i bilen. Det finns även ett fåtal alternativa placeringar och utformningar av propan-butantankar.

Tankvolymen på mellan 25–200 liter förekommer men de flesta är mindre än 100 liter⁴¹. Propan-butanblandning i vätskefas expanderar 250 gånger i volym när den förgasas⁴². Personbilar som drivs av propan-butanblandning har ofta gastankar av stål och ett maximalt fyllningstryck på under 14 bar (1400 kPa) (vid 40 °C), till skillnad mot tryckkomprimerad metangas som kan ha fyllnadstryck upp mot 260 bar (26 000 kPa). Godstjockleken i en gastank för propan-butanblandning är därför betydligt tunnare än i tankar för tryckkomprimerad metangas. Bränsleledningen i anslutning till tanken har flödesbegränsningsventil som stänger flödet om ett rör skadas och stort utflöde uppstår.

39. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 67 Rev 2008 (UN ECE R67).

40 <https://www.lpgshop.co.uk/lpg-tanks-sizes-chart/>

41 Fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels BRANDFORSK 2018:1.

42 <http://www.fogas.se/tips/om-gasol.html>

Tryckutjämningsanordningar för tankar med propan-butanblandningar, LPG

Tankarna har flödesbegränsningsventiler som stänger flödet om ett rör skadas och stort utflöde uppstår. Tanken är ofta placerad inne i fordonet ovan bottenplattan och ofta försedd med en säkerhetsventil som avlastar trycket om den utsätts för brand.

Både smältsäkring och säkerhetsventil kan användas för propan-butangasbilar. En flödesbegränsningsventil i form av smältsäkring ska vara utformad för att öppna vid en temperatur av 120 ± 10 °C. Säkerhetsventil, om en sådan lösning är installerad, öppnar vid $27 \text{ bar} \pm 1 \text{ bar}$ ($2700 \pm 100 \text{ kPa}$). Observera även att en säkerhetsventil till skillnad från en smältsäkring öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken. Detta gör att en jetflamma på flera meter kan uppstå igen strax efter att jetflamma nyss slocknat. En synlig flamma utanför fordonet är en indikation på tillräcklig tryckavlastning från en tryckutjämningsanordning från propan-butantank.⁴³ Bilens bakre konstruktion, samt hur bagage är placerat i bagageutrymmet kan påverka tryckutjämningsanordningens effektivitet och därmed hindra att jetflamman blir synlig utanför fordonet.

Personbilar och lätta lastbilar: tillämpningar och erfarenheter

Det har förekommit att otillåtna adapterar har använts för att ansluta ett tankningsmunstycke för tryckkomprimerad metangas, i syfte att tanka tryckkomprimerad metangas i en gasbil avsedd för propan-butanblandning. Detta har lett till att gastanken kort efter påbörjad tankning exploderat eftersom gastanken har varit konstruerad för max 30 bar (3000 kPa) och tryckutjämningsanordningen inte hunnit avlasta den snabba tryckökningen i tanken.

Vid en olycka i Tyskland i augusti 2014 exploderade en gastank för propan-butanblandning vid brand i kupén på en bil som kolliderat med ett träd framifrån och börjat brinna. Säkerhetsventilen var blockerad och aktiverades inte, varvid tanken exploderade. Explosionen skadade 10 brandmän som befann sig i bilens närhet.

Spridning av splitter vid explosion i fordon som drivs av propan-butanblandning sker huvudsakligen bakåt och i sidled bakom b-stolparna på grund av att sprängtrycket hos tankarna är lägre, och att tak och sidodörrar inte lossnar från fordonet.

43 Presentation av brandförsök i LPG-fordon (både på hjulen och upp och ner) gjorda av brittiska Tactical Hazmat, vid Ricardos Hazmat conference 24-25/5 2017 Stratford-upon-Avon Storbritannien.

Figur 27. Explosion i gasbil avsedd för propan-butanblandning, LPG på grund av tankning av tryckkomprimerad metangas



Foto: Storstockholms brandförsvär.

Tunga lastbilar och bussar: tillämpningar och erfarenheter

Tunga fordon som drivs av propan-butanblandning, LPG, förekommer inte i det svenska fordonsregistret.

Zonindelning vid olyckor med fordon som drivs av propan-butanblandningar, LPG

Avstånden i följande stycken baseras på beräkningar presenterade i Emergency response guide book.⁴⁴ För kriterier avseende riskavstånd och skyddsutrustning, se [sid 16](#).

Zonindelning personbilar och lätta lastbilar, propan-butanblandningar, LPG

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från en personbiltank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

Se [sid 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion.

Jetflamma

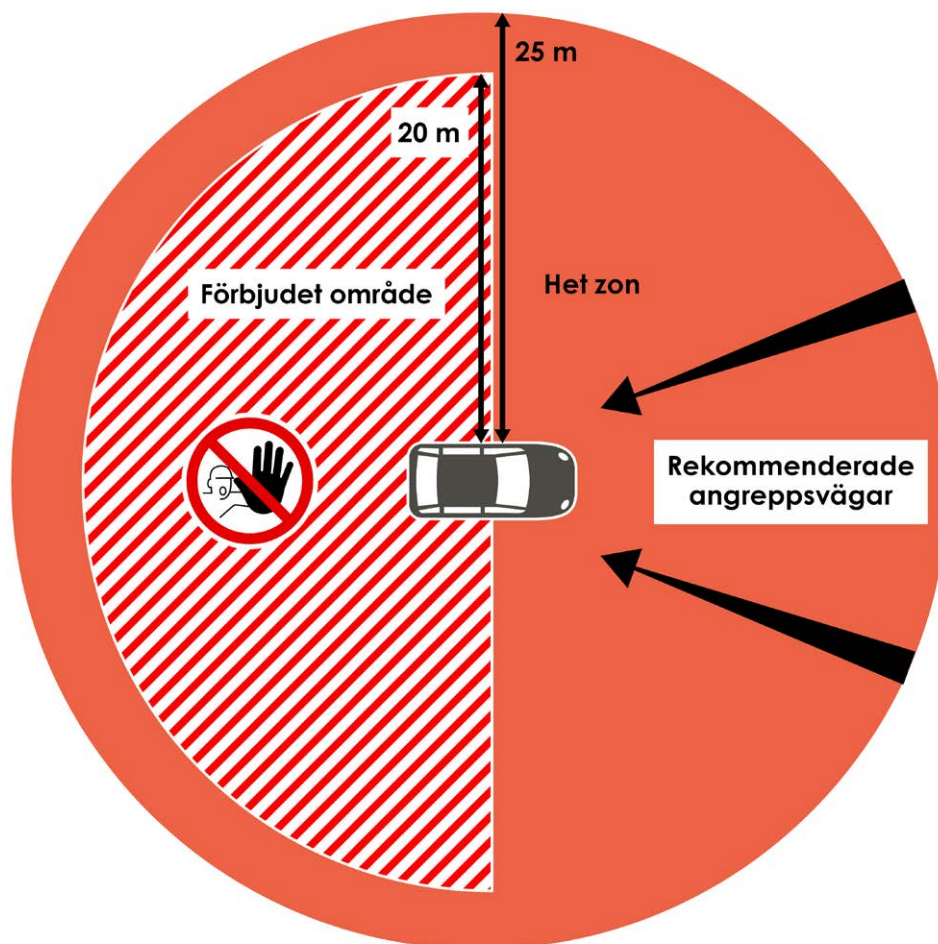
Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

Inom 20 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om en jetflamma uppstår i deras riktning. Oskyddade personer skadas inom 25 meter. Om fordonet ligger på sidan eller på taket bör riskavstånden förlängas med ytterligare 10 meter.

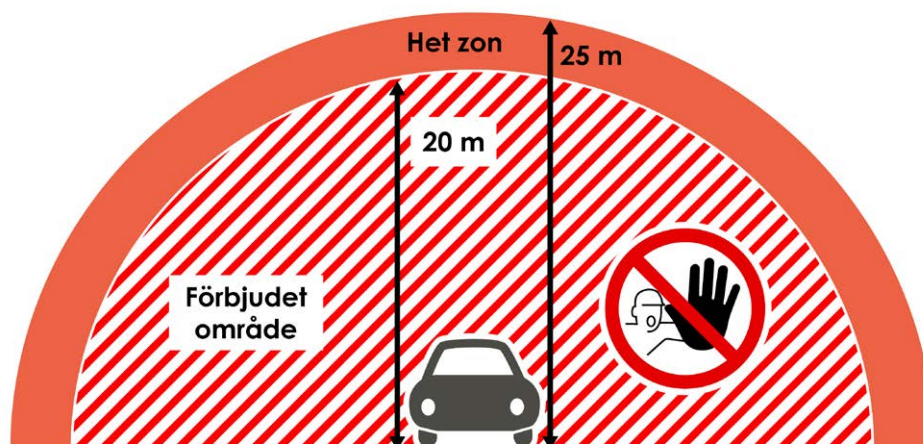
Även om det saknas krav på hur utlopp för utsläpp från tryckutjämningsanordningar får riktas, har många fordon en ökad risk för jetflamma bakom bilens bakaxel än framför. Bensintankar av plast riskerar även att förlora sin täthet och att orsaka pölbrand vid aktivering. Om jetflamman kan studsas tillbaka mot tankar ökar detta risken för tryckkärlsexplosion.

44. ERG 2020, US Department of transportation, Transport Canada och SCT, Mexico).

Figur 28. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 29. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlsexplosion

Risk för tryckkärlsexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld eller då tanken utsätts för lokal uppvärmning. Vid brand i kupé ökar explosionsrisken för tankar som ligger ovanför bottenplattan.

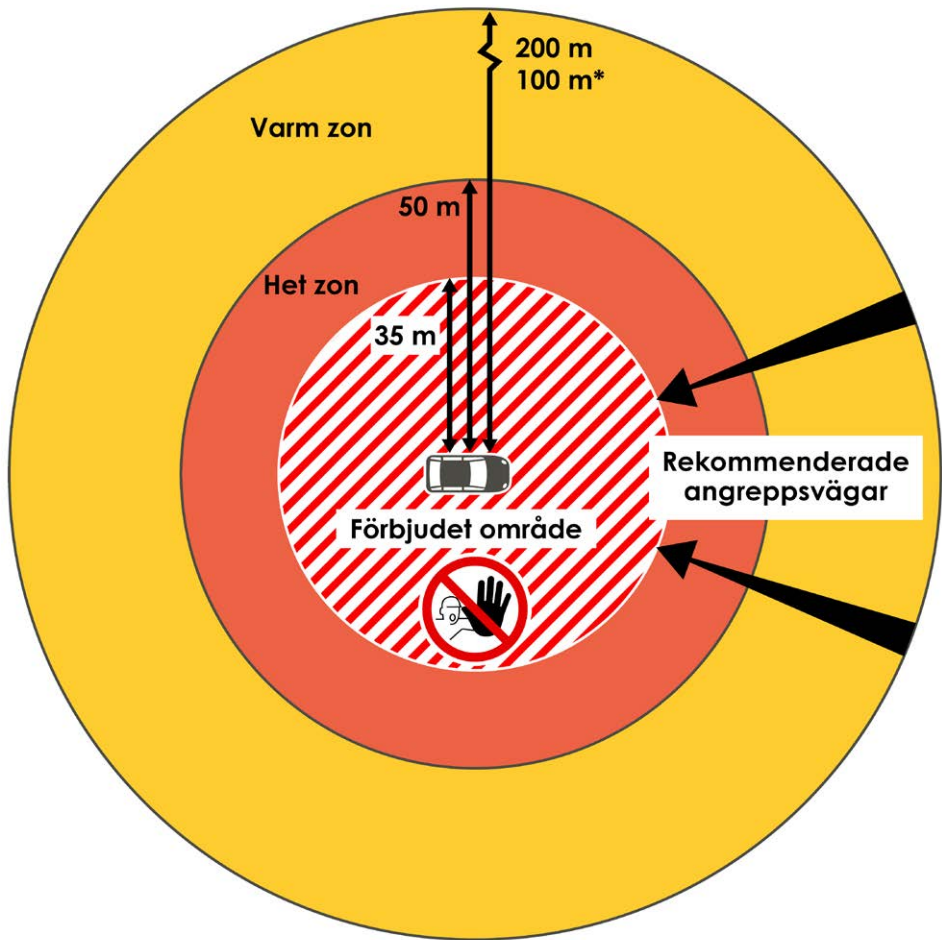
I händelse av en tryckkärlsexplosion vid brand i fordon med en 100 liters tank bildas ett eldklot med en radie på 10 meter.

I tät stadsbebyggelse kan personal få personskador av luftstöt våg 35 m⁴⁵ från fordonet även med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 200 meters avstånd.

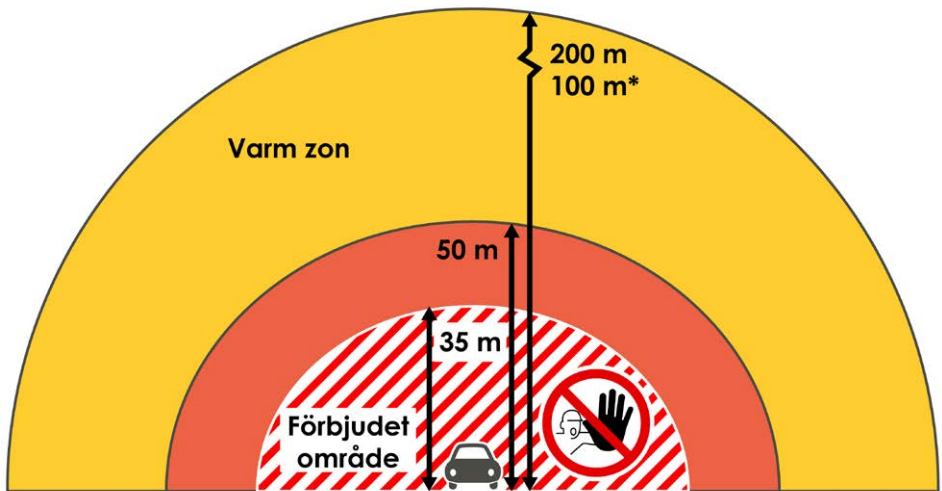
I en tunnel kan personskador av luftstöt våg uppkomma mer än 40 m från personbilen även om personalen är utrustade med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade personer riskerar att skadas på mer än 300 meters avstånd.

45 Figur 35 Fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels BRANDFORSK 2018:1.

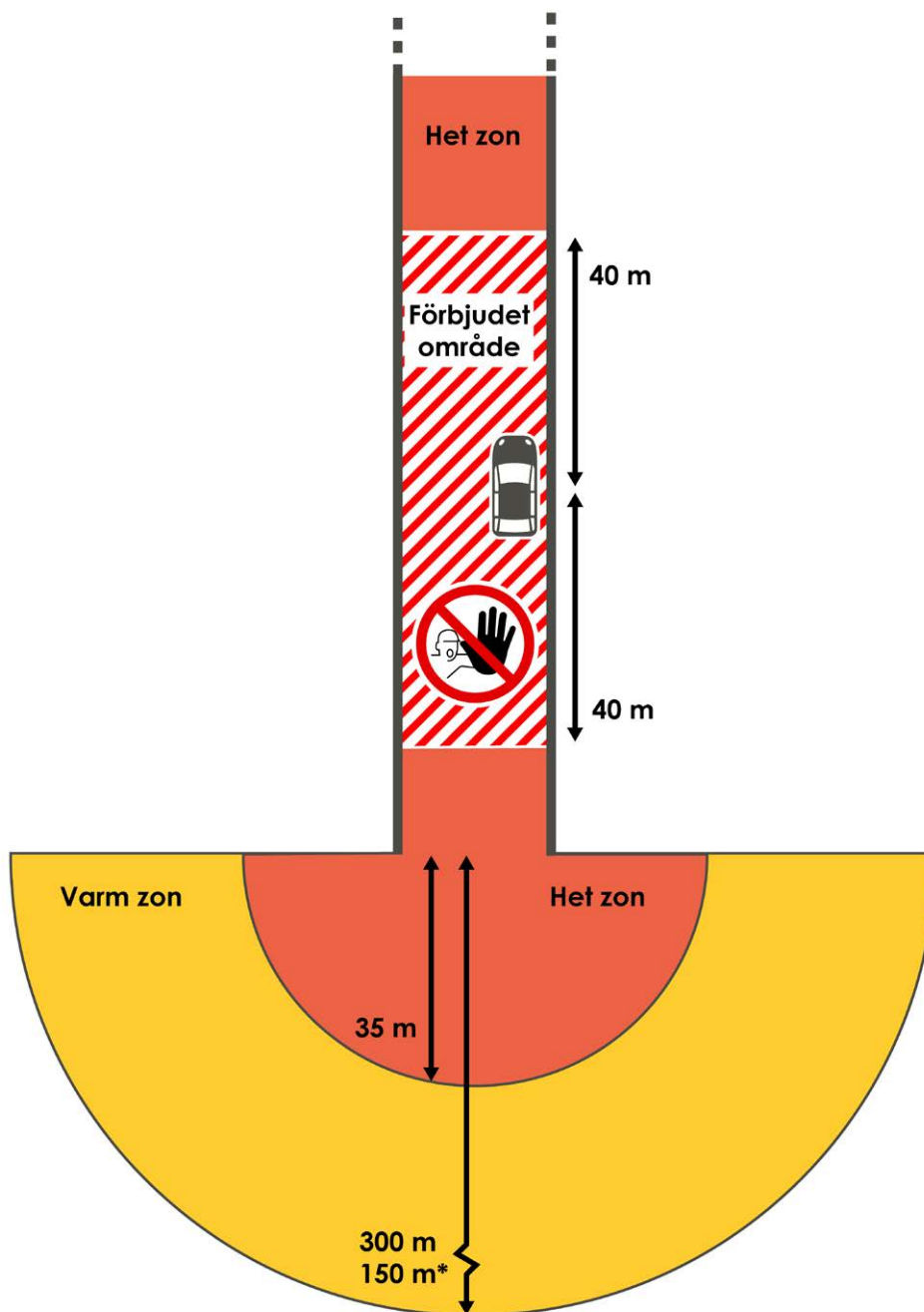
Figur 30. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 31. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 32. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlexplosion tunnel



Fordon som drivs av vätgas, CHG

Det kan inte utesluta att vätgasdrivna fordon blir vanligare i framtiden. Vätgasen omvandlas till elektricitet i bränsleceller som med hjälp av ett mindre batteri driver en eller flera elmotorer. När det gäller räddningsinsatser med laddfordon hänvisas till MSB:s vägledning i ämnet för vidare information.⁴⁶ Vätgasdrivna fordon med bränsleceller omvandlar vätgas till el och har ett batteri för mellanlagring av energin. Idag dominerar batterier av litiumjon-typ. En bränslecell kan bara avge medelförbrukning, och därför stöttar batteriet med kraft till effekttoppar för till exempel acceleration. Vätgas är precis som metan en lätt gas och indikering behöver ske ovanför potentiella läckagekällor.

Alla svenskregistrerade vätgasfordon utformas enligt internationella regelverk för fabriksbyggda fordon.⁴⁷ Vätgasen avger bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att flammor som uppstår när tryckutjämningsanordningar utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera. Insats mot brinnande vätgasdriven personbil bör därför ske med värmekamera som komplement för att personal inte ska riskera att gå in i en osynlig jetflamma. Om tryckutjämningsanordningen inte fungerar och fordonet börjar brinna finns, precis som för fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas, en risk för tryckkärlsexplosion. På grund av det högre drifttrycket blir en tryckkärlsexplosion i en vätgasbil nära dubbelt så kraftfull som för ett fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas.

Gassystemets uppbyggnad: tankar

Tankarnas höga tryck och krav på täthet mot vätgas kräver kraftigare godstjocklekar. En komposittank kan ha en godstjocklek 30 millimeter. En komposittank kan ha en godstjocklek 30 millimeter. Tankar för vätgas har högre hållfasthetskrav än andra tankar för drivmedelsgas.

Vätgastankar utgörs av typ 3 eller typ 4 tankar. Personbilar har en tankstorlek på upp till 156 liter (Toyota), och ett arbetstryck på maximalt 700 bar. Vätgasbussar har en tankstorlek på upp till 600 liter (Toyota), och ett maximalt arbetstryck på 350 bar.⁴⁸

Tryckutjämningsanordningar för tankar med vätgas, CHG

Tryckutjämningsanordningar för vätgasfordon liknar i allt väsentligt de för tryckkomprimerad metangas, men det finns vissa skillnader.

Den vätgas som släpps ut från de värmeaktiverade tryckutjämningsanordningarna (utlopp för utsläpp) på vätgasfordon riktas nedåt, uppåt, snett bakåt eller åt sidorna. Det är inte tillåtet att flammen går framåt i fordonets längdriktning eller horisontellt bakåt.⁴⁹ Om fordonet har krockat på ett sådant sätt att gastankarna

46 <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farligen-amen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/trafikolycka/trafikolycka-e-fordon/>

47. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 134 2019/795 (UN ECE R134).

48. Toyota är 2022 en av få tillverkare av vätgasfordon. Toyota har störst tankar på marknaden och är således dimensionerande för de beräkningar som ligger till grund för zonindelning i denna vägledning.

49 The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 134 2019/795 (UN ECE R134), avsnitt 7.1.3.1.

har flyttats kan dock andra avblåsningsriktningar uppkomma. Andra tryckutjämningsanordningar, till exempel sprängbleck får användas enligt regelverket i ledningssystemet för vätgas. Dessa saknar krav på utloppens riktning, förutom att de inte får riktas mot annan tank.

Om gasläckage uppstår i ett vätgasfordon finns gasvarningssystem som varnar föraren visuellt vid 3 volymprocent (75 procent av LEL). Om vätgaskoncentrationen överstiger 4 volymprocent i ett vätgasfordon (100 procent av LEL) ska huvudavstängningsventilen stängas automatiskt.⁵⁰ Gassystemen testas för sido- och frontalkollision, men inte för påkörning bakifrån.

Personbilar och lätta lastbilar: tillämpningar och erfarenheter

I fordonstankar för personbilar komprimeras vanligen vätgas till 700 bar (70 000 kPa) i tankar av komposit med plast eller av aluminium. Tankarna är försedda med tryckutjämningsanordning. Dessa kallas även övertrycksskyddssystem och övertrycksventil.⁵¹

Vätgasen avger vanligen bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att flammor som uppstår när tryckutjämningsanordningar utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera. Insats mot brinnande vätgasdriven personbil bör därför ske med värmekamera som komplement för att personal inte ska riskera att gå in i en osynlig jetflamma. Om tryckutjämningsanordningen inte fungerar och fordonet börjar brinna finns, precis som för fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas, en risk för tryckkärlsexplosion. På grund av det högre driftrycket blir en tryckkärlsexplosion i en vätgasbil nära dubbelt så kraftfull som för ett fordon som drivs av tryckkomprimerad metangas.

Bussar: tillämpningar och erfarenheter

I fordonstankar för bussar komprimeras vätgas till 350 bar (35 000 kPa) i tankar av komposit med invändig förstärkning, så kallad liner. Tankarna för bussar är försedda med samma typ av tryckutjämningsanordning som personbilar.

Tunga lastbilar: tillämpningar och erfarenheter

Tunga lastbilar som drivs av vätgas förekommer endast i begränsad utsträckning och behandlas inte i denna vägledning.

⁵⁰ The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 134 2019/795 (UN ECE R134), avsnitt 7.1.4.3.

⁵¹ EU-direktiv 79/2009.

Zonindelning vid olyckor med fordon som drivs av vätgas, CHG

Avstånden i följande stycken baseras på beräkningar från en studie genomförd av Lunds universitet.⁵² För kriterier avseende riskavstånd och skyddsutrustning, se [sid 16](#).

Zonindelning personbilar, vätgas, CHG

Gasmolnexplosion

Om ett gasmoln från en personbiltank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning, och personskador kan även uppstå till följd av värmestrålning och splitter från tryckökning. Dessa personskador uppstår oftast till följd av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

För samtliga fordon som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnexplosion gränssättande för *förbjudet område* i tunnlar. Tryckvåg från gasmolnexplosion är även orsaken till att hörselskydd måste användas närmare än 30 meter från fordonet utomhus i det fria.

120 meter *förbjudet område* gäller för samtliga vätgasdrivna fordon i tunnel.

Se [sid 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnexplosion

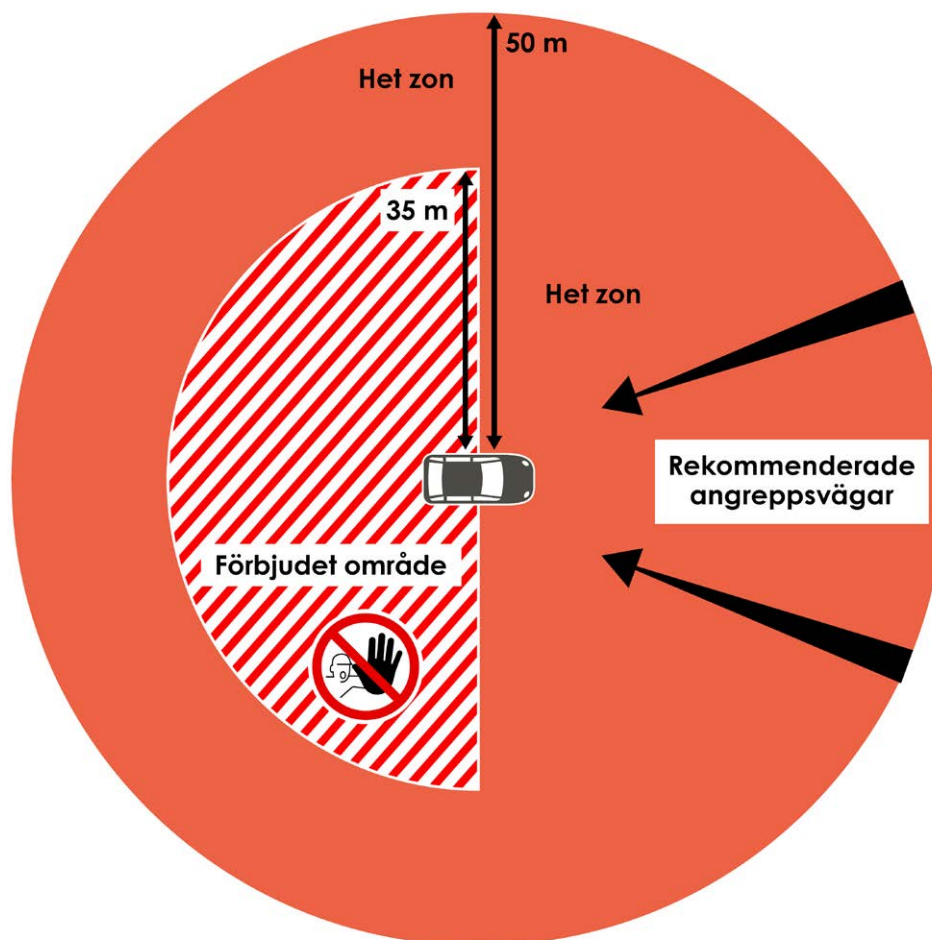
Jetflamma

Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

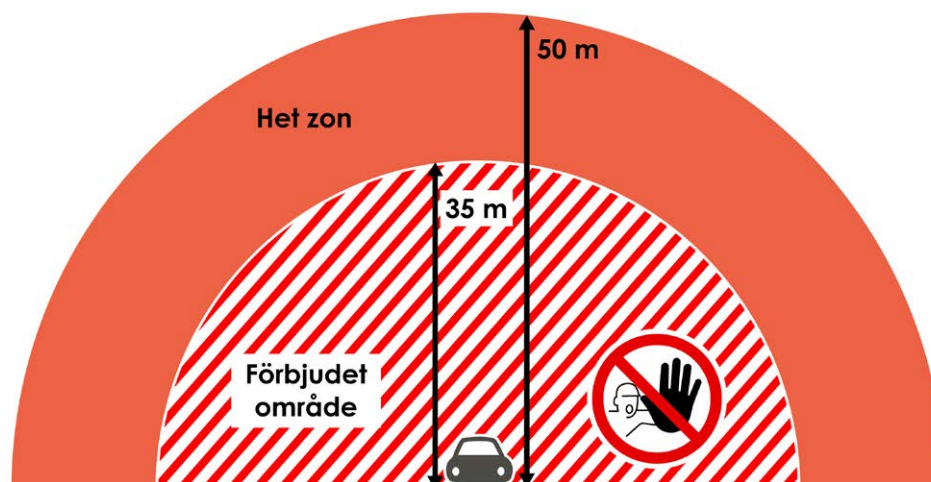
Inom 35 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om en jetflamma uppstår i deras riktning. Oskyddade personer kan skadas inom 50 meter. I likhet med andra gasdrivna personbilar finns en större risk för jetflamma bakom bilens bakaxel än framför.

52. Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag, Lunds universitet 2020.

Figur 33. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 34. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlexplosion

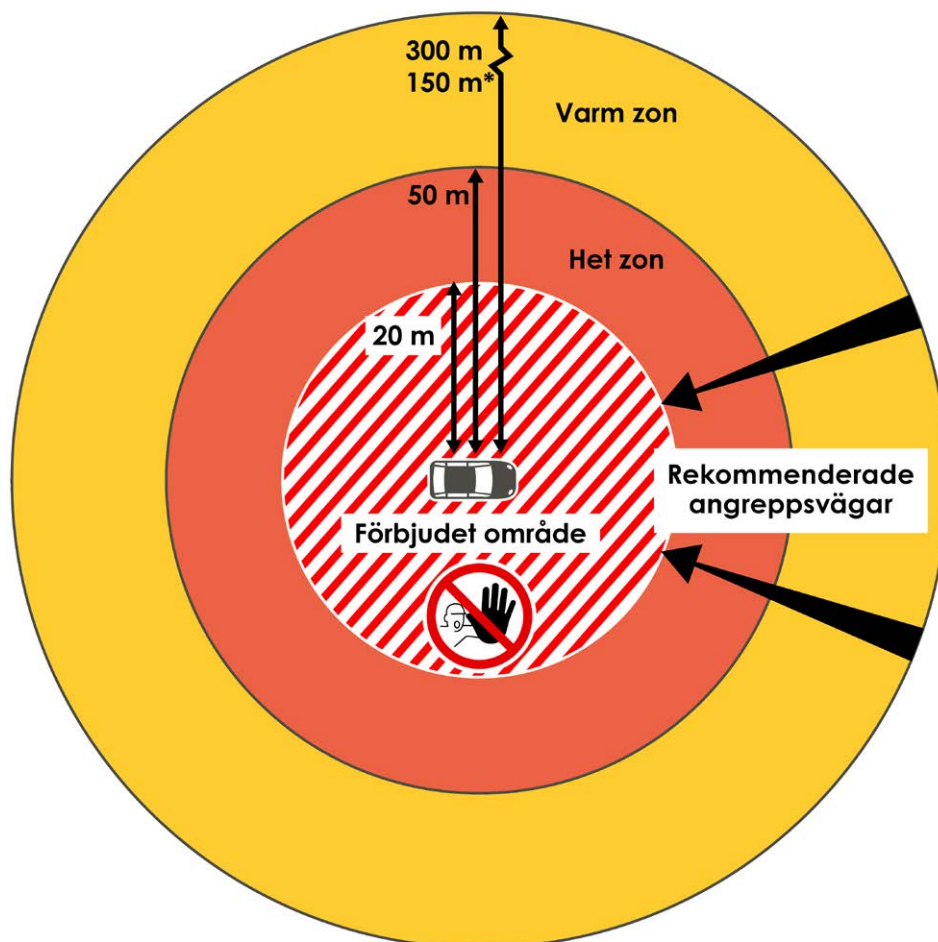
Risk för tryckkärlexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld eller då personbilstanken utsätts för lokal uppvärmning.

Inom 20 meter från fordonet kan personal som befinner sig i tät stadsbebyggelse få personskador av en luftstötståg även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade riskerar att skadas mer än 200 meter från fordonet.

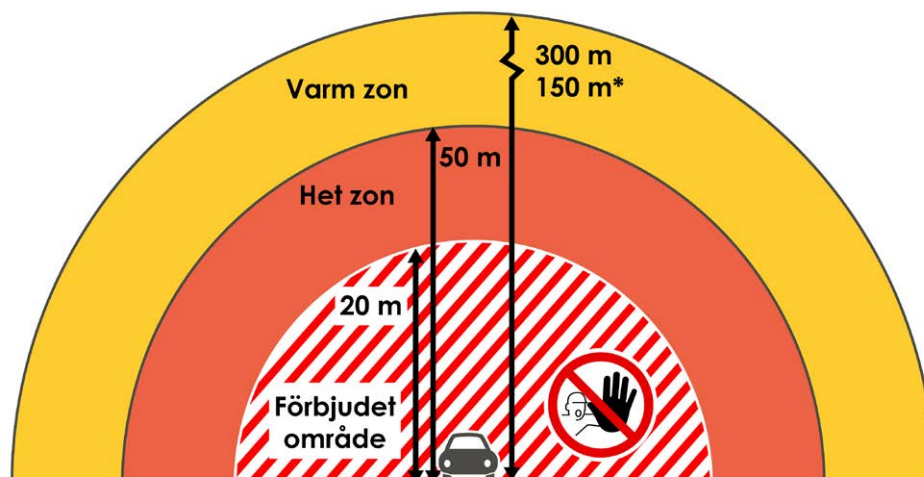
I en tunnel kan personskador av en luftstötståg uppkomma 160 meter från personbilen, även om personalen är utrustad med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade riskerar att skadas mer än 300 meter från fordonet.

Som tidigare beskrivits kan delar av tankar eller fordon kastas 200–300 meter enligt beräkningar. I tunnlar saknas data på kastlängd för tank- och fordonsdelar som slits loss av en luftstötståg.

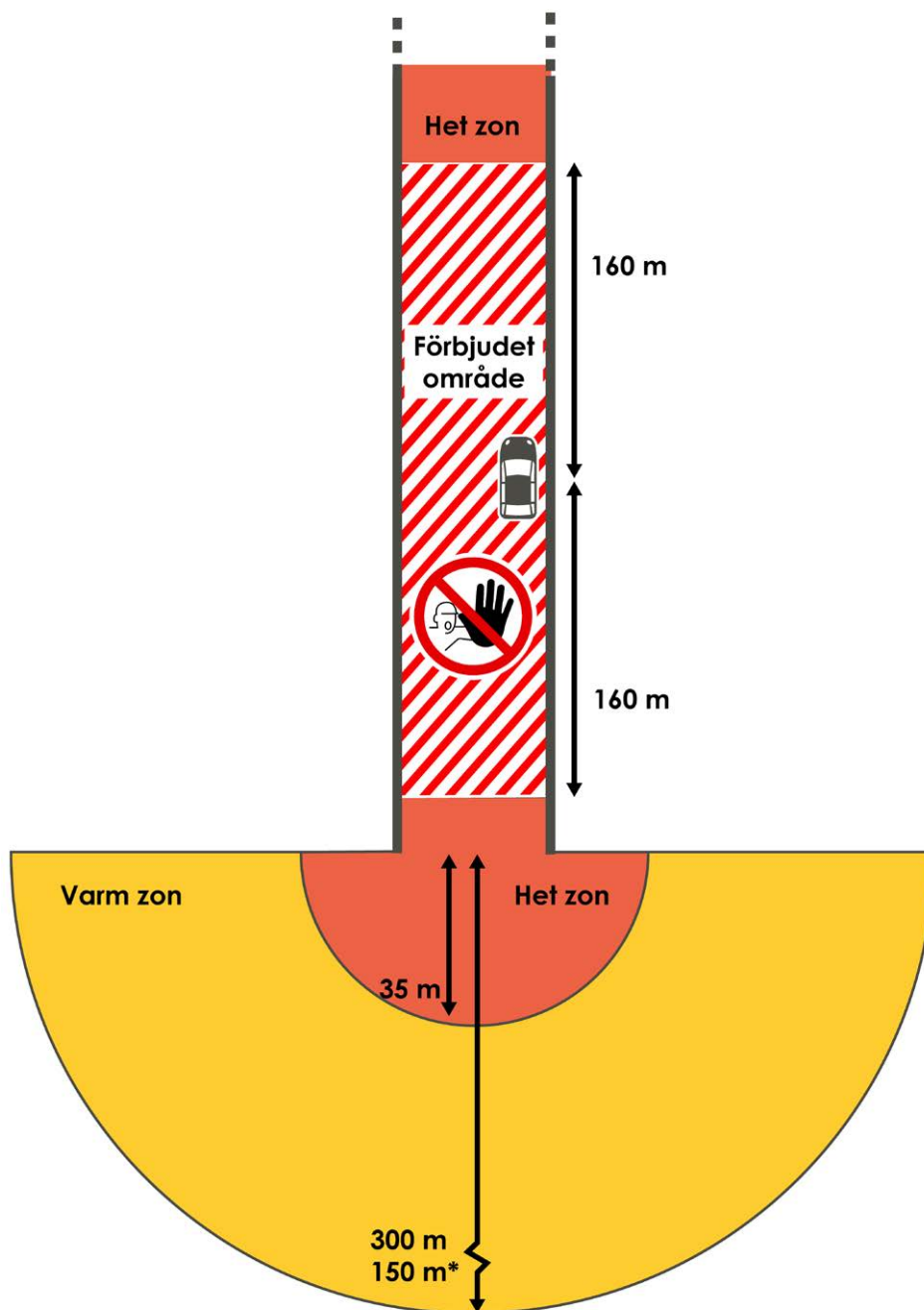
Figur 35. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 36. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 37. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



Zonindelning bussar, vätgas, CHG

Gasmolnsexplosion

Om ett gasmoln från en busstank bildas och antänds kan det leda till en gasmolnsexplosion. I det fria innebär detta sällan skadlig tryckökning. I slutna utrymmen kan personskador uppstå till följd av värmestrålning och tryckökning, men även på grund av skador på byggnader, till exempel glassplitter eller byggnadsdelar.

För samtliga fordon som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnsexplosion gränssättande för *förbjudet område* i tunnlar. Tryckvåg från gasmolnsexplosion är även orsaken till att hörselskydd måste användas närmare än 30 meter från fordonet utomhus i det fria.

120 meter *förbjudet område* gäller för samtliga vätgasdrivna fordon i tunnel.

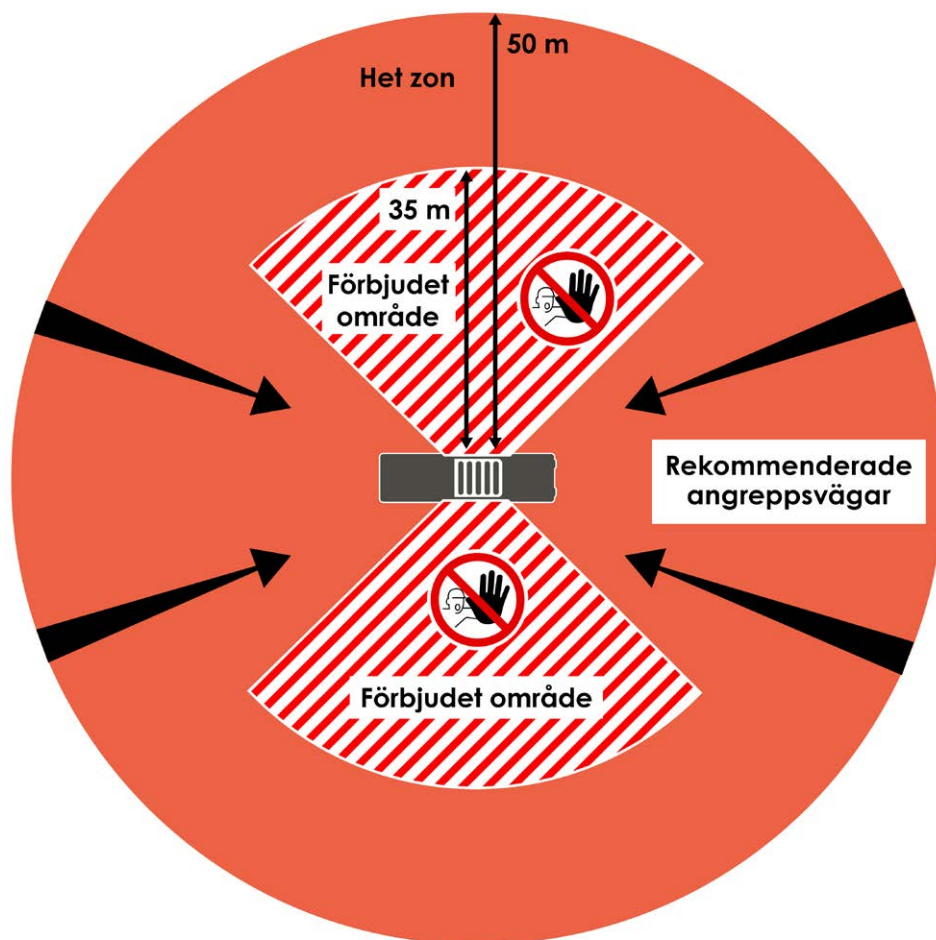
Se [sid 17](#) för en fördjupad beskrivning av gasmolnsexplosion

Jetflamma

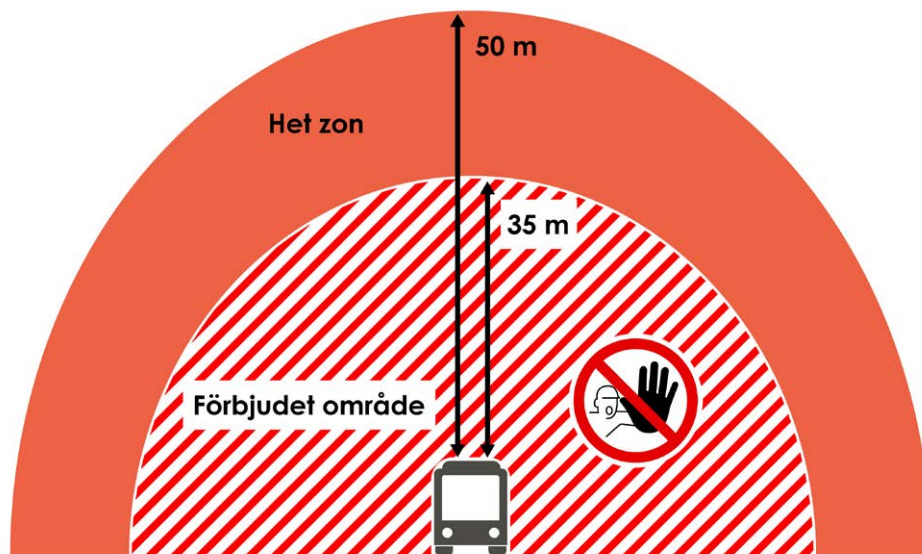
Jetflamma uppstår i första hand när en tryckutjämningsanordning öppnar och släpper ut gas med högt tryck i samband med brand.

Inom 25 meter från fordonet kan personal med brandskyddsdräkt och tryckluftsapparat få personskador, om en jetflamma uppstår i deras riktning. Oskyddade personer kan skadas inom 50 meter. Även om det saknas krav på hur utlopp för utsläpp från tryckutjämningsanordningar får riktas har många fordon en större risk för jetflamma bakom bilens bakaxel än framför. Om jetflamman kan studsas tillbaka mot tankar ökar detta risken för tryckkärlsexplosion.

Figur 38. CHG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 39. CHG, buss, jetflamma (framifrån)



Tryckkärlexplosion

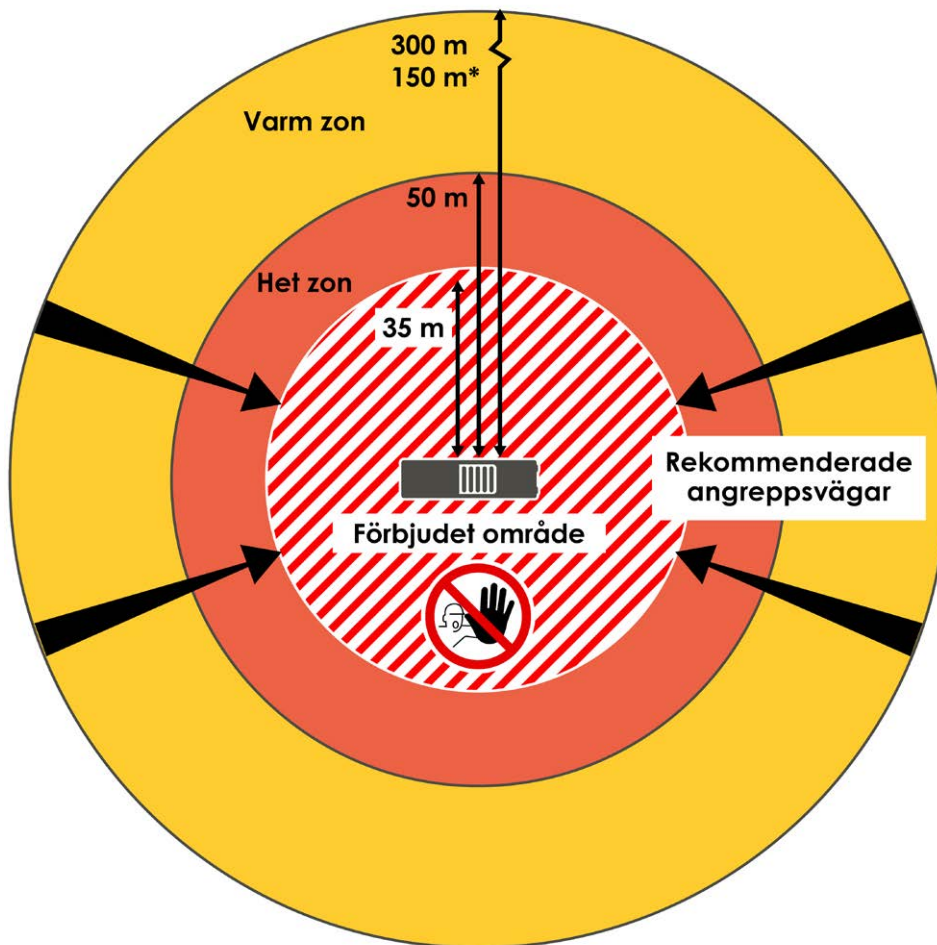
Risk för tryckkärlexplosion föreligger främst vid kraftigt yttre våld eller då buss-tanken utsätts för lokal uppvärmning.

Inom 35 meter från fordonet kan personal som befinner sig i tät stadsbebyggelse få personskador av en luftstöt våg även med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade riskerar att skadas mer än 200 meter från fordonet.

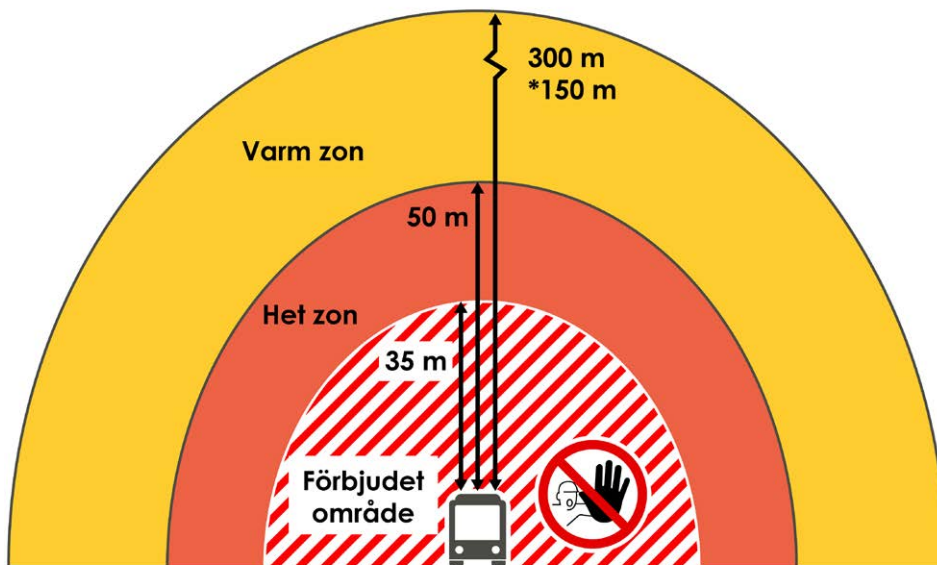
I en tunnel kan personskador av en luftstöt våg uppkomma mer än 300 meter från bussen även om personalen är utrustade med brandskyddsdräkt, tryckluftsapparat och hörselkåpor. Oskyddade riskerar att skadas mer än 300 meter från fordonet. Personlig skyddsutrustning ger således begränsat skydd och därför betraktas 300 meter som *förbjudet område*.

Som tidigare beskrivits kan delar av tank eller fordon kastas 200–300 meter i det fria enligt beräkningar. I tunnlar saknas data på kastlängd för tank- och fordonsdelar som slits loss av en luftstöt våg.

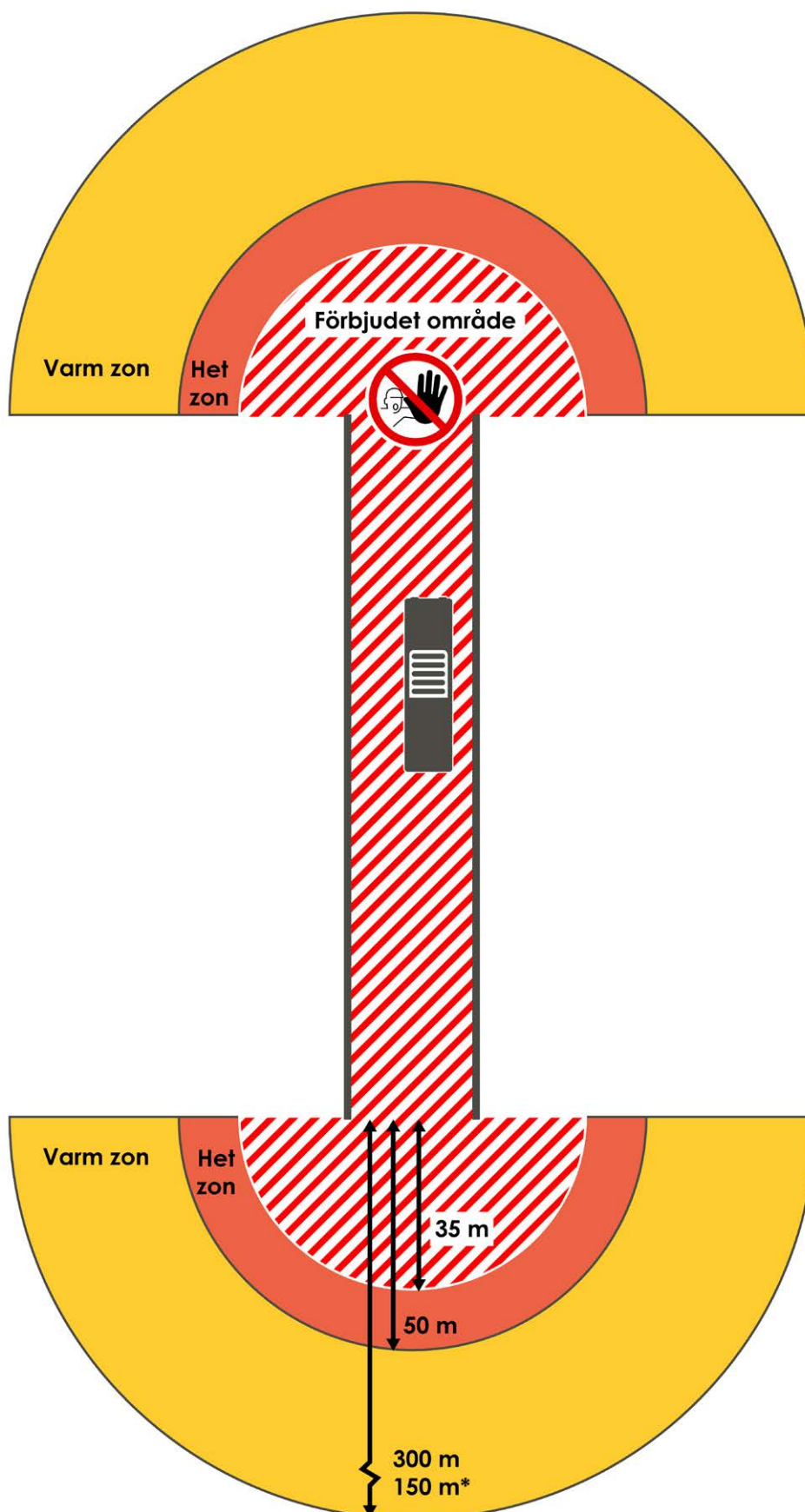
Figur 40. CHG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (ovanifrån)



Figur 41. CHG, buss, tryckkärlsexplosion utomhus (framifrån)



Figur 42. CHG, buss, tryckkärlexplosion tunnel



Zonindelning tunga lastbilar, vätgas , CHG

Tunga lastbilar som drivs av vätgas förekommer endast i begränsad utsträckning och behandlas inte i denna vägledning.

Taktisk vägledning

Taktisk vägledning

Denna del innehåller kortfattad beskrivning av risker och kännetecken, åtgärdsförslag vid insatser samt en anpassad beslutsmodell som stöd till bland annat riskbedömning, resursuppbyggnad och åtgärder. Målgrupp för kapitlet är främst beslutsdomänen insatsledning – att genomföra räddningsinsatser.

För att kunna genomföra effektiva och säkra räddningsinsatser där gasfordon är inblandade bör räddningstjänsten ha planering och förberedelser för det. Det är även viktigt att insatsledningen och den taktiska inriktningen anpassas till de risker och tekniska förutsättningar som gäller vid olyckor med gasfordon. Utöver riskerna kan räddningsinsatser med gasfordon även medföra stora samhällsstörningar, men genom kunskap, planering och val av taktik kan störningarna begränsas.

Kapitlet är strukturerat efter faser enligt en brittisk modell för insatsledning. Vid översättning och anpassning av modellen har MSB valt att använda begrepp från *Först på plats vid händelser med farliga ämnen CBRNE: åtgärdskalender (2019)*, *Taktikboken: Brand (2015)* samt *Insatsplanering – Åttastegsmodellen (2015)*.

Fas 1 Förberedelser

Kunskapsuppbyggnad – begrepp och egenskaper hos drivmedelsgaser

Händelser där gasfordon är inblandade kan vara komplexa att hantera för räddningstjänsten och medför inte sällan risker på större avstånd än vid händelser med fordon drivna av andra drivmedel. Framför allt i tunnlar och i byggnader innebär riskerna hos gasfordon att räddningsinsatser blir svårare att hantera. Därför finns det ett större behov av insatsplanering, insatsförberedelser och organisation för räddningsledningen vid händelser med gasfordon. De ökade riskerna ställer krav på arbetsgivaren när det gäller såväl riskhantering som personalens arbetsmiljö.

Handelsnamn för metangas som drivmedel

Tryckkomprimerad gas (gasfas):

- Fordonsgas.
- Naturgas.
- Biogas.
- CBG (compressed biogas).
- CNG (compressed natural gas).

Kylkondenserad gas (vätske- och gasfas):

- Flytande fordonsgas.
- Flytande metan.
- LNG (liquefied natural gas).
- LBG (liquefied biogas).

Tabell 5. Egenskaper för metan

Metan	
Kokpunkt	-162 °C
Brännbarhetsområde	4,4–16,5 volymprocent
Termisk tändpunkt	540 °C
Densitetstal	0,6 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Ej lösligt i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exempelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ⁵³

Källa: MSB RIB.

Handelsnamn för Propan-butanblandningar som drivmedel

Tryckkondenserad gas (gas- och vätskefas):

- Motorgas.
- LPG (liquefied petroleum gas).
- Gasol.

53. Metan har en joniseringspotential på 12,98 eV.

Tabell 6. Egenskaper för propan-butanblandning

Propan-butanblandning	
Kokpunkt	-42 °C
Brännbarhetsområde	1,7–10,1 volymprocent
Termisk tändpunkt	420–450 °C
Densitetstal	1,6 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Svåröslig i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exmpelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ⁵⁴

Källa: MSB RIB.

Handelsnamn för vätgas som drivmedel

Tryckkomprimerad gas (gasfas):

- Vätgas.
- Hydrogen.
- H₂.
- CHG.
- CGH₂ 700 (compressed gas hydrogen 700 bar).
- CGH₂ 350 (compressed gas hydrogen 350 bar).

Tabell 7. Egenskaper för vätgas

Vätgas	
Kokpunkt	-253 °C
Brännbarhetsområde	4–75 volymprocent Vid 18–58 % finns ökad risk för detonation ⁵⁵
Termisk tändpunkt	560 °C
Densitetstal	0,1 (Luft = 1,0)
Vattenlöslighet	Svåröslig i vatten
Indikeras via sensor med katalytisk förbränning, LEL (exempelvis explosimeter och läcksökare)	Ja
Indikeras/läcksöks med PID (fotojoniseringsdetektor)	Nej ⁵⁶

Källa: MSB RIB, Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983.

54. Propan-butanblandning har en joniseringspotential på 11,07 eV.

55. Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983.

56. Vätgas har en joniseringspotential på 15,43 eV.

Övergripande riskbeskrivning

I denna del ges en kortfattad beskrivning av riskerna med gasfordon. För mer ingående riskbeskrivning hänvisas till del 1, sidan 18, som mer utförligt beskriver riskerna för respektive drivmedelsgas. Riskavstånd för respektive gas- och fordons-typ beskrivs mer i detalj i del 3 av vägledningen.

Ett gasläckage från en gastank eller gassystem kan orsakas av flera saker. Krock-våld eller annan fysisk påverkan, rostangrepp eller fel vid tankning kan leda till ett gasläckage. Vid läckage från en fordonstank med gasformiga drivmedel finns risk för att det bildas en explosiv blandning i luften. Det innebär en risk för alla personer som befinner sig i, eller i närheten av gasmolnet då detta kan leda till en snabbt uppfammande brand, ofta kallad **gasmolnsexplosion**, om gasblandningen befinner sig inom sitt antändningsområde, och om det finns en tändkälla som kan antända blandningen. En gasmolnsexplosion kräver att gasblandningen befinner sig inom sitt brännbarhetsområde samt att det finns en tändkälla som kan antända blandningen. En sådan gasmolnsförbränning eller gasmolnsexplosion orsakar dessutom ofta även aktivering av jetflammar från tryckutjämningsanordningarna om det inte rör sig om ett fordon med LNG eller vissa fordon med LPG.

Gemensamt för samtliga gas- och fordonstyper är att brand eller annan värmepåverkan på gastanken innebär allvarliga risker. En värmepåverkad gastank kommer i första hand att aktivera en tryckutjämningsanordning som släpper ut gas för att minska trycket. Det utflödet kommer att resultera i en eller flera **jetflammar** om gasen antänds när den lämnar tanken. Om en gastank utsätts för en snabb temperaturökning, eller om tryckutjämningsanordningen inte klarar av att tryckavlasta tillräckligt snabbt finns risk för tryckkärlsexplosion. Risken för tryckkärlsexplosion i LNG-tankar är dock minimal så länge gassystemet är mekaniskt oskadad.

Tryckkärlsexplosion innebär en risk för såväl tryckvåg, splitter som värme. Även mekanisk skada på tanken kan orsaka en tryckkärlsexplosion, till exempel påkörning av ett hinder eller en kollision. Risk för tryckkärlsexplosion ger stora riskavstånd.

Gasmolnsexplosion till följd av gasläckage

Beroende på utsläppets storlek och utbredning uppkommer olika behov av riskavstånd. Riskavståndet påverkas främst av vilken typ av gas som läcker, vilken källstyrka utsläppet har, samt omgivningarna i närheten av utsläppet.

Om utsläppet sker utomhus i det fria med god luftomsättning är risken för antändning mindre. Utomhus kommer det heller inte att bildas någon kraftig luftstöt våg efter antändning. Utomhus i det fria är risken för personsador till följd av skadlig tryckökning liten, men det finns risk för brännskador framför allt på oskyddad hud eller om man inte har lämpligt underställ under brandskyddsdräkten. Tänk även på att om det finns en explosiv gasblandning inuti fordon så kan en antändning ge upphov till såväl värme- som splitterverkan även om fordonet står utomhus.

Om utsläppet sker inomhus innebär det större sannolikhet för att det uppstår högre koncentrationer i luft, även om utsläppet är litet. Ett utsläpp inomhus innebär större risk för personskador vid en eventuell antändning. Personskador kan främst uppstå till följd av tryckuppbyggnad där byggnadsdelar skadas eller slungas iväg, samt värmeverkan från förbränningen. Byggnadsdelar som glasrutor, dörrar och lättväggar kastas ofta iväg med stor kraft vid gasexplosioner i slutna utrymmen.

För att kunna identifiera ett gasutsläpp och för att bestämma riskavståndet vid ett oantänt gasmoln är det viktigt att använda indikeringsutrustning som är säker och lämplig för ändamålet. Åtgärder som utförs inom ett område där explosiv gasblandning kan finnas, ska utföras så att risk för antändning elimineras och utan att man tar in nya tändkällor för att göra arbetet. Detta innebär att använda ATEX-klassad utrustning för indikering, belysning och samband så långt det är möjligt, men även att undvika att aktivera elektriskt spänningsförande delar i fordon eller byggnader. Exempel på detta är dörrbelysning i fordon samt frånluftsventilationsanordningar i byggnader.

En djupare beskrivning av riskerna vid gasutsläpp med risk för gasmoln-explosion finns i del 1, sidan 18, samt i del 3.

Jetflamma

Alla typer av gastankar är beroende av att tryckavlastas för att tåla att utsättas för flammor och uppvärmning under längre tid några enstaka minuter. Uppvärmning av tankar gör att deras tryck ökar. Ett högre tryck i tanken ger vid en eventuell explosion kraftigare luftstöt våg och genererar mer energi, vilket ger ett större riskavstånd avseende både kraftigare luftstöt våg och mer energi och dessutom större kastlängd för splinter från delar av gastanken och fordonet. Tankar av kompositmaterial är känsligare för lokal brand än ståltankar.

För att minska risken för tankexplosion är gastankar för tryckkomprimerad metan och vätgas försedda med minst en värmeaktiverad tryckutjämningsanordning.⁵⁷

Efter att en tryckutjämningsanordning aktiverats med jetflamma som följd, är risken för tryckkärlexplosion liten, så länge jetflamman inte riktas mot andra tankar som då riskerar att värmas upp. Komposittankar har sämre värmeförmåga än ståltankar vilket kan innebära en risk för att tankens hållfasthet påverkas innan tryckutjämningsanordningen aktiveras. Ett exempel på detta är när en komposittank utsätts för en punktuppvärmning utan att en värmeaktiverad tryckutjämningsanordning aktiveras.

Tänk på att fordon som drivs av LNG samt LPG är försedda med säkerhetsventiler som öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen aldrig stänger igen. På grund av det kan en jetflamma från en säkerhetsventil uppstå igen.

57. Se avsnittet om gassystemets uppbyggnad: tankar, ledningar och ventiler, [sid 24](#) i del 1.

Utlopp för utsläpp från tryckutjämningsanordningar förväntas inte vara riktade direkt mot en annan tank. Efter kollision eller annan fysisk påverkan kan en jetflamma från tryckutjämningsanordningens utlopp för utsläpp ändå bli riktad mot andra intilliggande tankar. Detta gäller även då flera fordon med gastankar står parkerade tillsammans och där jetflamman riktas mot angränsande fordons tankar.

Riskavståndet för en jetflamma är beroende av gas- och fordonstyp. En djupare beskrivning av de olika riskerna samt underbyggnad av riskavstånden finns i del 1, för respektive gas- och fordonstyp. Metodstöd för hantering av respektive gas- och fordonstyp finns i del 3.

Tryckkärlexplosion

Risk för tryckkärlexplosion föreligger främst vid mekanisk skada eller då komposittank (typ 4) utsätts för punktuppvärmning på en del av tanken där det inte sitter några tryckutjämningsanordningar. Ett exempel på detta är då lågor som slår ut från till exempel en taklucka på en buss värmer upp gastankarna, utan att aktivera tryckutjämningsanordningar.

Även mekanisk påverkan som fall, stötar eller vibrationer kan få redan skadade tankar att explodera. Efter en tryckkärlexplosion finns risk för mekaniska skador på intilliggande tankar. Detta innebär att det finns en kvarvarande risk för ytterligare tryckkärlexplosioner. Det har även förekommit att hela gastankar har slungats iväg vid tryckkärlexplosioner.

Riskavstånd för tryckkärlexplosion är främst beroende av gas- och fordonstyp. Gastankens arbetstryck, liksom olika tankplaceringar, har också en påverkan på riskavståndet. Ju högre arbetstryck i gastanken, desto längre riskavstånd. Grundprincipen för olika tankplaceringar består i att större tankar som är placerade högt på fordonet (buss) ger längre riskavstånd, medan mindre tankar som är placerade nära marken, helt eller delvis inneslutna i fordonet (bil, lastbil), ger ett kortare riskavstånd.

En djupare beskrivning av de olika riskavstånden finns i del 1, för respektive gas- och fordonstyp. Metodstöd för hantering av respektive gas- och fordonstyp finns i del 3.

Eskalerande förlopp

Ett gasläckage genom en tankvägg på en komposittank (typ 4) kan, om det antänds, orsaka tryckkärlexplosion. Sådan förbränning syns tydligast med värmekamera. Ett större läckage i gassystemet, som är större än motorns normala förbrukning, leder i regel till aktivering av flödesbegränsningsventilen. Små läckage förekommer trots att flödesbegränsningsventilen är aktiverad och ifall inte alla magnetventiler har stängts. Undanröj därför tändkällor inom ett par meter från gassystemet. Om ett mindre läckage vid ventilhuset antänds och leder till en låga, kan denna komma att värma en tryckutjämningsanordning så den aktiveras. Jetflamman som då uppstår medför, om den är riktad mot en tank, en risk för tryckkärlexplosion. Gasläckage kan vara svåra att indikera med en explosimeter som inte är av läcksökningstyp, men kan hittas med till exempel läckspray eller påsprutat såpvatten. Stängning av tankens stängventil avbryter läckage genom flödesbegränsningsventilen.

Hälsorisker med kolfiberkomposit

Gastankar av kolfiberkomposit (gäller ofta tankar av typ 2, 3 och 4) kan avge små kolfiberpartiklar om de skadas av kraftigt våld eller höga temperaturer i samband med brand. Kolfiberpartiklar kan orsaka irritation och inflammation i lungorna. Se mer om kolfiber i avsnittet som beskriver risker, [sidan 20](#) i del 1.

Planering

Larmplaner

Särskilda larmplaner för olyckor med gasfordon kan underlätta snabb utlarmning av rätt resurser. Här är det lämpligt att larma ut resurser så att det tidigt blir möjligt att genomföra flera parallella arbetsuppgifter, till exempel livräddning, utrymning/inrymning, avspärrning av riskområden samt eventuell brandsläckning eller begränsning. Vid räddningsinsatser med gasfordon bör utökad ledningskapacitet säkerställas i ett tidigt skede.

Resurser

Vilka räddningsresurser som behöver larmas måste beslutas lokalt eller regionalt. Men det finns ändå några generella rekommendationer baserat på erfarenheter från tidigare räddningsinsatser. Det är ett faktum att olyckor med gasfordon ofta är tekniskt komplexa, kräver hög kompetens, mycket resurser, tar lång tid samt kan ge stora samhällsstörningar.

Vid alla olyckor med gasfordon inblandade bör utökad ledningskapacitet säkerställas i ett tidigt skede. Det är viktigt att högre ledningsresurser finns med tidigt i insatsen, bland annat avseende behov av att stödja med riskbedömning, tolkning av egenskaper hos förekommande drivmedelsgaser, taktik, ledning, resursbehov och samverkansbehov. Då dessa olyckor är mer resurskrävande än fordonsolyckor med andra drivmedel samt att bedömningar och beslut kan påverka andra aktörer, så behöver den övergripande ledningen säkerställa uppföljning samt behov av stöd vid genomförandet vid dessa typer av räddningsinsatser.

Den utökade ledningsfunktionen kan även bistå med lämplig framkörningsväg med avseende på vindriktning, topografi etc. samt eventuellt behov av halvhalt (initialt riskavstånd) eller brytpunkt för utlarmade resurser.

Nedan följer några övergripande rekommendationer kring resursbehov.

Personella resurser och räddningsfordon

- Ledningsresurser för att klara de krav händelsen skapar för övergripande ledning och ledning av räddningsinsats.
- Räddnings- och polisresurser för utrymning och avspärrning av större område.
- Resurser för livräddning.
- Släckresurser med mycket vatten och möjlighet att släcka/kyla från långt avstånd eller från skydd.
- Höjdfordon för rekognosering och vattenpåföring.
- Taktisk reservstyrka ifall händelsen förvärras.
- Ägare, trafikledningsfunktion hos transportföretag, fordonstillverkare och experter på gasfordon.
- Vaghållare (Trafikverket, kommuner eller enskilda).
- Bärningsresurser med förmåga att lyfta och transportera tunga fordon. Vid brand blir det ofta totalbränder vilket gör att fordonen måste transporteras bort på flak.

Teknisk utrustning:

- Räddningskort för aktuellt fordon.
- Insatsplan för byggnadsverk där gasfordon kan befinna sig, till exempel tunnlar, garage, verkstäder.
- GPS eller gärna en avståndsmätare som kan mäta avstånd på mer än 100 meter för att fastställa avstånd inom skadeområdet.
- Indikeringsutrustning för gasmätning och bedömning av händelseförlopp, till exempel värmekamera, explosimeter, läcksökande gasmätare.
- Om UAS (drönare) finns tillgänglig bör denna larmas ut tidigt för rekognosering och dokumentation.
- Materiel för att skapa splitterskydd kring gasfordonet i syfte att kunna minska avspärrningar och samhällspåverkan, till exempel containrar, vattentankar.
- Utrustning och resurser för att på avstånd kunna frilägga och tryckavlasta påverkade eller skadade gastankar, till exempel markgående robot, resurser för tryckavlastning med hjälp av skjut- eller sprängteknik, bombrobot. Resurser för detta kan finnas hos polisen eller annan organisation.
- Utrustning för att kunna kontrollera och bedöma säkerheten hos påverkade eller skadade gastankar. (Kikare eller UAS (drönare) för rekognosering och dokumentation. Kamera med teleobjektiv för att kunna undersöka och dokumentera från distans utan att riskera antändning. Ett kit med verktyg som till exempel pump med tillbehör för att bedöma tryckutjämningsanordningar.)

Personella resurser i en region med särskilda kunskaper att såväl ge stöd vid riskbedömningar som att hantera vissa arbetsmoment är viktigt att förbereda. Det kan handla om kontaktlistor till fordonstillverkare eller till andra specialister inom det egna eller något annat räddningsledningssystem.

Kontrollera och komplettera eventuellt den specialutrustning som kan behövas till räddningsinsatser mer gasfordon. Det gäller exempelvis skyddsutrustning i form av hörselskydd och explosimeter/indikeringsinstrument. Beakta även behovet av ATEX-klassad utrustning samt taktik vid användning av mobila fläktar och ventilation i tunnlar (se vidare del 3).

Indikerings- och läcksökningsmateriel som explosimeter, läcksökare och läckspray är lämpligt. I många situationer är UAV, värmekamera, tubkikare, kamera med teleobjektiv lämpliga för att kunna förmedla information till specialiststöd på distans utan att utsätta personal för risker eller riskera att antända utströmmande gas.

Tankbil med fjärrstyrd vattenkanon som kan riktas bakåt över tanken och har ställbar backkamera gör att man kan släcka och begränsa en brand i skydd av vattentanken. Även höjdfordon med fjärrstyrd vattenkanon i korg är lämpligt i vissa situationer.⁵⁸

Instruktioner och rutiner

Denna vägledning ger förslag på generella rutiner för hantering av några utvalda olycksscenarier, men lokala förutsättningar kan göra att räddningstjänsten behöver ta fram lokalt anpassade rutiner. Flera aktörer behöver samverka tidigt i händelsen för att utrymma, livrädda och spärra av områden. Samarbeta därför med polisen och vägghållaren så att rutinerna harmoniseras. Planera även för hur de första räddningsresurserna ska agera och vilka uppgifter de förväntas kunna utföra. Särskilt viktigt är det att räddningspersonal som ensamma kommer fram först till skadeområdet, till exempel första insatsperson (FIP) eller civil insatsperson (CIP), vet hur de ska agera samt att de har grundläggande kunskaper om riskerna med gasfordon.

Etablera samarbete med lokala företag som kör gasdrivna fordon, till exempel bussbolag, för att ta fram gemensamma hanteringsrutiner och kontaktvägar inför eventuella olyckor. Se till att snabbt kunna nå trafikledningen för att kunna få fram räddningskort eller tekniska beskrivningar av fordonen. För personbilar finns räddningskort tillgängliga i olika ledningsstöd eller appar, men för tunga fordon krävs normalt att berört transportföretag eller fordonsstillverkare kan delge dessa till räddningstjänsten. Det kan även vara lämpligt att i förväg planera vad som kan komma att betraktas som en restvärdesinsats i samband med olyckor med gasfordon. Inom vissa byggnadsverk, som exempelvis långa tunnlar, är det lämpligt att redan i planeringsskedet komma överens om ansvarsfördelning mellan vägghållare, fordonsägare och räddningstjänst. Detta för att snabbt kunna få bort hinder ur tunnelrör på säkert sätt och att bärgning av fordon med farliga gassystem inte utgör risk för nya olyckor efter räddningsinsatsen.

58. Jämförande av metoder vid brand i personbil – Motorrummsbrand och övertänd bil med explosiv hotbild. MSB1622, september 2020, ISBN 978-91-7927-069-8.

Att planera och ta fram instruktioner för utrymning och inrymning är viktiga förberedelser för att kunna hantera händelser med gasfordon. I MSBs vägledning om att planera för utrymningsituationer,⁵⁹ ges flera konkreta rekommendationer att beakta vid framtagandet av lokala instruktioner och rutiner.

Bland rekommendationerna behöver särskilt följande faktorer beaktas inför beslut om utrymning:

- tid för utrymningsförfarandet i relation till hur lång tid risken kvarstår
- möjlighet att bedriva räddningsinsatser parallellt med utrymningen
- tillgängliga resurser i förhållande till behov
- väderförhållandens påverkan på kort och lång sikt
- att människor ändå väljer att utrymma (så kallad spontanutrymning)
- tillgänglighet till transporter och utrymningsvägar med hänsyn till bebyggelse och infrastruktur
- områden eller verksamheter som behöver beaktas eller prioriteras.

Utbildning och övning

Redan vid upphandling av nya gasdrivna fordon för en kommun är det lämpligt att se till att få med räddningskort och instruktioner för räddningstjänsten. Se också till att förevisningar eller interaktiv utbildning ingår i leveransen och att man har samsyn kring hur räddningstjänsten ska få stöd av tillverkaren vid olyckor med fordonen. Undersök även om bärgningsföretag kan medverka vid utbildning för att skapa samsyn kring hur fordon ska hanteras efter olyckor. Även viss samövning med polisen kan vara lämplig för vissa moment.

All räddningspersonal bör ha vissa grundläggande kunskaper om riskerna med gasfordon och hur dessa bör hanteras. Förberedelserna bör därför inkludera både utbildning och övning. Utbildning kan exempelvis avse kunskaper om drivmedelsgasers egenskaper, gasinstallationer i fordon, risker samt räddningstjänstens lokala rutiner och metoder för räddningsinsatser. Övningar kan till exempel handla om användning av explosimeter/indikeringsinstrument och om insatsövningar i explosiv miljö. Gasfordon kan också integreras i annan utbildning om tryckkärlsrelaterade risker som till exempel brand eller trafikolycka med gasflaskor. Orienteringsövningar på platser där gasfordon ställs upp eller genomgår service medger möjlighet att i förväg se hur gasinstallationer kan se ut på olika fordonstyper som förekommer i en tätort. Arrangera exempelvis studiebesök hos sopbils- eller bussföretag i samband med att gassystemen är frilagda för service. Räddningskort för de tunga fordon som förekommer är lämpligt att studera likväl som hur man undersöker tryckutjämningsanordningarnas avblåsningsriktningar. Även inblick i hur avstängningsanordningar fungerar samt funktionsprinciper hos tryckutjämningsanordningarna och hur man kan bedöma om de löst ut efter brand kan vara värdefulla förberedelser.

59. Att planera och förbereda en storskalig utrymning. MSB 783, december 2014.

Fas 2 Utlarmning och framkörning

Utlarmning

Säkerställ att rätt resurser larmas ut vid olyckor med gasfordon. Följ särskilda larmplaner och utlarmningsrutiner om det finns för gasfordon. Komplettera eller justera utlarmningen utifrån tillgänglig information och händelsevärdering. Vägled utlarmade resurser till rätt plats (skadeplats, halvhalt eller brytpunkt) och försök bistå så att lämpliga utryckningsvägar används.

Försök ta reda på registreringsnummer till inblandade fordon. Med registreringsnummer kan man tillämpa rätt rekommendationer för initiala riskavstånd samt få fram räddningskort för aktuellt fordon. Information om drivmedel, särskilda risker och initiala riskavstånd bör om möjligt förmedlas till de utlarmade resurserna.

Så hittar du information om ett fordon

- Polisens direktaccess till fordonsregistret är mest uppdaterat och innehåller fordonsinformation om svenska fordon.
- Transportstyrelsens mobilapp Mina fordon, alternativt webbsidan <https://fu-regnr.transportstyrelsen.se/extweb/UppgifterAnnatFordon>, ger något äldre uppgifter.

Motsvarande tjänster finns för nordiska fordon

- **Norge:** <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/kjop-og-salg/kjoretoyopplysninger/sjekk-kjoretoyopplysninger/>
- **Finland:** <https://www.traficom.fi/sv/vara-tjanster/register-och-beskattnings-uppgifter-om-fordon>
- **Danmark:** <https://nummerpladeregister.dk/>

Fordonsregistret ger data om fordonets fabrikat, modell, drivmedel och tillverkningsår, vilket behövs för att få fram rätt räddningskort.

Om fordonet är en personbil så kan Euro NCAP:s app "Euro rescue" ge access till räddningskort. Även systemet "CRS (Crash recovery system)" som vissa räddningstjänster abonnerar på ger access till räddningskort. På fordonstillverkarnas hemsidor finns ofta räddningskort för respektive modell av tunga fordon. Här finns mycket tid att vinna på att ta fram räddningskort i förväg för aktuella tunga gasfordon inom insatsområdet. Undantaget är LNG-fordon som ofta rör sig inom stora regioner.

Framkörning

Vindriktningen samt mekanisk ventilation styr brännbara gasmoln och rök, därför är angrepp med vinden i ryggen lämpligast i de flesta fall. Vid tunnlar bör kontakt etableras med väghållarens driftcentral för tunneln, för att få information om mekanisk ventilation är i drift eller kan styras manuellt. Säkerställ också att ingen ytterligare trafik tillåts köra in i tunneln.

Fas 3 Framkomst och omedelbara åtgärder

Framkomst och fordonsplacering

Stanna räddningsfordonen på lämpligt avstånd innan skadeplatsen och försök att bedöma situationen från avstånd. Det är lätt att köra för nära och att räddningsenheter skadas. Utrymme kan behövas för till exempel höjdfordon eller tankbil.

Framkomstrapporten (vindruter rapport) bör innehålla följande:

- Stämmer adressen eller platsangivelsen?
- Beskriv vad du ser, exempelvis brand, gasmoln, registreringsnummer, kollisionsvåld, fordon på hjul, sida eller tak.
- Ta om möjligt foto.

Brytpunkt eller halvhalt

Användning av brytpunkt eller halvhalt kan vara lämpligt för förstärkande resurser när framkomligheten är begränsad eller när stora avstånd behöver spärras av. En annan fördel är att räddningsledaren kan göra en bättre riskbedömning, zonindelning och taktiskt övervägande innan räddningsresurser kör in i skadeområdet.

Läsa olyckan och göra riskbedömning

Flera viktiga skadeplatsfaktorer behöver snabbt uppmärksammas och beaktas för att kunna läsa olyckan, få en överblick över situationen samt för att kunna göra en initial riskbedömning.

Använd exempelvis kikare för att skapa en första lägesbild. Även räddningspersonal som är fullt klädd med skyddsutrustning (se del 3) kan skickas fram i skydd för att rekognosera skadeområdet. Det är dock viktigt att räddningspersonalen är uppmärksam och inte utsätter sig själv för risker. I ett senare skede kan även kameror monterade på höjdfordon eller UAS användas för att följa lägesbilden och för att dokumentera aktivering av tryckutjämningsanordningar etc. Notera att UAS eller annan utrustning som saknar ATEX-klassning inte bör föras in i ett potentiellt explosivt område.

Exempel på viktiga skadeplatsfaktorer är:

1. Typ av händelse (brand, trafikolycka med eller utan gasläckage, enbart gasläckage, explosion, annat). Bedöm eventuellt gasläckage: lukt, pysande/tjutande ljud, vitt kondensmoln. Skanna med värmekamera eller indikera gas med explosimeter om det kan göras säkert
2. Typ av fordon.
3. Typ av gas (även tryck, temperatur samt tankarnas storlek, antal och placering). Leta efter eventuell märkning på fordonet som indikerar att det är ett gasfordon samt vilken typ av gas det är. Sökning i fordonsdatabaser eller räddningstjänstens ledningsstöd på fordonets registreringsnummer kan ge svar på typ av drivmedelsgas.
4. Bedömning av gastankarna. Är de oskadade/skadade, hotade av brand eller redan brandutsatta? Läs olycksplatsen: tankarnas placering. Hur är krockvåldet i förhållande till tankarna?
5. Hotade värden:
 - a. Personer
 - i. i drabbade fordon
 - ii. utomhus/i andra fordon
 - iii. i tunnel/i byggnad (då gasfordonet är i tunnel eller byggnad)
 - iv. i närliggande byggnader.
 - b. Egendom/byggnader. Risk för brandspridning upp till cirka 20–30 meter vid en jetflamma.
 - c. Naturmiljön.
6. Omgivningen:
 - a. Fordonets placering
 - i. fritt eller i tätbebyggelse
 - ii. utomhus eller inomhus (byggnad, tunnel, etc.).
 - b. Åtkomst för räddningsfordon och räddningspersonal.
 - c. Möjligheter att arbeta från skydd.
7. Behov och möjligheter att spärra av (utrymma/inrymma) riskområde.
8. Vad har orsakat händelsen?

Försök få en uppfattning om orsaken och händelseförloppet innan räddningstjänstens ankomst. Gör det för att få en bild av eventuella ytterligare problem eller risker att hantera. Om det till exempel är en trafikolycka kan gastankar och gasinstallationer vara skadade eller påverkade och medföra risk för explosion eller gasutsläpp när fordonet hanteras.

Riskbedömning och beslut om riskavstånd och zonindelning görs med stöd av del 3. Där finns också behov av skyddsutrustning och restriktioner beskrivet.

Ställ upp räddningsfordon utanför *het zon* med tanke på risk för skador från jetflammar. Utgå ifrån de riskområden och zonindelningar som anges i del 3 och beakta även de riskavstånd som krävs vid arbete i vägtrafikmiljö.

Lägesrapporter, ledningsplats, omedelbara åtgärder

I lägesrapporter, till exempel enligt OSHMIP⁶⁰, är det viktigt att informera om den aktuella situationen samt alla förändringar i händelseförloppet. Vidare är det viktigt att försöka göra en prognos för den fortsatta händelseutvecklingen. Denna information är central bland annat för bedömning av resursbehov (inklusive expertstöd och specialutrustning), tidsåtgång, samhällspåverkan och samverkansbehov.

Aktörsgemensam ledningsplats för skadeplatsledning bör väljas så att ledningsplatsen inte behöver flyttas om olycksförloppet skulle eskalera.

Omedelbara åtgärder som till exempel livräddning, spärra av trafik, utrymning eller släckning av brand i motorrum, kan behöva utföras parallellt med att den taktiska planeringen påbörjas.

60. OSHMIP är en minnesregel för lägesrapporter inom bland annat räddningstjänsten. OSHMIP står för Objekt – Skada – Hot – Mål – Insats – Prognos.

Fas 4 Taktisk planering

Skapa bild av möjliga åtgärder

Förutom att besluta om riskområde och zonindelning behöver räddningsledaren även tidigt besluta om taktisk grundinriktning – offensiv eller defensiv insats.

En **offensiv insats**, med syfte att eliminera hotet, kan till exempel vara motiverad av om det finns liv att rädda, om riskerna för räddningspersonalen är små eller om en snabb offensiv insats kan hindra att händelsen eskalerar. Går det att snabbt undanröja riskerna med hjälp av en offensiv insats så är vinsten stor, då en defensiv insats vid olyckor med gasfordon kan bli långvarig och medföra stora avspärrningar och samhällsstörningar. En offensiv insats kräver som regel relativt mycket räddningsresurser, men om den ska bli framgångsrik behöver den samtidigt initieras i ett tidigt skede. **Grunden för en offensiv insats bör vara att gasflaskorna inte är akut påverkade av brand eller mekanisk skada så att tryckkärlexplosion plötsligt kan ske.**

En **defensiv insats**, med syfte att skydda omgivningen från hotet, är främst ett val när riskerna bedöms som så stora att det inte är motiverat att räddningspersonal eller andra aktörer befinner sig inom *het zon*. Detta innebär i praktiken att insatsen inriktas på att vänta ut händelseförloppet samt att om möjligt kunna begränsa eventuella följdverkningar. Åtgärder sätts in från avstånd eller med hjälp av maskiner/verktyg så att personal inte ska behöva befinna sig i *het zon* mer än absolut nödvändigt. En defensiv insats tar ofta många timmar att genomföra.

Tabell 8. Stöd för val av offensiv eller defensiv insats.

Exempel på situation	Taktisk inriktning	
Livräddning, gastankar ej hotade	Offensiv insats	
Brand i motorrum på en gasbuss	Offensiv insats	
Livräddning, gastankar hotade	Offensiv insats	Defensiv insats
Övertänd personbil, ingen livräddning, ingen spridningsrisk	Defensiv insats	

Vid identifiering av möjliga åtgärder är det viktigt att bedöma vilka risker som finns och vilka risker åtgärderna i sig skulle kunna innebära. Vissa åtgärder kan förvärra riskerna med drivmedelsgasen.

Metodstödet i del 3 bygger på tre huvudscenarier där gasfordon är inblandade: brand, trafikolycka och gasläckage. Dessutom beskrivs risker och taktiska överväganden vid händelser i tunnlar. Metodstödet består av checklistor och stöd som främst behandlar riskbedömning, taktiska överväganden och ger förslag på åtgärder. Dessutom återfinns bilder över riskavstånd för samtliga förekommande fordons- och gastyper, liksom fordonsbeskrivningar. Del 3 fungerar både som stöd till övergripande ledning och som ett stöd för att utföra uppgifter på skadeområdet (uppgiftsledning).

Avspärning, utrymning, inrymning och VMA

Gemensamt för de flesta händelser med gasfordon är att utrymning eller inrymning inom omfattande geografiska områden behöver genomföras inom kort tid. Erfarenheterna från inträffade händelser visar att det är både svårt och resurskrävande att genomföra en storskalig utrymning och inrymning. Det är dessutom svårt att säkerställa att avspärningarna respekteras eller att inrymda personer inte går ut.

Vid stora avspärningar där utrymning eller inrymning ska ske kan VMA användas för att varna och informera allmänheten. Tänk igenom hur VMA-meddelandet ska genomföras. Vilken information ska finnas med, hur ska meddelandet distribueras? Se också till att koordinera utskicket med räddningsinsatsen. Erfarenheter från räddningsinsatser där VMA använts och större utrymningar genomförts visar på behoven av att snabbt följa upp VMA-meddelandet med ytterligare information via nyhetsmedia, hemsidor, sociala medier etc. För att underlätta kommunikationen med allmänheten och för att avspärningarna ska fungera praktiskt kan det vara lämpligt att använda vägkorsningar för att definiera det avspärrade området. Det avspärrade området kan även ritas ut på kartor som snabbt distribueras digitalt via olika informationskanaler. Notera att arbetet med VMA och efterföljande information kan bli resurskrävande. För vidare information om VMA se MSB:s hemsida.

Vid avspärningar kommer vanligtvis trafiken att påverkas. Initiera därför tidigt samverkan med berörda väghållare och kommunens TIB. Försök även att få hjälp med vägvängningar och omledningsskyltning så att räddningspersonal och polis kan frigöras för andra arbetsuppgifter. De flesta väghållare har även tillgång till TMA-skydd⁶¹ som kan aktiveras för att bidra till en säker arbetsmiljö vid högt trafikerade vägar eller vägar med höga hastigheter.

Besluta mål med insats och taktisk plan

Att formulera mål med insats (MMI) är naturligtvis i hög grad situationsberoende och behöver omvärderas kontinuerligt under insatsen. När mål med insats formuleras kan man till exempel utgå från de här frågeställningarna:

- Vad är det vi ska uppnå/vilket resultat vill vi se?
- Hur ska det se ut när vi åker hem?

Nedan ges några förslag på mål som ett stöd för att i förväg kunna utveckla egna scenarier och inriktningar för eventuella kommande räddningsinsatser. Förslagen på MMI ges för några olika abstraktionsnivåer.

För brand i ett gasfordon kan ett MMI exempelvis uttryckas så här:

- Branden ska släckas eller slås ner så fort som möjligt för att undvika att gastankarna påverkas av branden.
- Inga personer ska skadas av branden eller av gastankarna. Branden ska begränsas till fordonet.

61. TMA står för Truck Mounted Attenuator.

Vid befarat eller konstaterat gasläckage från ett gasfordon kan ett MMI exempelvis uttryckas så här:

- Gasen ska inte antändas.
- Personer och egendom ska inte skadas om gasen antänder.
- Gasläckaget ska stoppas eller begränsas. Området med brännbar gasblandning ska minimeras.

Vid mekanisk påverkan (till exempel trafikolycka) på ett gasfordon utan brand och utan gasläckage kan ett MMI exempelvis uttryckas så här:

- Gasen ska förbli innesluten så att personer och egendom inte skadas.
- Gassystemet (tankar och rör) får inte påverkas så att läckage uppstår.
- Ett eventuellt gasläckage får inte antändas.
- Losstagning av fastklämda personer ska ske utan att gassystemet skadas eller påverkas.

MMI kopplade till samhällspåverkan kan formuleras så här:

- Insatsen ska genomföras defensivt och med hög säkerhet. Insatsen ska även utformas så att samhällspåverkan begränsas.

Den taktiska planen (TP) beskriver hur målet ska nås, alltså de åtgärder som ska genomföras. Här behöver hänsyn tas till åtgärdernas resursbehov. Den taktiska planen beskriva:

- vilka metoder ska åtgärden genomföras med
- tajmning, alltså när något ska göras i förhållande till andra åtgärder och hur länge
- resurser, vem är det som genomför åtgärden
- säkerhet och eventuella restriktioner.

Del 3 ger rekommendationer på taktiska åtgärder för olika scenarier. Nedan ges exempel på en taktisk plan för en övertänd gasdriven personbil, som kan kommuniceras till räddningspersonalen:

1. Branden ska dämpas med hjälp av en backande tankbil med takmonterad vattenkanon. Släckning inleds utanför *förbjudet område*.
2. Eftersläckning med hjälp av räddningspersonal och dimstrålrör. All manuell släckning sker snett framifrån. Läs mer om personlig skyddsutrustning i del 3, fliken Skydd.
3. Kontrollera att fordonets gassystem (tankar och rör) är tillräckligt säkert för att möjliggöra bärgning.

Sätta organisationen

Då ett högre befäl knyts till insatsen gör denne en ny riskbedömning. Tidigare beslut om riskavstånd och zonindelning omprövas, liksom skyddsnivåerna för *het* och *varm zon*. Riskbedömningen, zonindelningen och skyddsnivåerna behöver kommuniceras skyndsamt både internt och med samverkande organisationer. Det är extra viktigt att kommunicera eventuella förbjudna områden där varken räddningstjänstpersonal eller andra får befinna sig.

Exempel på frågor att beakta vid planering av skadeplatsorganisationen:

- Säkerhetsfunktion.
- Expertstöd.
- Vad ska man kunna göra samtidigt?
- Sektorer.
- Ledningsstöd/fältstab.
- Depå.

Erfarenheter från genomförda räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon visar på ett stort värde av att tidigt etablera en stab. Särskilt viktigt kan stabsarbetet bli om insatsen blir långvarig, kräver samverkan med externa aktörer, medför stort kommunikationsbehov, blir tekniskt komplicerad samt medför behov av avancerade riskbedömningar, specialkompetens och specialutrustning.

Samordningsansvar för arbetsmiljön

När flera aktörer arbetar samtidigt på en tillfällig arbetsplats behöver man komma överens om vilken aktör som ska ha samordningsansvaret för arbetsmiljöarbetet. I de flesta fall är det naturligt att räddningstjänsten har den rollen till dess att räddningsarbetet avslutas.

Det finns behov av att göra flera uppgifter samtidigt i skadeplatsområdet och att ta hjälp av varandras förmågor.

Fas 5 Implementering av taktisk plan

I denna fas är det viktigt att ge tydliga uppdrag till befäl med uppgiftsledning i form av mål med insats, taktisk plan, uppgift och samverkan. Vidare behöver man ge instruktioner för när rapportering behöver ske. Lägesbild, risker, zonindelning, restriktioner och skyddsutrustning i olika zoner kommuniceras till alla aktörer verksamma inom skadeområdet.

Zonindelning av skadeområdet

I del 3 ges rekommendationer kring zonindelning beroende på typ av händelse, fordon och drivmedelsgas.

Skyddsutrustning i olika zoner

I del 3 ges rekommendationer kring personlig skyddsutrustning samt övrigt skyddsmateriel.

Restriktioner

En vanlig restriktion kan vara att inte vidröra eller spruta vatten på någon del i gassystemet förrän andra instruktioner ges. Förbjudna områden är områden som normalt inte får beträdas oavsett skydd. Det kan därför vara viktigt att tydliggöra att förbjudna områden även gäller räddningspersonal. Restriktioner kan också handla om att områden inte får beträdas eller att utrustning inte får flyttas, för att inte försvåra brottsutredning. Det kan också handla om vilka aktiviteter som får utföras, hur många som samtidigt får vistas i ett riskområde eller hur länge det får ske. Att få personer vistas kort tid i ett riskområde medför lägre personskaderisk.

Behov av kriminalteknisk hänsyn

I vissa fall kan en olycka med gasfordon även vara en brottsplats. I sådant fall kan behov finnas av särskild kriminalteknisk hänsyn i arbetet inom skadeplatsområdet. Samverka därför med polisen för att klargöra hur en eventuell kriminalteknisk hänsyn ska ske.

Kommunicera och samverka

En insats med gasfordon kräver vanligen kommunikation och samverkan med såväl andra räddningsresurser som andra aktörer. Ta redan tidigt höjd för att kommunikations- och samverkansinsatserna kommer att bli resurskrävande och pågå under flera timmar.

Samverkan inom skadeområdet sker naturligtvis direkt mellan polis, ambulans, eventuella fordonsförare och bärgare. Men ofta behöver samverkan även ske inom den övergripande ledningen med till exempel polisen, trafikhuvudman, vägghållare och gasfordonsexperten. Vid samverkan med dessa aktörer är det viktigt att klargöra avspärningar och resurser för att upprätthålla avspärningarna. Det är också viktigt att alla aktörer beaktar de risker som finns med gasfordonen och respekterar den tid det kan ta för att klargöra att fordonen eller lösa gas-tankar är säkra att bärga eller flytta. Samverkan bör därför inriktas mot att tidigt få fram information om händelseutvecklingen och teknisk information om fordonen samt möjliga åtgärder som kan vidtas för att minska samhällsstörningarna och få ett snabbare avslut utan att riskerna för allmänheten eller berörd personal blir för stora.

Med tanke på att det kan bli stora samhällsstörningar och att många kommunala verksamheter kan påverkas bör kommunens TiB, om sådan finns, larmas tidigt. Det kan även möjliggöra ett samordnat och effektivt utnyttjande av kommunens samlade resurser.

Hantera media som en resurs

Ta initiativ till att inkludera media tidigt så att de kan informera om riskområden och ge allmänheten information om hur länge en insats kan komma att innebära en störning. Samverka med polis, väghållare och sjukvård inför pressmeddelanden, presskonferenser eller annan kommunikation med media. Överväg att använda media för uppföljande information för att uppnå målen med att skydda allmänheten inom riskområden och för att få allmänheten att bättre respektera avspärningar.

För mer information om användning av VMA i den akuta fasen, se fas 4.

Fas 6 Utveckling och anpassning av insatsen

Uppföljning av uppdrag

Det är viktigt att löpande övervaka och dokumentera händelseförloppet under hela räddningsinsatsen. Detta görs exempelvis med hjälp av fotografering, filmning, händelselogg och plottingtavla. Det är till exempel värdefullt om det går att notera hur många jetflamnor som kan identifieras vid brand i gasfordon. Den insamlade informationen kan vara viktig för att kunna analysera och fatta beslut om kommande räddningsåtgärder, bedömning av gastankarnas status och avslut av räddningsinsatsen. Dokumentation utgör även det centrala underlaget vid kommande insatsuppföljning, olycksutredning och händelserapportskrivning. En dynamisk riskbedömning behöver utföras samtidigt som åtgärdernas effekt och olyckans samhällsstörningar följs upp. Följer arbetet den taktiska planen? Får det effekt? Behöver den taktiska planen revideras? Följs krav på zonindelning, skyddsutrustning och restriktioner?

Följa upp och anpassa organisationen

När de inledande besluten fattades baserades de troligtvis på en del antaganden, och sannolikt ökar tillgången på säkerställd information längre in i insatsen. Zonindelning, restriktioner och skyddsutrustning kan behöva anpassas efter att tillkommande, säkerställd information finns tillgängligt. Behöver organisationen bli större eller kan den minskas? Behövs andra förmågor för att slutföra insatsen? Finns det skäl att minska avspärningarna för att minska samhällsstörningen eller behöver de rent av utökas tillfälligt på grund av ett arbetsmoment? Finns det möjlighet att ordna tillfälliga skyddsanordningar så att riskområdena kan minskas? Exempelvis kan containrar eller vattentankar placeras ut i ett senare skede i insatsen för att minska riskområdena. Anpassningar av vilken aktör som utför olika uppdrag behöver också göras.

Skapa uthållighet

En insats med gasfordon kan bli långvarig om en defensiv taktik väljs. Förbered i så fall för avlösningar och depå. Involvera gärna kommunens TiB i arbetet med att skapa uthållighet eftersom det kan beröra många olika delar av den kommunala organisationen. Kommunens personal kan även användas för olika roller i arbetet i skadeområdet.

Fas 7 Avslutande av räddningsinsats och underrättelse till ansvariga aktörer

När något av kriterierna för räddningstjänst⁶² inte längre är uppfyllda så ska insatsen avslutas. Normalt bör de allvarigaste riskerna vara undanröjda när räddningsinsatsen avslutas men det kan vara svårt att helt utesluta kvarvarande risker efter räddningsinsatser vid händelser med gasfordon. Det är flera viktiga faktorer som behöver beaktas i planeringen inför beslut att avsluta räddningsinsatsen.

Risker som kan finnas kvar efter en räddningsinsats

Det kan finnas gastryck kvar i påverkade eller skadade tankar vilka kan börja läcka eller leda till tryckkärlsexplosion, till exempel i samband med undersökning, bärgning eller demontering. Detta skulle kunna innebära risker för personskador och förvärrat läge. Räddningsinsatsen kan därför behöva bedrivas tills gastankarna är konstaterat tömda eller på annat sätt bedömts säkra inför flytt eller bärgning av fordonet.

Transport av eller omhändertagande av skadade fordon är normalt inte en uppgift för räddningstjänsten. Den bevakning och kontroll av skadade gasfordon som kan behövas under transport är primärt ett ansvar för ägaren eller innehavaren enligt 3 kap. 9 § (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO). Det kan dock finnas situationer där transport av skadat gasfordon bedöms nödvändigt och riskerna fortsatt är så stora att det är motiverat att räddningstjänsten ordnar och eskorterar transporten. I dessa fall genomförs transporten rimligen som en del av den pågående räddningsinsatsen. Vid sådana transporter ska åtgärder vidtas för att förebygga, hindra och begränsa att gassystemet genom transporten orsakar skador på liv, hälsa, miljö eller egendom. För mer information om transport av farligt gods under pågående räddningsinsats, se MSBs PM *Transport av farligt gods som utförs av räddningstjänsten*, 2019 (MSB 2019-01312).

Även om räddningsinsatsen är avslutad kan räddningstjänsten i vissa fall utföra bevakning av fordonet men då på ägarens eller innehavarens bekostnad. Efter räddningsinsatsen kan det i vissa fall vara lämpligt att det skadade gasfordonet ställs på en plats där det inte kan orsaka ytterligare skada innan det hunnit undersökas tillräckligt noggrant av experter.

Kontroll och bedömning av om fordonet är säkert att flytta

Räddningsledaren bör i rimlig omfattning säkerställa att gastankarna är tömda eller på annat sätt bedömts tillräckligt säkra. Det är främst följande frågeställningar som är viktiga att få svar på:

- Finns det gas kvar i någon tank?
- Läcker någon tank?
- Är tankarnas hållfasthet tillräcklig för säker transport?
- Är tankarna tillräckligt förankrade för säker transport?

62. 1 kap. 2 § lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

Om det går att fastställa att alla tankar är tomma på gas så finns inga kvarstående risker kopplat till drivmedelsgasen. Problemet är ofta att kunna bedöma om det finns gas kvar i tankarna. Kontroll av tankar och ventiler är ofta svår att göra, särskilt efter en brand. Det är svårt att avgöra om ventiler är öppna eller stängda.

Notera även att en gastank som har läckt gas, men där gasläckaget upphört, fortfarande kan ha trycksatt gas kvar. Det bästa sättet är därför att försöka säkerställa en öppen förbindelse in i gasflaskan. Detta kan exempelvis göras med någon av följande metoder:

1. Kontrollera om det finns öppen förbindelse in i tanken genom tryckutjämningsanordningens öppning.
2. Utföra kontrollerad tömning eller avfackling av gastankarna.
3. Forma ett eller flera hål i tankmanteln genom kontrollerad beskjutning eller sprängteknik med riktad sprängverkan (RSV). Metoden ger begränsad risk för tryckkärlsexplosion.

Metod 1 används i första hand som kontroll när man bedömer att tankarna har tömts på gas genom tryckutjämningsanordningarna. Det finns dock tryckutjämningsanordningar som inte förblir öppna efter aktivering (gäller samtliga fordon med LNG, samt vissa fordon med LPG och CNG).

Metod 2 tillämpas av specialister då man misstänker att det är gas kvar i tankarna. Om man släpper ut oförbränd gas behöver fordonet vara strömlöst och tändkällor undanröjas inom en radie på 25 meter. Denna metod förutsätter att tankar, ventiler och ventilinfästningar inte är svårt skadade av olyckan. Det kan ta mer än ett dygn att tömma en större tank med tryckkomprimerad metan eller vätgas och pysande flödesbegränsningsventil. Detta innebär att det är bättre att stänga stängventilen och tömma på annat sätt. Enda chansen att få flödesbegränsningsventilen att öppna från aktiverat läge är att koppla en tät ledning med regulator eller nålventil till den och sedan öppna och stänga stängventilen tills man fyllt ledningen och byggt upp rätt ”mottryck”. Sedan kan man ansluta ett flamskydd och en fackla till regulatorn eller nålventilen och tryckavlasta tanken genom att fackla av tanken med reducerat tryck.

LPG-tankar kan tömmas av fordonstekniker från en märkesverkstad.

För att sänka trycket eller tömma tankar med kylkondenserad metan kan fordonstekniker från en märkesverkstad vara behjälpliga. Om MSB:s förstärkningsresurs kemenhet är på plats har de också förmåga att tömma en sådan tank.

Metod 3 är ofta svår att tillämpa i tätbebyggda områden men medger möjlighet att tryckutjämna tankar utan att utsätta personal för risker. Metoden förutsätter att lämplig kombination av skjutvapen och ammunition, som ger hål i tanken, används. Även viss sprängteknik kan användas för att tryckutjämna tankar. Utströmmande gas ger starka reaktionskrafter. Ett 8 mm hål i en tankmantel gör att gastanken kan ge 600 N reaktionskraft för CNG eller 5 000 N reaktionskraft för vätgas vid 700 bar.

Ingen av drivmedelsgaserna är skadliga för miljön i närområdet, men metangas är en kraftig växthusgas som man bör undvika att släppa ut oförbränd. Avfackling av metan, som ger utsläpp av koldioxid, är därför en klimatmässigt bättre lösning.

Informera restvärdesledare, bärgare eller verkstad

Efter en räddningsinsats är det viktigt att ägaren, innehavaren eller andra aktörer (till exempel bärgare, verkstäder, försäkringsbolag) som tar fortsatt ansvar för det skadade gasfordonet får relevant information om eventuella kvarvarande risker samt råd om hur de bör hanteras. En restvärdeleadre kan efter avslutad räddningsinsats ta en samordnande roll. Det är också viktigt att dela information till andra yrkesgrupper som är inblandade under eller efter insatsen, till exempel polisen, olycksutredare etc.

Det kan vara lämpligt att ansvarig aktör som undersökt eller tömt gassystemet utfärdar ett skriftligt intyg på att gassystemet är säkert att hantera och att fordon kan bärgas bort.

Om gastankar av kolfiberkomposit har påverkats av olyckan så finns risk att kolfiberpartiklar har frigjorts. Dessa kan innebära hälsorisker för de som hanterar tankarna. Den informationen behöver därför ges till de aktörer som tar hand om fordon och gastankar efter räddningsinsatsen. Mer underlag om hälsorisker med kolfiberkomposit finns i MSB:s vägledning.⁶³

Fas 8 Åtgärder efter räddningsinsats

Undersökning och dokumentation efter räddningsinsats

Räddningstjänsten har en skyldighet att i skäligen omfattning undersöka orsakerna till olyckan, olycksförloppet och räddningsinsatsens genomförande. För att kunna göra detta på ett bra sätt är det angeläget att löpande dokumentera insatsen. Både film/foto samt anteckningar från händelseutvecklingen och insatta åtgärder är viktiga underlag för efterföljande undersökning och dokumentation av olyckan och räddningsinsatsen. Eftersom olyckor med gasfordon är ovanliga är det extra värdefullt att få bra dokumentation av erfarenheter och lärdomar från de olyckor och räddningsinsatser som inträffar. Det kan därför vara motiverat att genomföra ytterligare undersökning i form av exempelvis en olycksutredning, utöver den obligatoriska dokumentationen i räddningstjänstens händelserapport.

Återkoppla erfarenheter till fordonstillverkare, fordonsägare och väghållare

Det är värdefullt att erfarenheter från olyckor och räddningsinsatser med gasfordon kan tas tillvara och återföras till fordonstillverkare, fordonsägare och väghållare. Ha därför gärna fortsatt dialog med dessa aktörer efter räddningsinsatsen och informera om de olycksutredningar som görs.

63. MSB (2021) Hantering av kolfiberkomposit vid olyckor, MSB1747, ISBN: 978-91-7927-136-7.

| Referenser

Referenser












1. Statistik om fordonsgas. 2020. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/statistik-om-fordonsgas/> (Hämtad 2022-01-23)
2. Handbok för arbete med fordon drivna med fordonsgas (metan/CNG). Bil Sweden. 2012. https://www.mrf.se/wp-content/uploads/2015/12/Handbok_Gassakerhet.pdf (Hämtad 2022-01-23)
3. Data om LNG:s förångningsexpansion 600 ggr <https://fordonsgas.se/tanka-gas/var-gas/lng-och-lbg-flytande-gasenergi-for-tunga-transporter/> (Hämtad 2022-01-23)
4. Metan har en joniseringspotential på 12,98 eV. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2021. MSB RIB <https://rib.msb.se/Portal/template/pages/Kemi/Substance.aspx?id=392> (Hämtad 2022-01-23)
5. Propan-butanblandning har en joniseringspotential på 11,07 eV. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2021. MSB-RIB <https://rib.msb.se/portal/template/pages/kemi/Substance.aspx?id=378&q=gasol&p=1> (Hämtad 2022-01-23)
6. Vätgas har en joniseringspotential på 15,43 eV. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2021. MSB-RIB <https://rib.msb.se/portal/template/pages/kemi/Substance.aspx?id=390&q=v%C3%A4te&p=1> (Hämtad 2022-01-23)
7. Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983. <https://www.nrc.gov/docs/ML0716/ML071620344.pdf> (Hämtad 2022-01-23)
8. Vladimir Molkov; The Joule-Thomson effect. 2012. http://www.hysafe.org/science/eAcademy/JSSFCH/.JSSFCH2012/MolkovVV_HazardsRelatedToHydrogenPropertiesAndComparisonWithOtherFuels.pdf (Hämtad 2022-01-23)
9. Vladimir Molkov; Effective diffusion coefficients through gypsum panels, 2012 http://www.hysafe.org/science/eAcademy/JSSFCH/.JSSFCH2012/MolkovVV_HazardsRelatedToHydrogenPropertiesAndComparisonWithOtherFuels.pdf (Hämtad 2022-01-23)
10. RAE, The PID Handbook Theory and Applications of Direct-Reading Photoionization Detectors Third edition. 2013.
11. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 110 Revision 3. 2014
12. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 67 Rev 2008
13. The United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 134 2019/795

14. Europaparlamentetets och rådets förordning (EG) nr 79/2009 av den 14 januari 2009 om typgodkännande av vätgasdrivna motorfordon och om ändring av direktiv 2007/46/EG (Hämtad 2022-01-23)
15. Lars Svensson; Människans tålighet mot luftstöt vågor FOI-R--3905--SE ISSN 1650-1942 Februari 2015
16. Exempel på händelser där gasbehållare penetrerar tegelfasad är vid branden vid Praxair 24 juni 2005 St. Louis <https://www.csb.gov/file.aspx?DocumentId=5642> (Hämtad 2022-01-23)
17. Anders From, Georg Wiberg; Kompletterande händelserapport Brand i biogasbuss Klaratunneln 2019-03-10 Storstockholms brandförsvär. 2019. <https://rib.msb.se/Filer/pdf/28893.pdf> (Hämtad 2022-01-23)
18. Alvarez J, Chetan K, Nilipour A, Xu Y, Ortlund R; Design and Analysis of a Rescue Shield for Explosion and Fire Protection January. 2016
19. Fortifikationsverkets Konstruktionsregler FKR 2011 Bilaga FortSkydd
20. The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, "Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases) CPR 14E 1997
21. Jonatan Gehandler & Anders Lönnermark; CNG vehicle containers exposed to local fires, RISE Rapport 2019:120
22. Mikael Hagberg, Johan Lindström, Petter Backlund; Olycksutredning Brand i gasbuss Gnistängstunneln, Göteborg 12 juli 2016. Dnr 0397/16
23. Marcus Runefors; Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag, MSB/Lunds tekniska högskola 2020.
24. Händelserapport från Södertörns brandförsvärsförbund, brand ute – fordon, Tomtbergavägen 370 Botkyrka, 2017-08-11.
25. Explosion CNG driven sopbil, Hamilton NJ <https://www.wastedive.com/news/update-investigators-determine-faulty-battery-caused-cng-truck-explosion-i/412842/> (Hämtad 2022-01-23)
26. Morgan Johansson, Luftstöt våg MSB448 2012.
27. Tryckkärlexplosion i biogasdriven sopbil, Olycksutredning, MSB1099 – april 2017.
28. Indianapolis, SIIT team investigation, 2017-06-27. <https://pdfslide.net/documents/ifd-siit-team-report-columbia-ave-ifd-siit-team-report-columbia-ave-incident-october.html> (Hämtad 2022-01-23)
29. Epost till MSB 2021-09-14 från Mikael Andersson Volvo MSB dnr 2022-04121-1; Öppningstryck för LNG systemets säkerhetsventiler är 15,9 bar (1560 kPa) respektive 18.6 bar (1860 kPa)
30. Corina Hulsbosch-Dam, Bilim Atli-Veltin, Jerry Kamperveen, Han Velthuis, Johan Reinders, Mark Spruijt and Lex Vredeveltdt; Thermodynamic aspects of an LNG tank in fire and experimental validation, TNO, Netherlands
31. Anders Molin; Tankexplosion i biogasdriven sopbil i Helsingborg Olycksutredning, Öresundskraft, juni 2017
32. Storlek på tankar för propan-butangasblandning <https://www.lpgshop.co.uk/lpg-tanks-sizes-chart/> (Hämtad 2022-01-23)
33. Ying Zhen Li; Fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels BRANDFORSK 2018:1

34. Expansionstal vid förångning av gasol <http://www.fogas.se/tips/om-gasol.html> (Hämtad 2022-01-23)
35. Presentation av brandförsök i LPG-fordon (både på hjulen och upp och ner) gjorda av brittiska Tactical Hazmat, vid Ricardos Hazmat conference 24-25/5 2017 Stratford-upon-Avon Storbritannien
36. Allmänt om olyckor med laddbara fordon <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/trafikolycka/trafikolycka-e-fordon/> (Hämtad 2022-01-23)

Operativt metodstöd



1. Brand	110	
1.1 Brand i personbil/lätt lastbil	111	
1.1.1 Brand CNG personbil/lätt lastbil	114	CNG
1.1.2 Brand LPG Personbil/lätt lastbil.....	119	LPG
1.1.3 Brand CHG Personbil/lätt lastbil	124	CHG
1.2 Brand i buss	129	
1.2.1 Brand CNG Buss	132	CNG
1.2.2 Brand LNG Buss.....	137	LNG
1.2.3 Brand CHG Buss.....	142	CHG
1.3 Brand i tung lastbil	147	
1.3.1 Brand CNG Tung lastbil.....	150	CNG
1.3.2 Brand LNG Tung lastbil.....	155	LNG
2. Trafikolycka	160	
2.1 Trafikolycka personbil/lätt lastbil	161	
2.1.1 Trafikolycka CNG personbil/lätt lastbil.....	164	CNG
2.1.2 Trafikolycka LPG personbil/lätt lastbil	169	LPG
2.1.3 Trafikolycka CHG personbil/lätt lastbil	174	CHG
2.2 Trafikolycka buss	179	
2.2.1 Trafikolycka CNG Buss.....	182	CNG
2.2.2 Trafikolycka LNG Buss.....	187	LNG
2.2.3 Trafikolycka CHG Buss.....	192	CHG
2.3 Trafikolycka tung lastbil	197	
2.3.1 Trafikolycka CNG Tung lastbil	200	CNG
2.3.2 Trafikolycka LNG Tung lastbil	205	LNG
3. Gasläckage	210	
4. Tunnlar	214	
5. Skydd	218	

| 1. Brand



1.1 Brand i personbil/lätt lastbil

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägaren fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Finns det även bensintank på fordonet? Pölbrand vid aktivering av tryckutjämningsanordning.
- Farligt gods i fordonet?
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella jetflammar eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflammar.
- Använd värmekamera för att bättre se jetflammar i dagsljus och ta med explosimeter (främst för att indikera gas efter släckning).
- Aktivering av tryckutjämningsanordningar kan få en brinnande personbil/lätt lastbil att komma i rullning, ofta framåt.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Är gastankar påverkade av brand eller mekaniskt våld?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera snabb släckning av fordon. Snabb släckning skyddar gastankar från att påverkas av brand.
- Använd vatten eller pulver för att släcka gasfordon. Undvik fordonsbrandfilt.
- Undvik att släcka jetflamma då släckning leder till okontrollerat gasutsläpp.
- Kyl ej tryckutjämningsanordningar.
- Var uppmärksam på eventuella förändringar av gastankarnas status.
- Se till att zonindelningen är anpassad till situationen och att avspärningar upprätthålls.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryckkärlexplosion.

- Om riskbedömning medger arbete nära fordonet – minimera tiden i riskområdet och prioritera utrymning av riskområdet. Ge vård utanför riskområdet.
- Någon minuts flammor mot tankar innebär inte explosionsrisk.
- Om släckning övervägs – använd backande tankbil eller höjdfordon med obemannad vattenkanon utanför *förbjudet område*.
- Hindra och begränsa brandspridning till närliggande objekt/byggnader – arbeta från skydd/obemannad kylning.
- När branden är släckt och tankar enbart blivit mekaniskt påverkade, se flik **trafikolycka**.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



Zonindelning/avspärning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån aktuellt riskavstånd, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadeplats till exempel: bebyggelse inom riskområdet. Vid risk för tryckkärlexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik **skydd**.
- Utrym *het*, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärning/utrymning/inrymning vid behov.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik skydd.
- Släckning från 30 m från backande tankbil eller obemannad vattenkanon i höjdfordonskorg ger personalen skydd från jetflamma och tryckkärlexplosion.



Avslutande åtgärder

- När branden är släckt och fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journumret.
- Vid behov – töm skadad bensintank.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



1.1.1 Brand CNG personbil/lätt lastbil

- Ofta flera tankar i samma fordon, oftast runt 50–60 liter styck, men upp till 90 liter förekommer.
- Tankarna består av stål eller kompositmaterial alternativt en kombination av dessa med ca. 200 bar arbetstryck.
- Tankarna inneslutna i nedre, bakre delen av fordonet. Över eller under bottenplattan alternativt både och beroende på fabrikat och utförande.
- Tankar placerade ovanför bottenplattan är mer utsatta för brand i kupé.
- Efter att en tryckutjämningsanordning har aktiverats är risken för tryckkärlexplosion liten för den tanken.
- De flesta fabrikat och utföranden har både gastankar och en bensintank.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



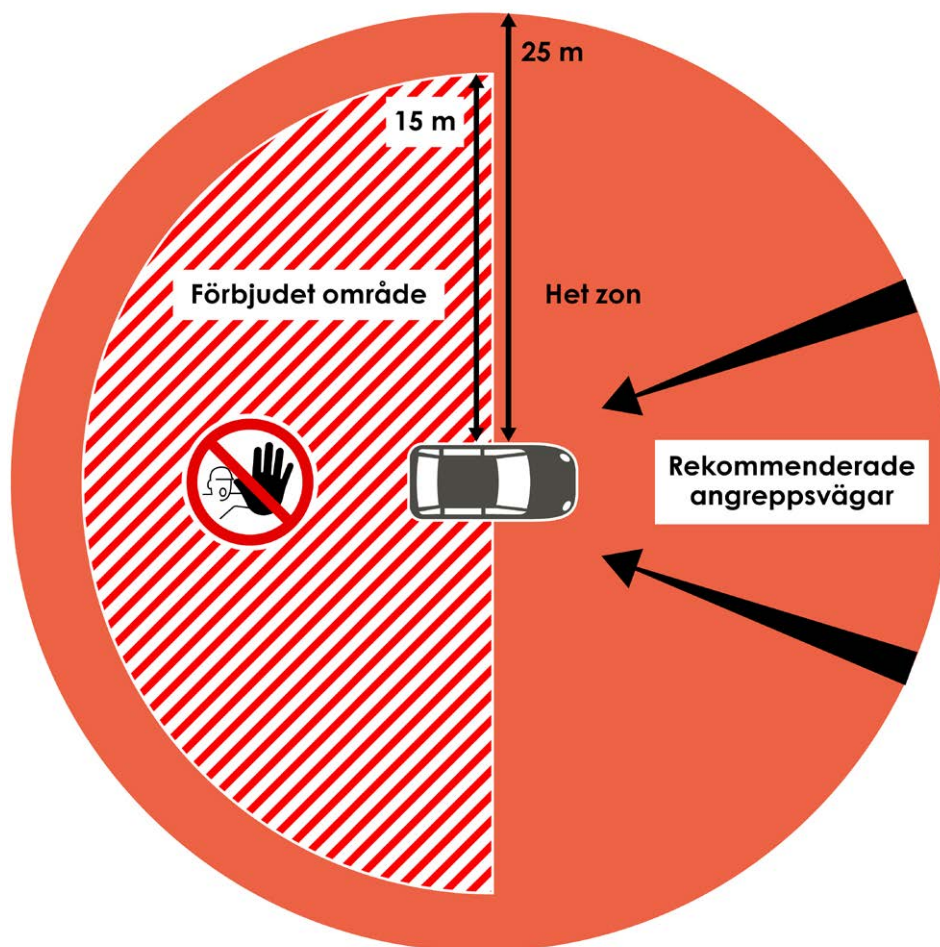
CNG

LNG

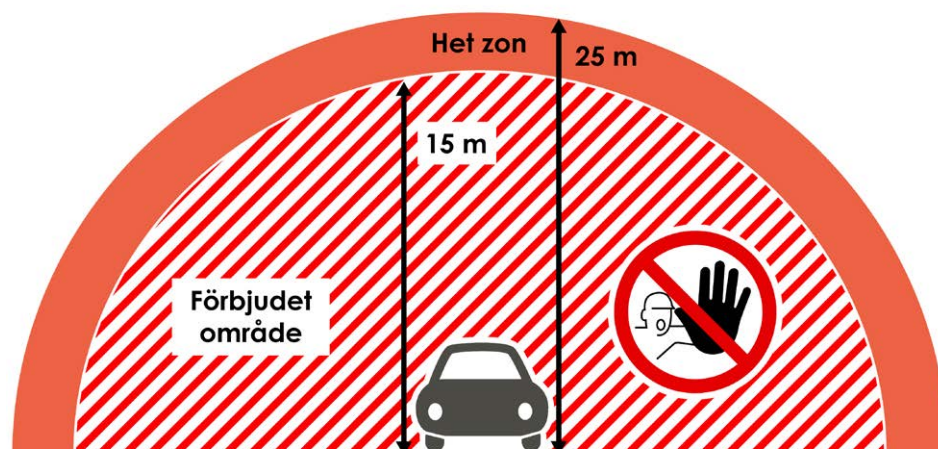




Figur 43. CNG, Personbil/lätt lastbil, Jetflamma (ovanifrån)



Figur 44. CNG, Personbil/lätt lastbil, Jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

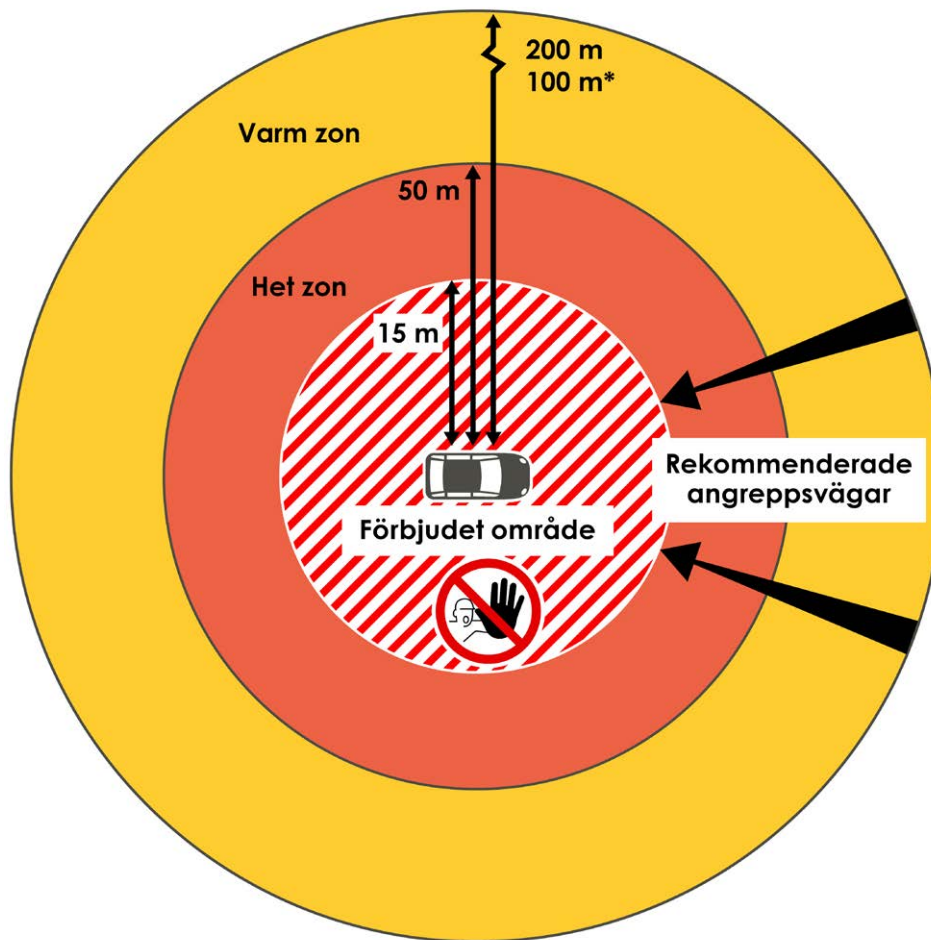


CNG

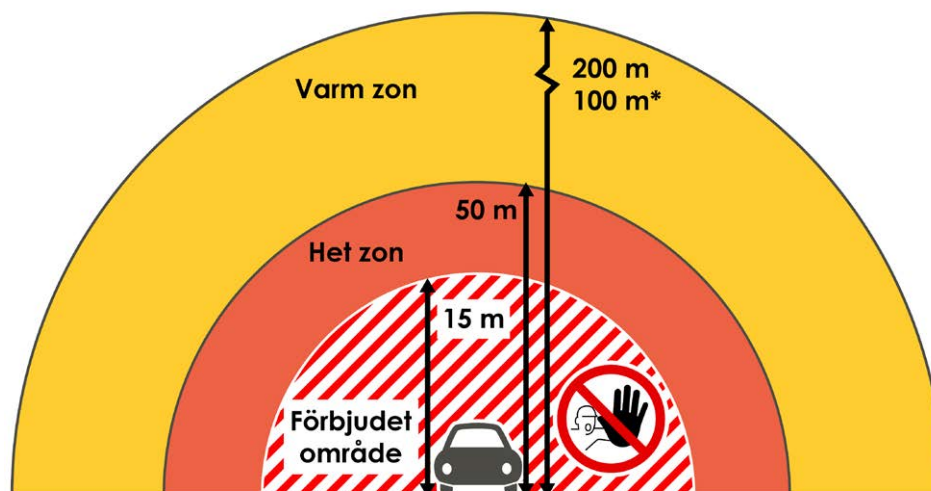
LNG



Figur 45. CNG, Personbil/lätt lastbil, Tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



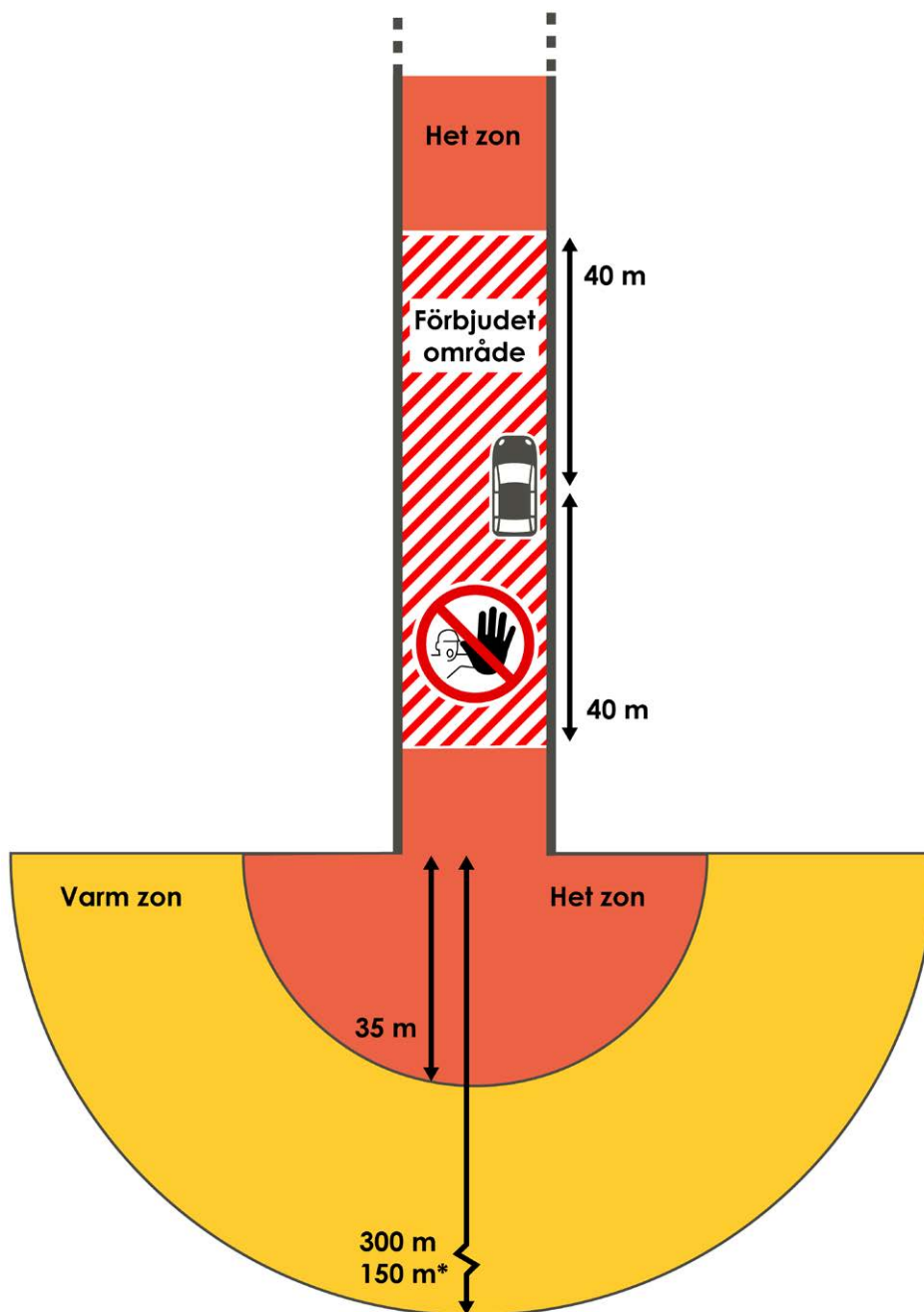
Figur 46. CNG, Personbil/lätt lastbil, Tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 47. CNG, Personbil/lätt lastbil, Tryckkärlsexplosion, Tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

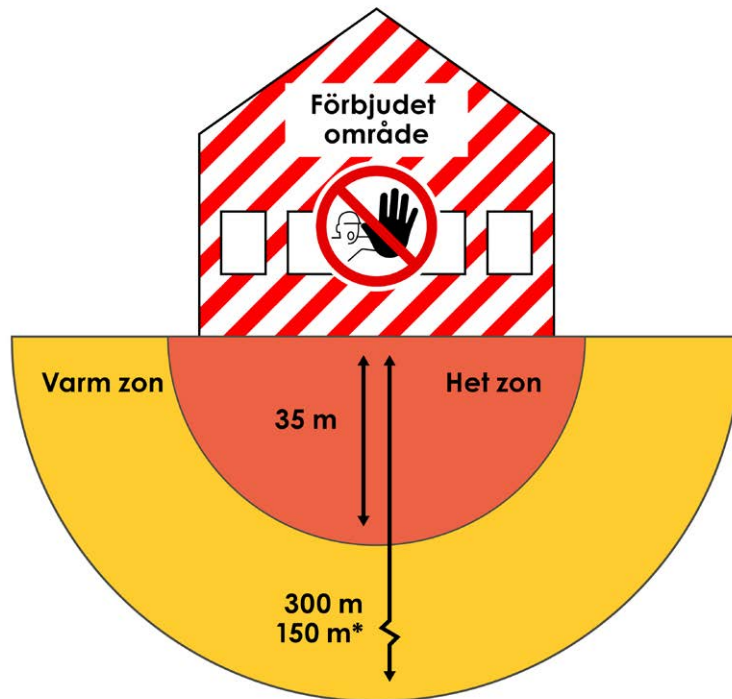
LNG



Riskområde tryckkärlsexplosion inomhus

Riskområden för aktuell fordonstyp i tunnel utgör utgångspunkt även när det gäller tryckkärlsexplosion inomhus, se nedan:

Figur 48. Riskavstånd vid risk för tryckkärlsexplosion inomhus, CNG, personbil/lätt lastbil.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





1.1.2 Brand LPG Personbil/lätt lastbil

- Oftast en tank, vanlig tankvolym mindre än 100 liter totalt. Upp till 200 liter förekommer men är ej vanligt.
- Tank består av stål med arbetstryck mindre än 14 bar.
- Godstjockleken i en gastank för LPG är betydligt tunnare än i tankar för tryckkomprimerad metangas. Detta på grund av det låga arbetstrycket
- Tanken är innesluten i fordonet, oftast ovanför bottenplattan i utrymmet under bakre bagageutrymme, där reservhjul brukar finnas och har därför ofta formen av ett bildäck.
- Andra tankplaceringar och utföranden förekommer men är mindre vanliga.
- Både smältsäkring (värme) och säkerhetsventil (tryck) förekommer på propan-butangasbilar.
- LPG-tank försedd med säkerhetsventil öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen aldrig stänger igen.
- På grund av det kan en jetflamma uppstå igen efter att ha slocknat från en tryckaktiverad säkerhetsventil.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning-risk för frysning av tryck-utjämningsanordning.
- En synlig flamma utanför fordonet är en indikation på tillräcklig tryck-avlastning från en tryckutjämningsanordning från propan-butantank innebär mindre risk för tryckkärlsexplosion.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

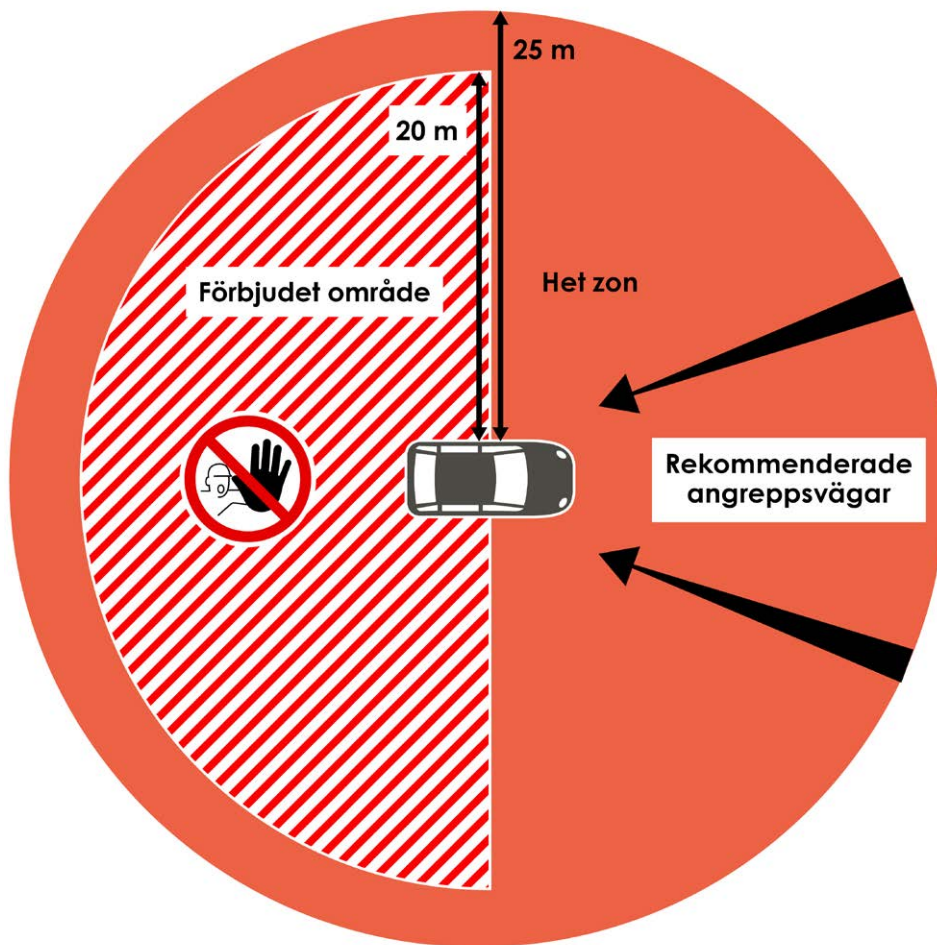


CNG

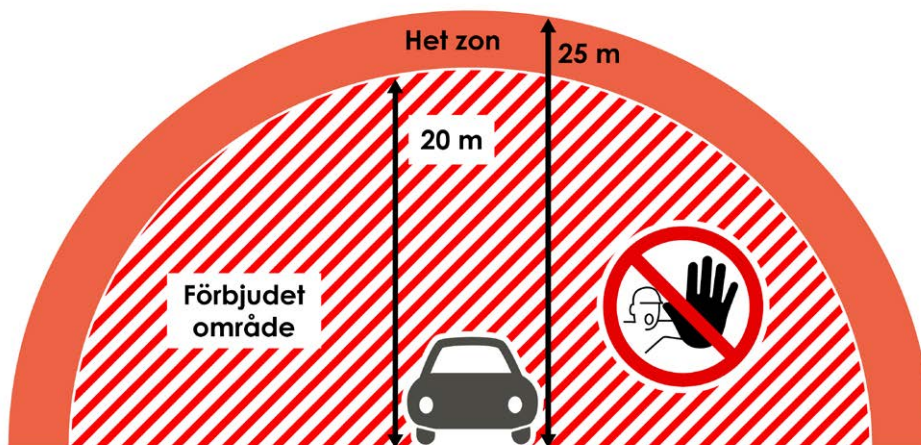
LNG



Figur 49. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



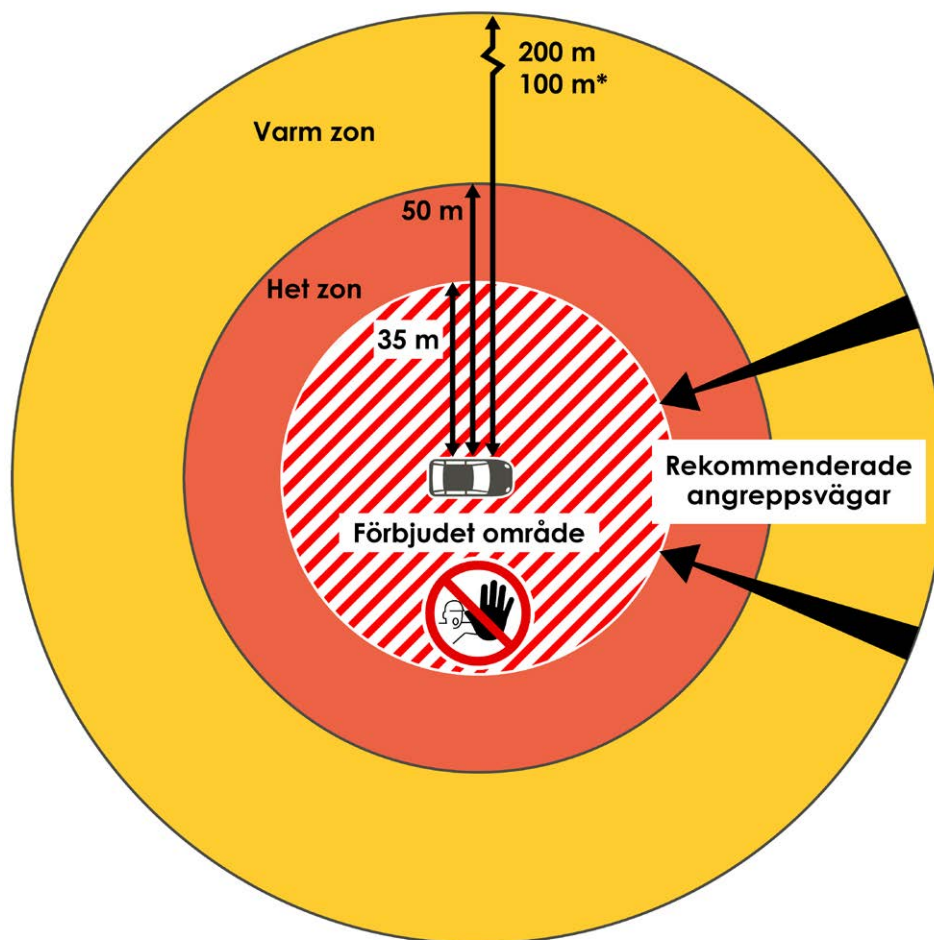
Figur 50. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



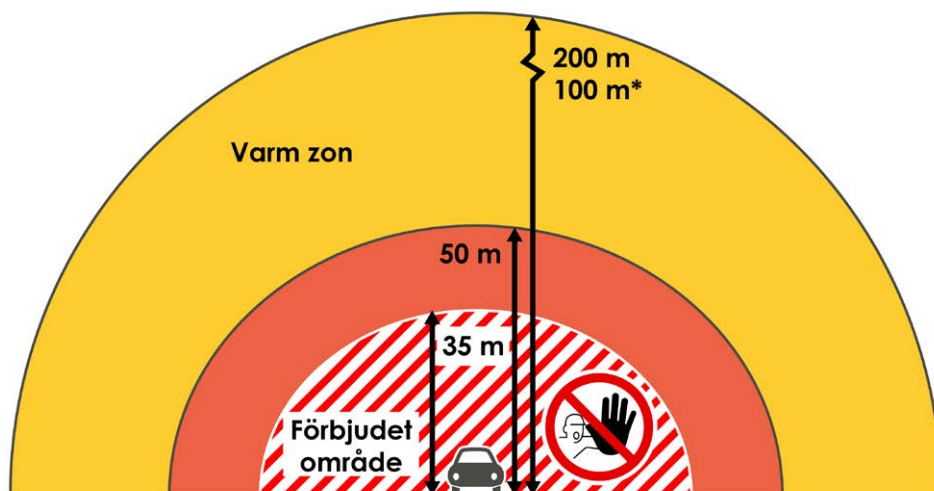
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 51. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 52. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

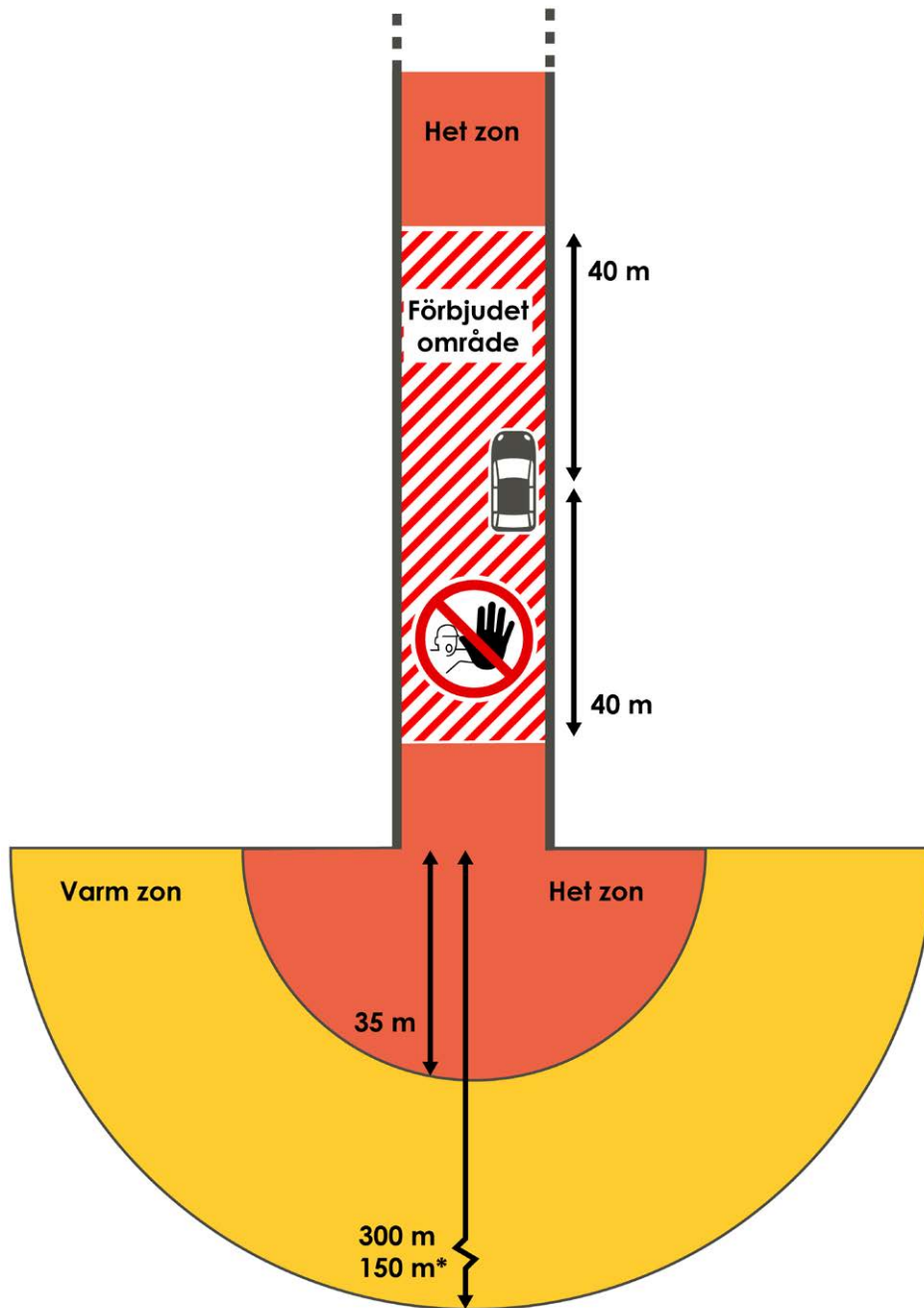


CNG

LNG



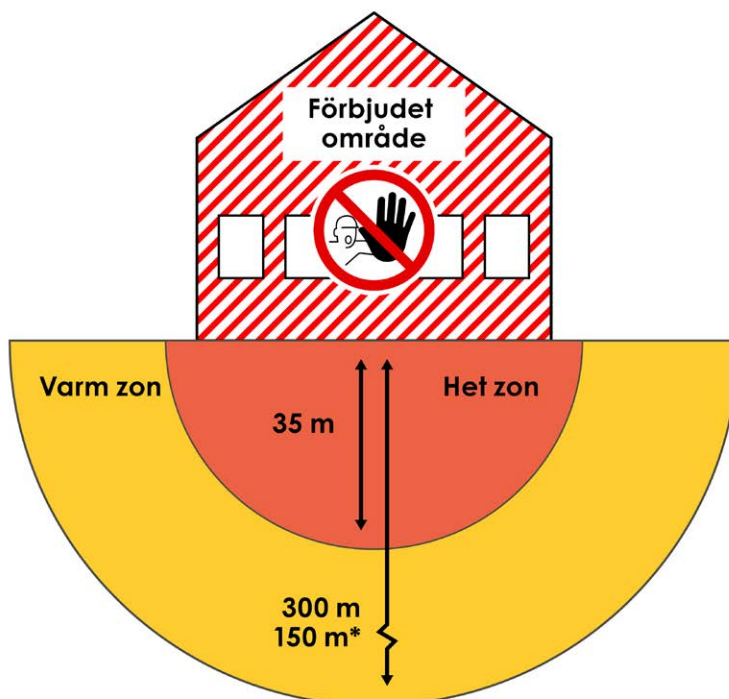
Figur 53. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 54. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



1.1.3 Brand CHG Personbil/lätt lastbil

- Ofta flera tankar i samma fordon, vanlig tankvolym upp mot ca. 120 liter styck.
- Tankarna består av en kombination av stål och kompositmaterial alternativt enbart av kompositmaterial med ca. 700 bar arbetstryck.
- Tankarnas höga tryck och krav på täthet mot vätgas kräver kraftigare godstjocklekar, upp till 30 mm. Tankarna inneslutna i nedre delen av fordonet.
- Om gasläckage uppstår i ett vätgasfordon finns gasvarningssystem som varnar föraren visuellt vid 3 volymprocent (75 procent av LEL).
- Om vätgaskoncentrationen i luft överstiger 4 volymprocent i ett vätgasfordon (100 procent av LEL) ska huvudavstängningsventilen stängas automatiskt.
- Den vätgas som släpps ut från avblåsningsanordning på vätgasfordon riktas nedåt, uppåt, snett bakåt eller åt sidorna (risk för jetflamma i främsta riktningarna).
- Riktningen för avblåsningsanordningen kan påverkas om tankarna flyttats eller påverkats vid till exempel en krock.
- Vätgas avger bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att jetflammar som uppstår när tryckutjämningsanordning utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



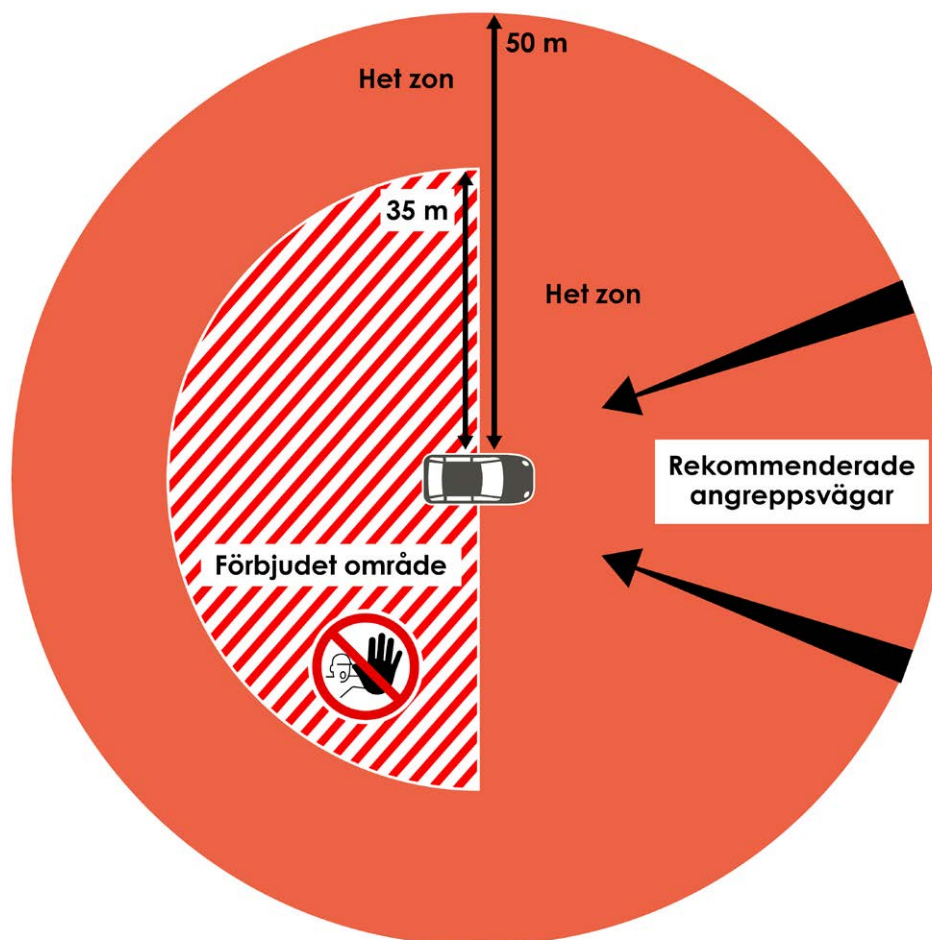
CNG

LNG

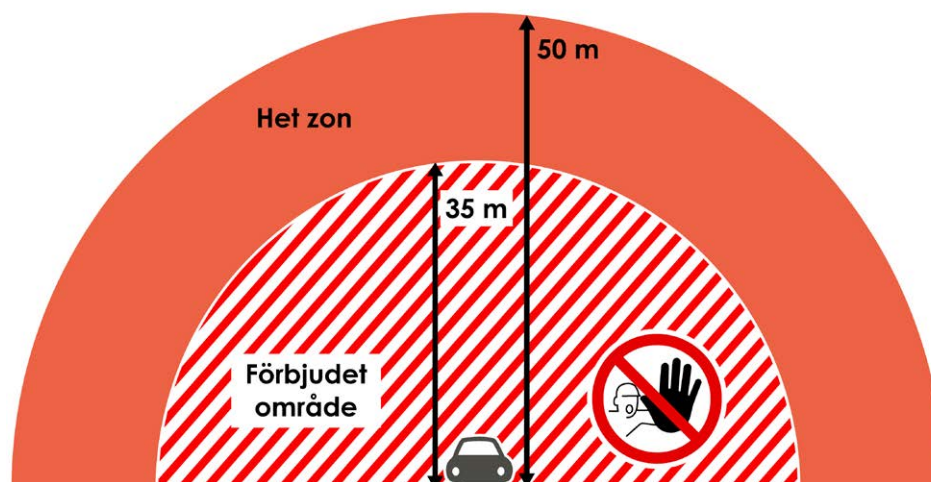




Figur 55. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 56. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

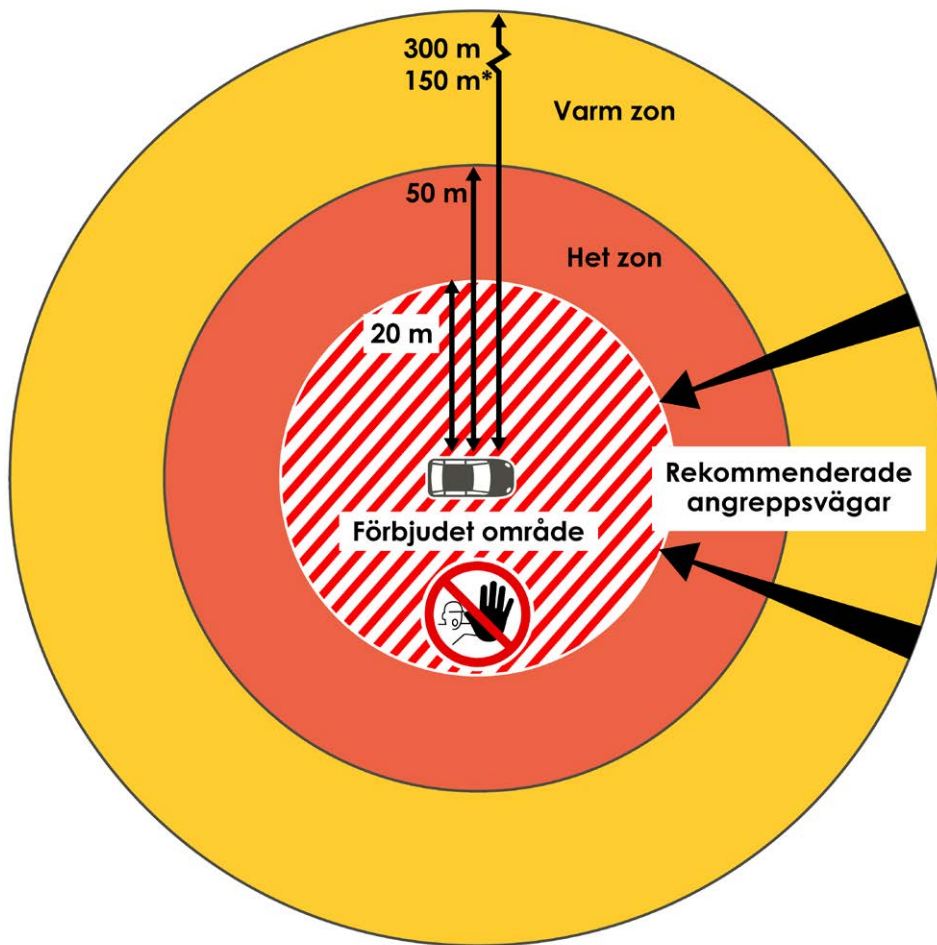


CNG

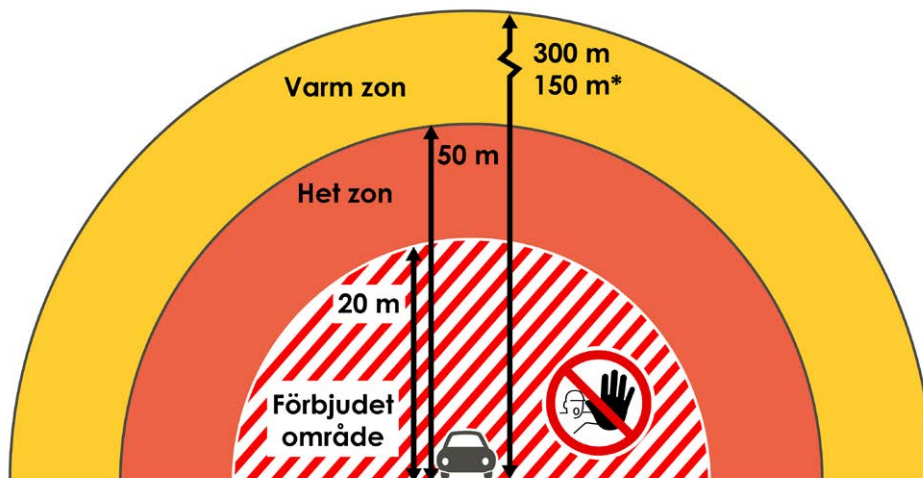
LNG



Figur 57. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



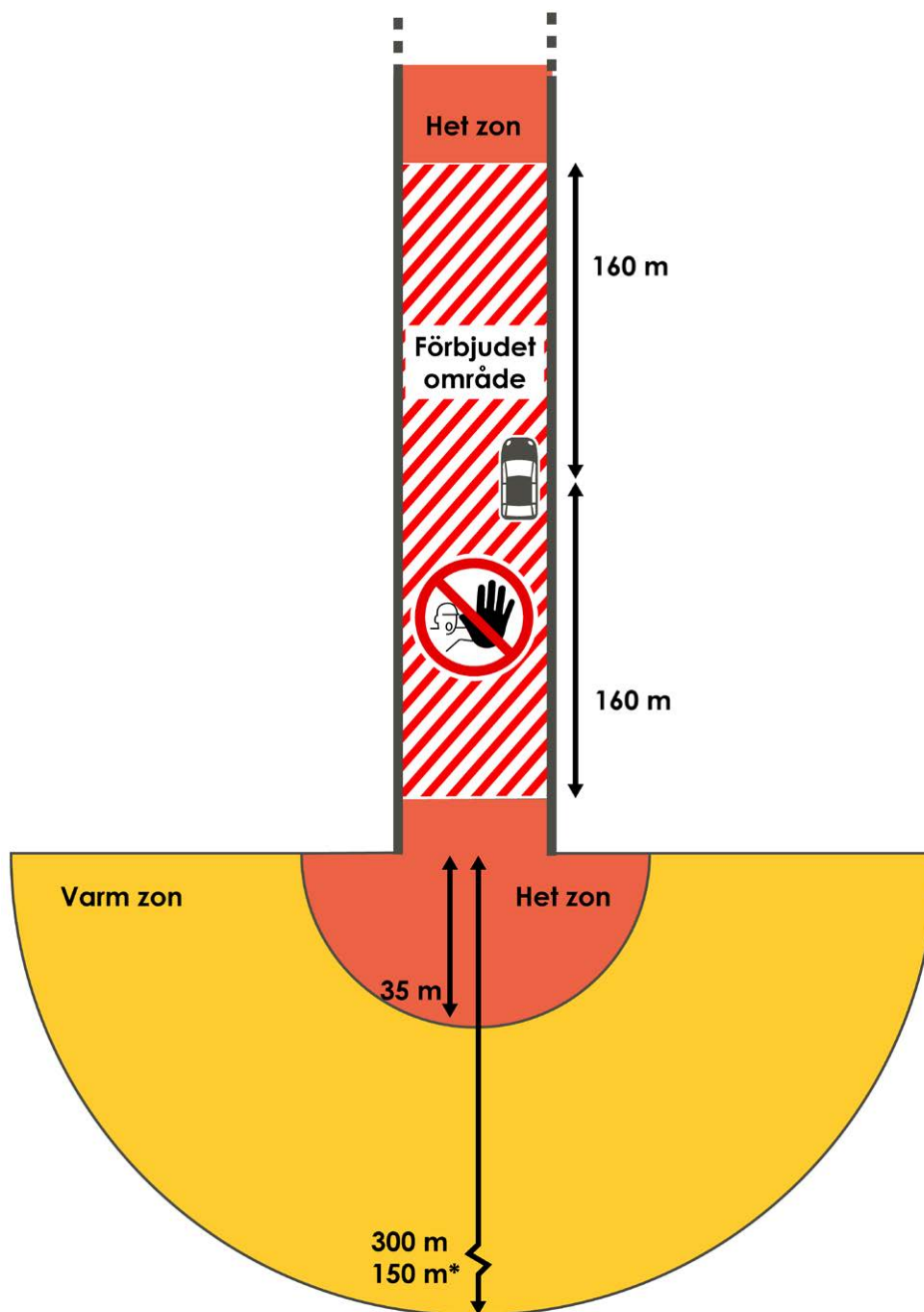
Figur 58. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 59. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

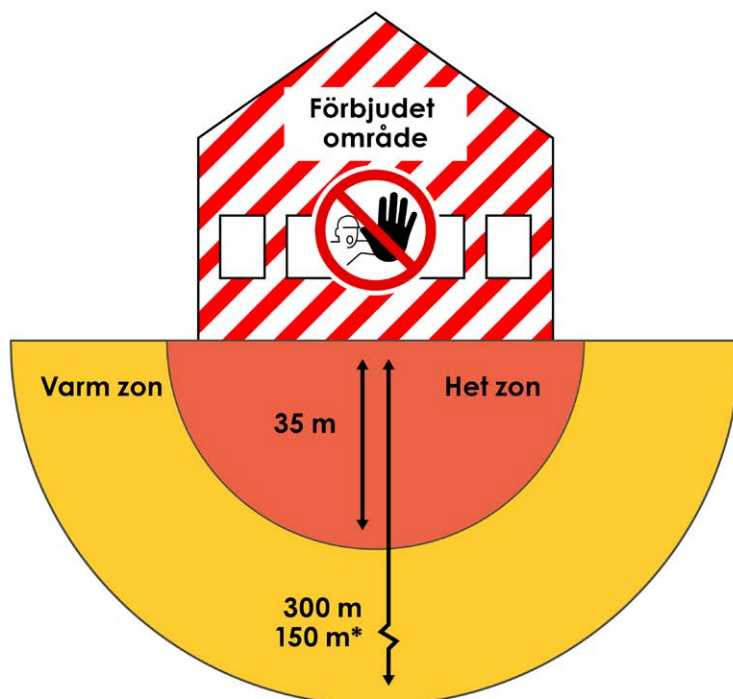
CHG



CNG

LNG



Figur 60. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus

CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





1.2 Brand i buss

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägare fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud.
- Var uppmärksam på eventuella jetflammar eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflammar.
- Använd värmekamera för att bättre se jetflammar i dagsljus och ta med explosimeter (främst för att indikera gas efter släckning).



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Är gastankar påverkade av brand eller mekaniskt våld?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera snabb släckning av fordon. Snabb släckning skyddar gastankar från att påverkas av brand.
- Använd vatten eller pulver för att släcka gasfordon. Undvik fordonsbrandfilt.
- Undvik att släcka jetflamma då släckning leder till okontrollerat gasutsläpp.
- Kyl ej tryckutjämningsanordningar.
- Var uppmärksam på eventuella förändringar av gastankarnas status.
- Se till att zonindelningen är anpassad till situationen och att avspärrningar upprätthålls.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryckkärlexplosion.

- Om riskbedömning medger arbete nära fordonet – minimera tiden i riskområdet och prioritera utrymning av riskområdet. Ge vård utanför riskområdet.
- Någon minuts flammor mot tankar innebär inte explosionsrisk.
- Om släckning övervägs – använd backande tankbil eller höjdfordon med obemannad vattenkanon utanför *förbjudet område*.
- Hindra och begränsa brandspridning till närliggande objekt/byggnader – arbeta från skydd/obemannad kylning.
- När branden är släckt och tankar enbart blivit mekaniskt påverkade, se flik **trafikolycka**.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



Zonindelning/avspärrning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån zonindelningsexempel för aktuell risk, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadepplats till exempel: bebyggelse inom riskområdet.
- Vid risk för tryckkärlexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik **skydd**.
- Utrym het, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärrning/utrymning/inrymning vid behov.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik skydd.
- Släckning från 30 m från backande tankbil eller obemannad vattenkanon i höjdfordonskorg ger personalen skydd från jetflamma och tryckkärlexplosion.



Avslutande åtgärder

- När branden är släckt och fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journumret.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



1.2.1 Brand CNG Buss

- Flera tankar, 200 bar arbetstryck och volym på 200–340 liter styck och ca. 1 600 liter totalt.
- Tankarna består av kompositmaterial med aluminium eller plast inuti.
- Tankarna finns under en kåpa på taket ca. 3 meter över mark. Därmed utsatta vid höjdhinder som tunnel och viadukt.
- Kåpan är av plast eller kompositmaterial.
- Komposittankar har sämre värmetålighet än stålflaskor vilket gör dem mer känsliga för skador vid brand.
- Tankarnas placering på taket gör dem utsatta vid brand inne i bussen.
- Tankarna kan vara placerade tvärs fordonets längdriktning, eller i fordonets längdriktning, beroende på fordonets fabrikat och utförande.
- Då en brand går igenom sidorutorna medför tankar placerade på taket tvärs fordonets längdriktning bättre förutsättningar till aktivering av smältsäkring och tryckavlastning än då tankarna är placerade i fordonets längdriktning.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



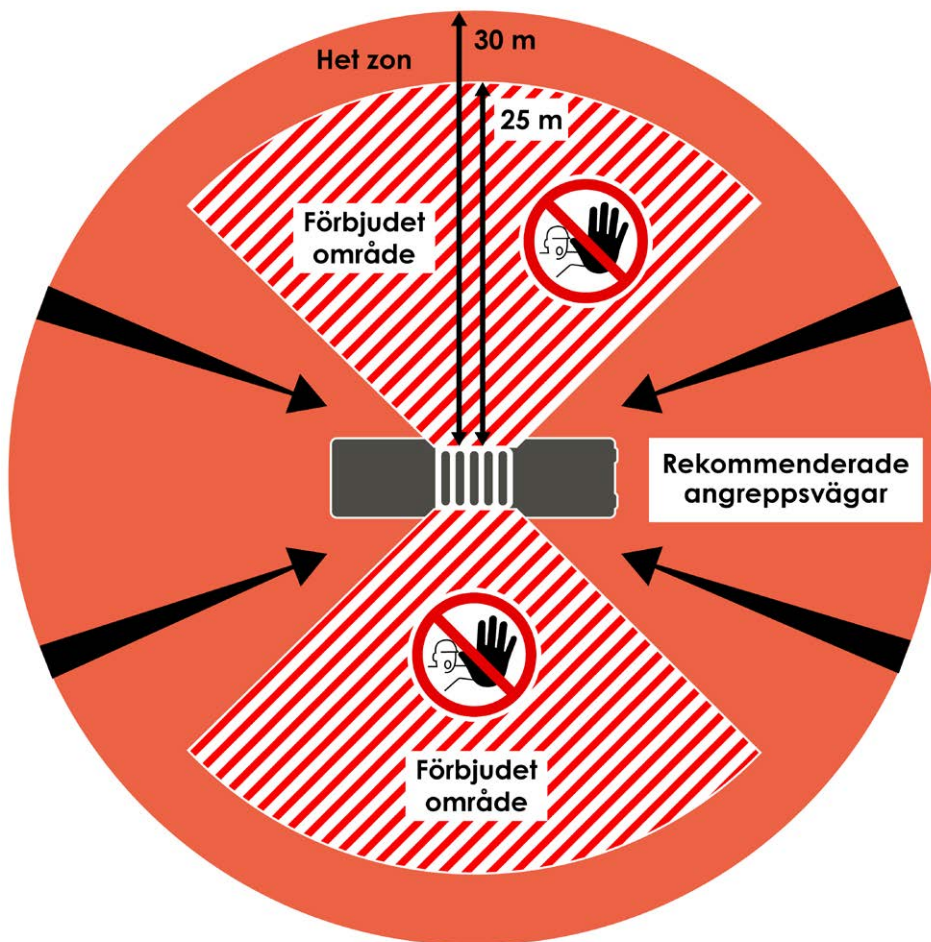
CNG

LNG

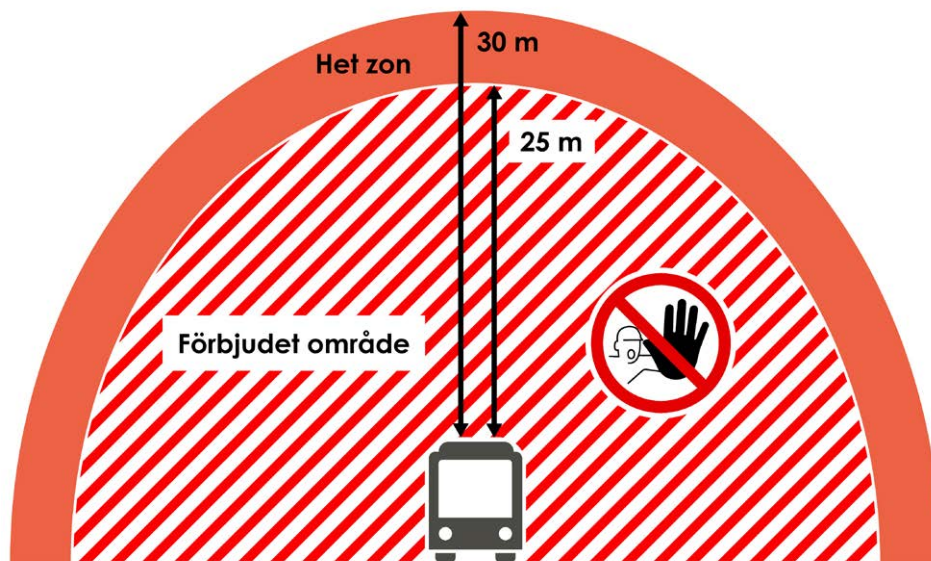




Figur 61. CNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 62. CNG, buss, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

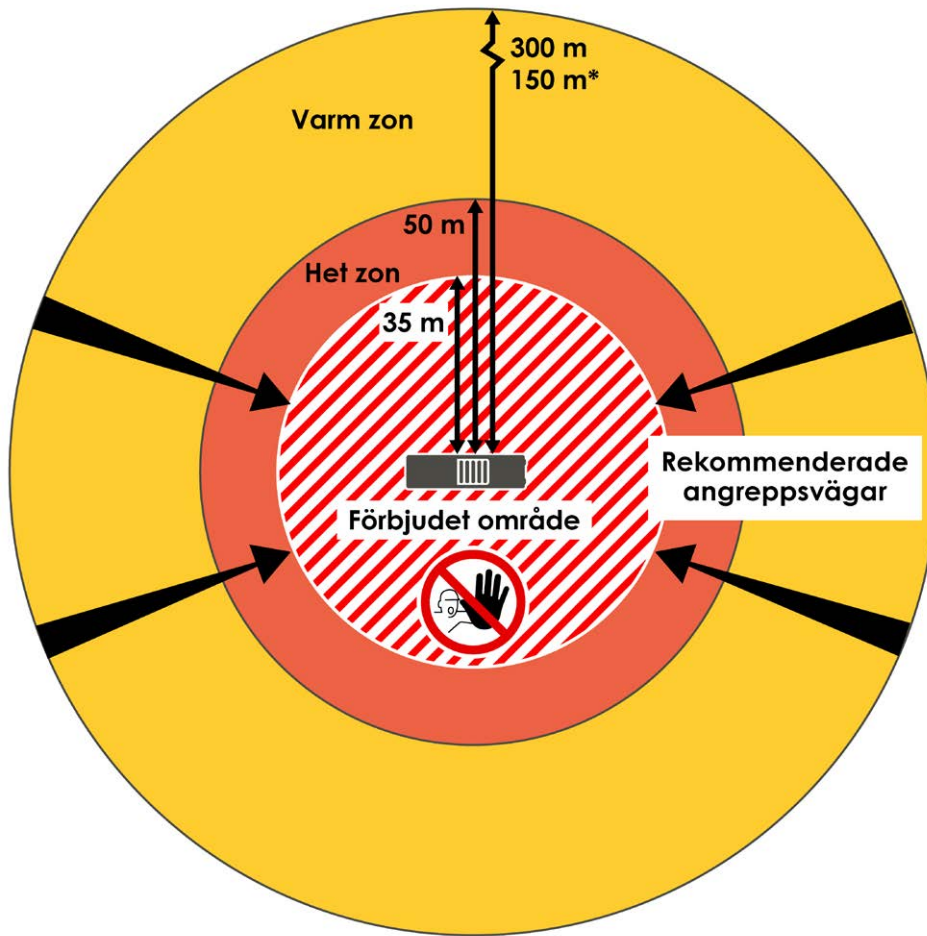


CNG

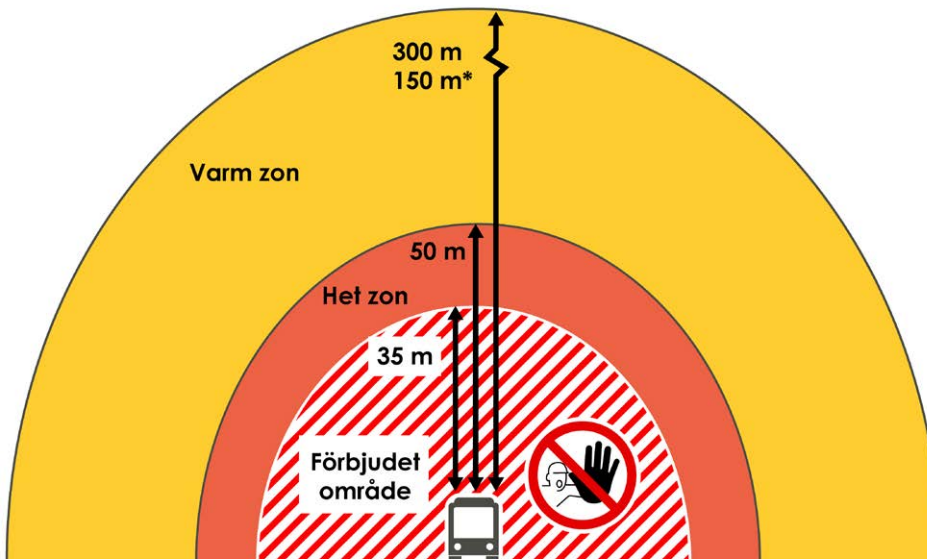
LNG



Figur 63. CNG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



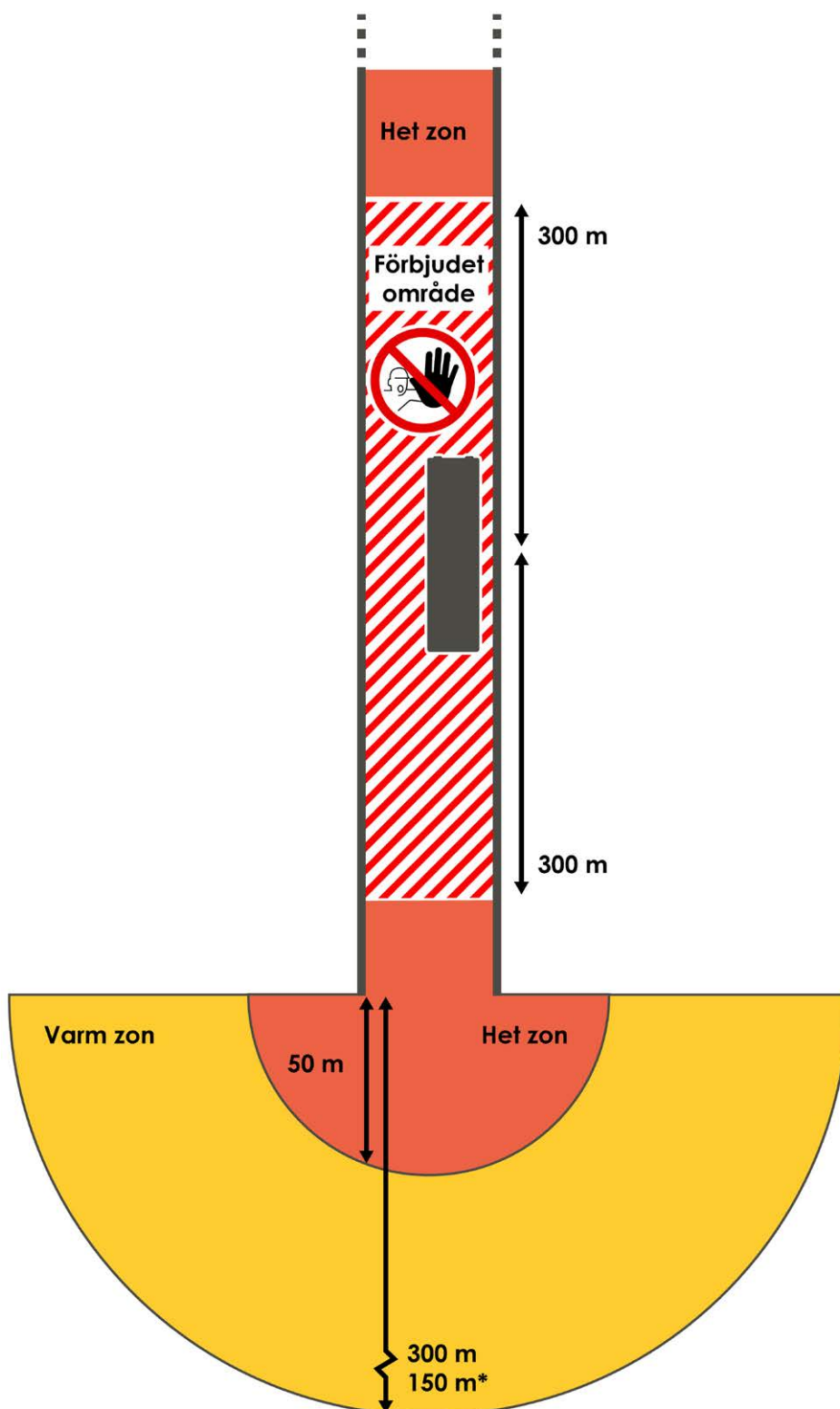
Figur 64. CNG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 65. CNG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

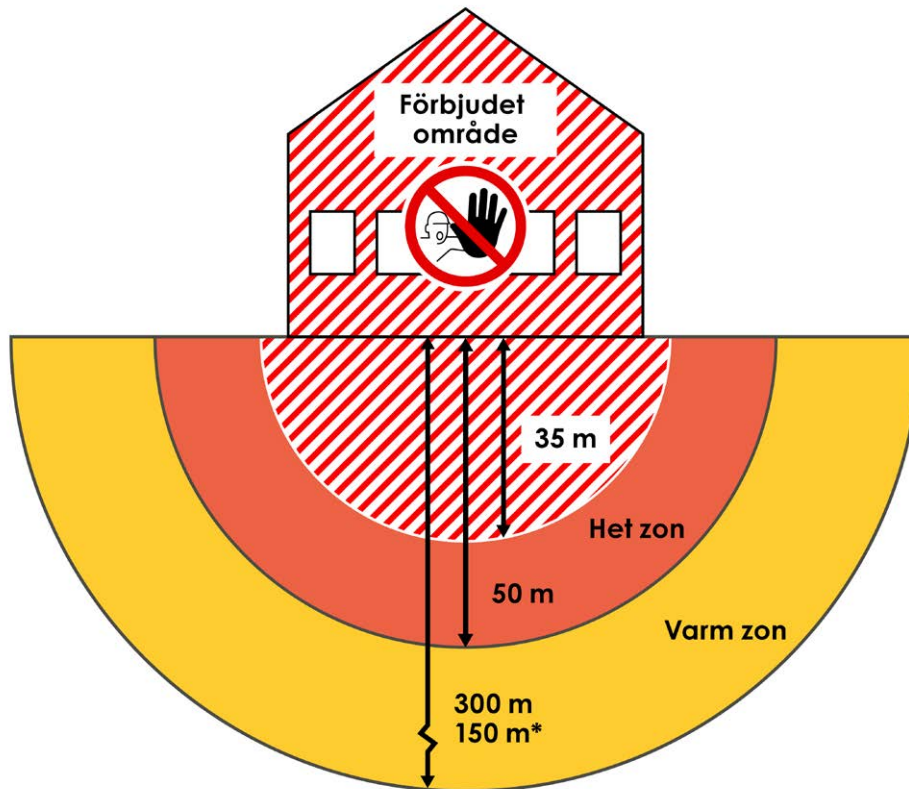


CNG

LNG



Figur 66. CNG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





1.2.2 Brand LNG Buss

- Ofta två tankar, oftast mellan 400–600 liter styck.
- Tankar av stål, dubbla väggar med isolering mellan väggarna. Arbetstryck under 16 bar.
- Tankarna är inneslutna i nedre delen av fordonskonstruktionen, alltså inte takmonterade. Kan vara placerade på flera olika ställen i fordonet.
- Tankarna har säkerhetsventiler som vanligen öppnar när trycket överstiger 16 bar samt ytterligare en säkerhetsventil som öppnar vid upp mot 24 bar.
- Så länge säkerhetsventilerna är oskadade skyddar de tankar från tryckkärls-explosion även vid yttre flampåverkan i upp mot två timmar.
- Säkerhetsventilen (tryckaktiverad) öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen inte stänger efter aktivering.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning – risk för frysning av tryck-utjämningsanordning.
- Manometertrycket ger en indikation på om utsläpp av gas kan ske under insats.
- Avblåsningsledning som i huvudsak mynnar ovanför bussen.
- Slang mellan tank och denna ledning kan skadas av brand med konsekvens att jetflamma från säkerhetsventil kan riktas mot fordonsdelar eller kupé.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

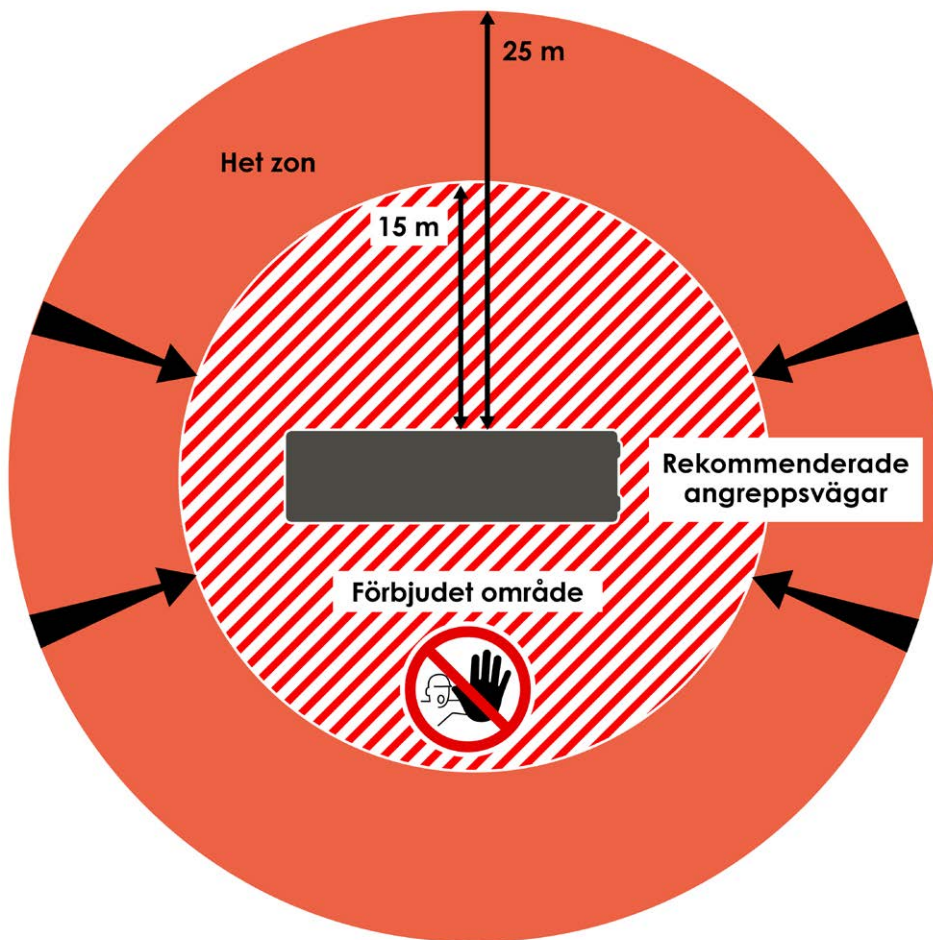


CNG

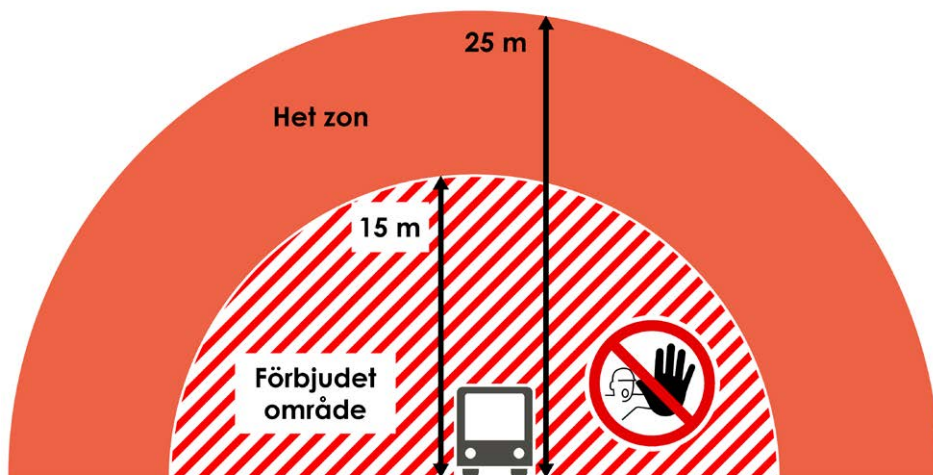
LNG



Figur 67. LNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



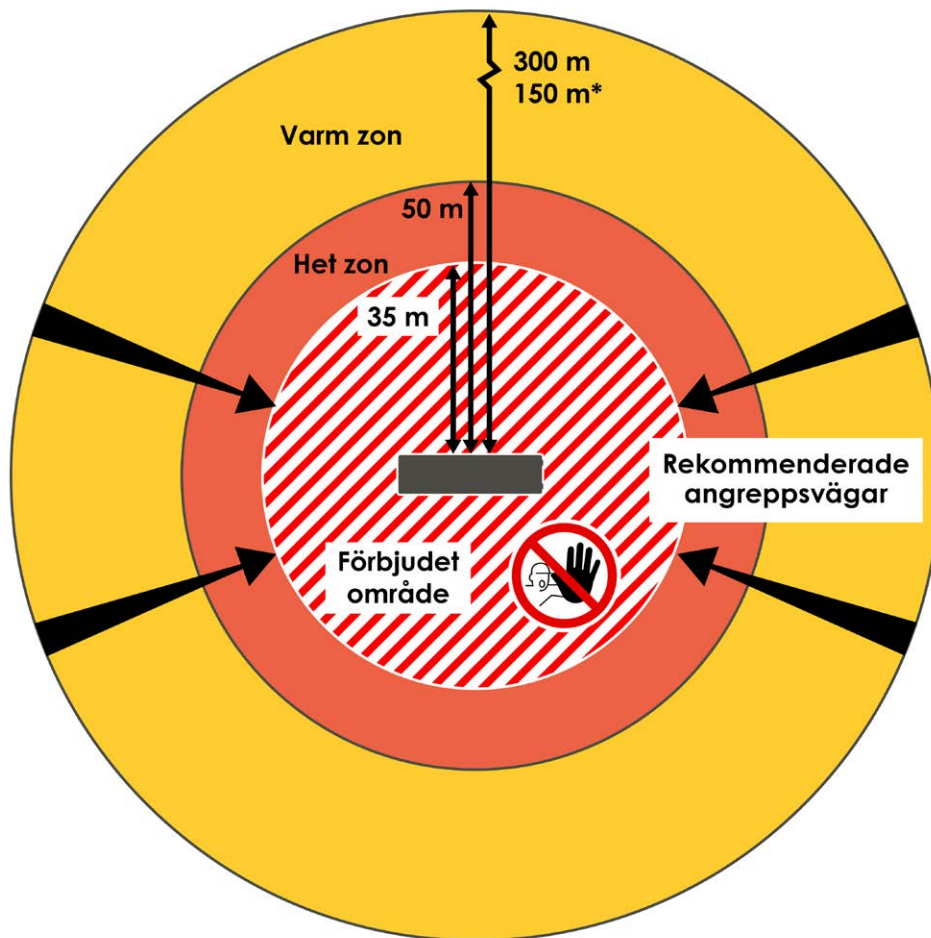
Figur 68. LNG, buss, jetflamma (framifrån)



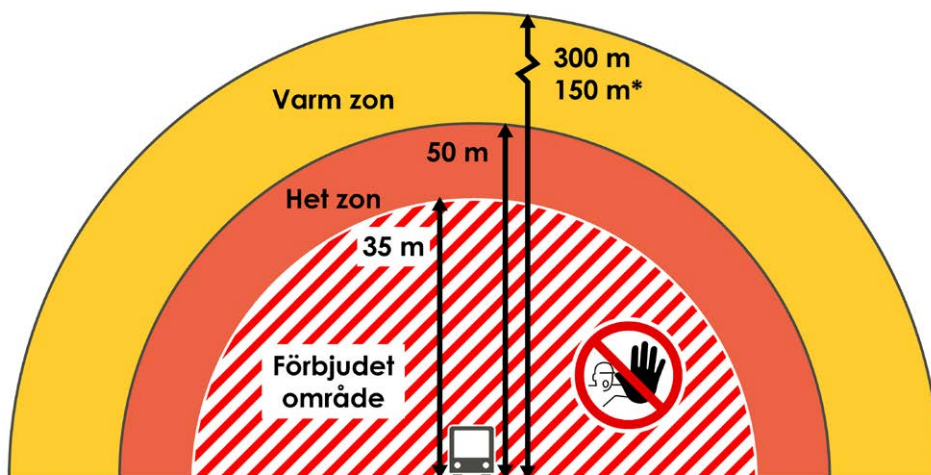
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 69. LNG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 70. LNG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

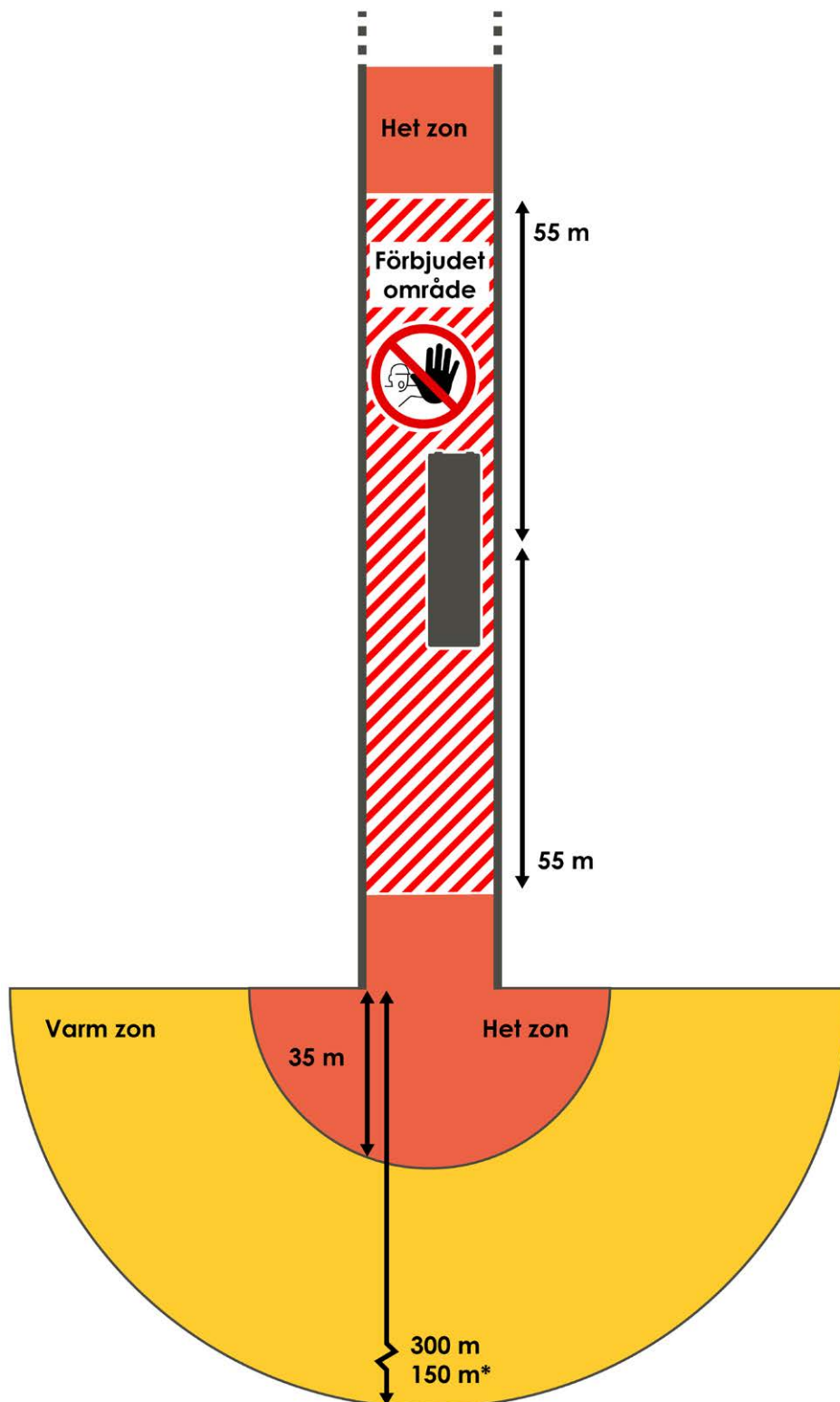


CNG

LNG



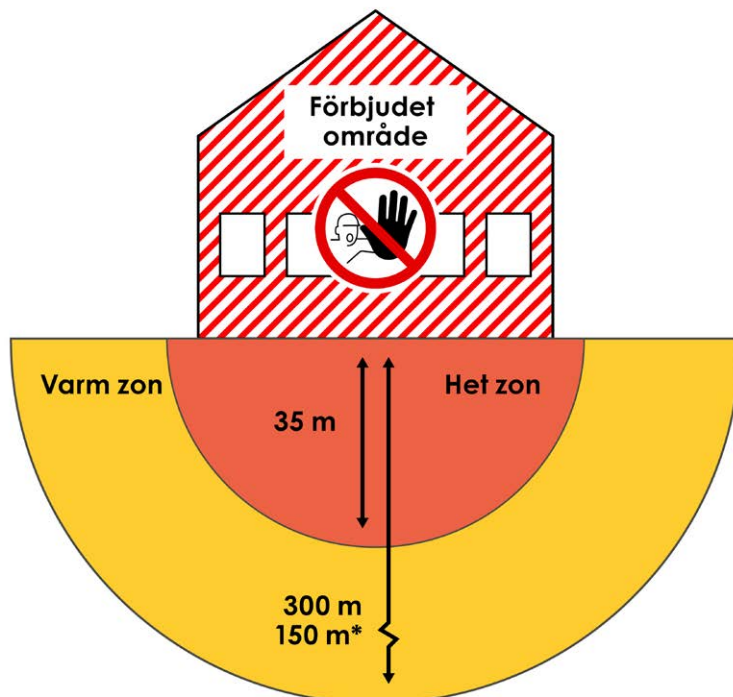
Figur 71. LNG, buss, tryckkärlexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 72. LNG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



1.2.3 Brand CHG Buss

- Flera tankar med volym på upp mot 600 liter styck.
- Tankarna består av en kombination av metall- och kompositmaterial alternativt enbart av kompositmaterial med ca. 350 bar arbetstryck.
- Tankarna är inneslutna av en plast- eller kompositkåpa.
- Tankarna är placerade på taket, ca. 3 meter över mark. Därmed utsatta vid höjdhinder som tunnel och viadukt.
- Tankarnas höga tryck och krav på täthet mot vätgas kräver kraftigare godstjocklekar, upp till 30 mm.
- Den vätgas som släpps ut från avblåsningsanordning på vätgasfordon riktas nedåt, uppåt, snett bakåt eller åt sidorna (risk för jetflamma i främst de riktningarna).
- Riktningen för avblåsningsanordningen kan påverkas om tankarna flyttats eller påverkats vid till exempel en krock.
- Vätgas avger bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att jetflammar som uppstår när tryckutjämningsanordning utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



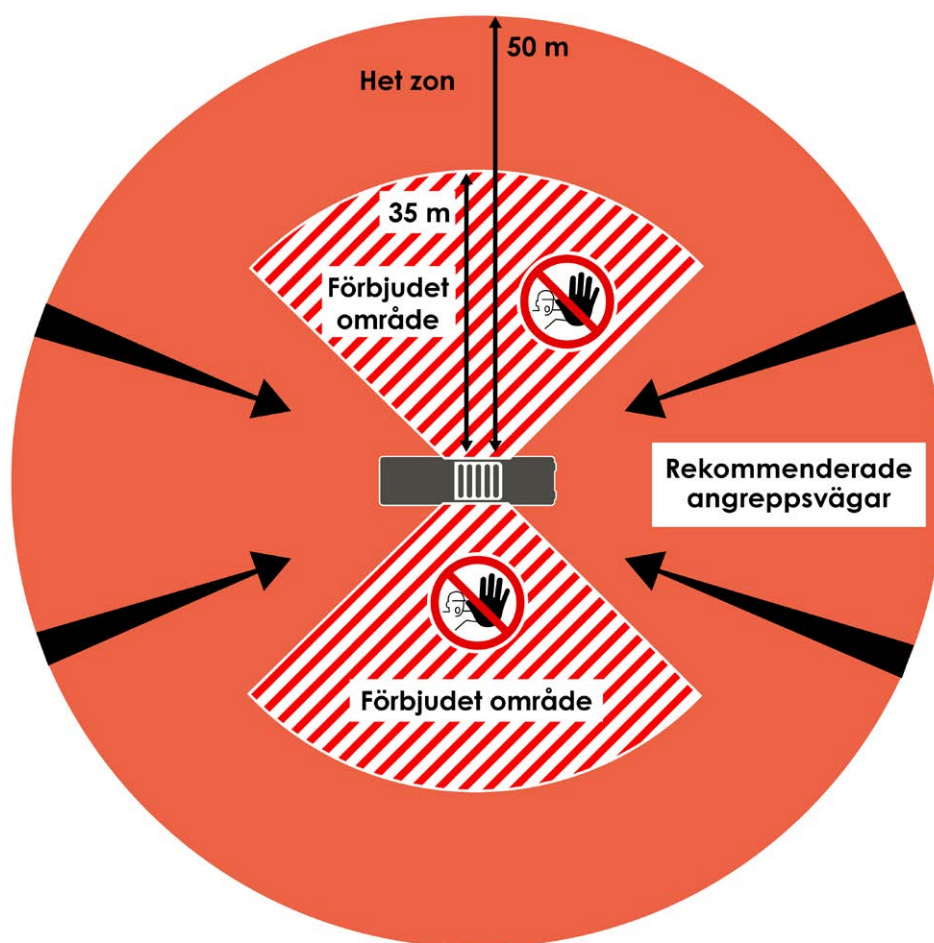
CNG

LNG

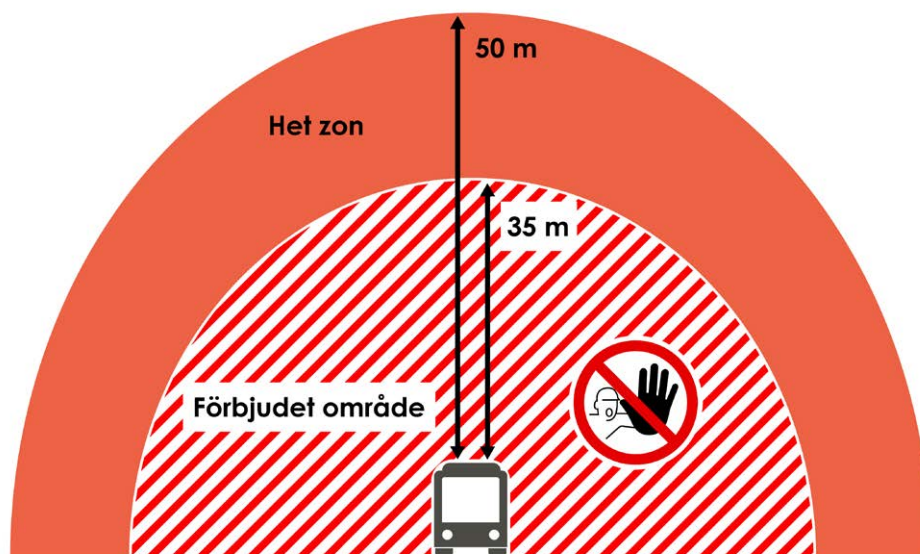




Figur 73. CHG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 74. CHG, buss, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

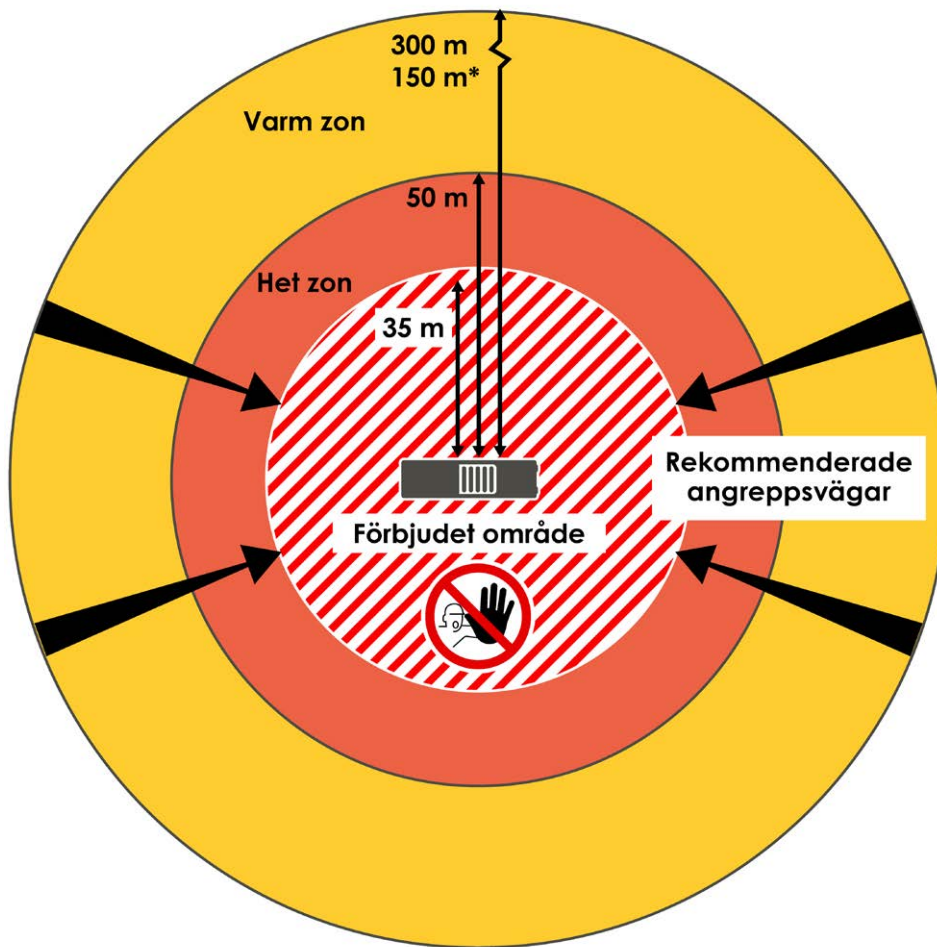


CNG

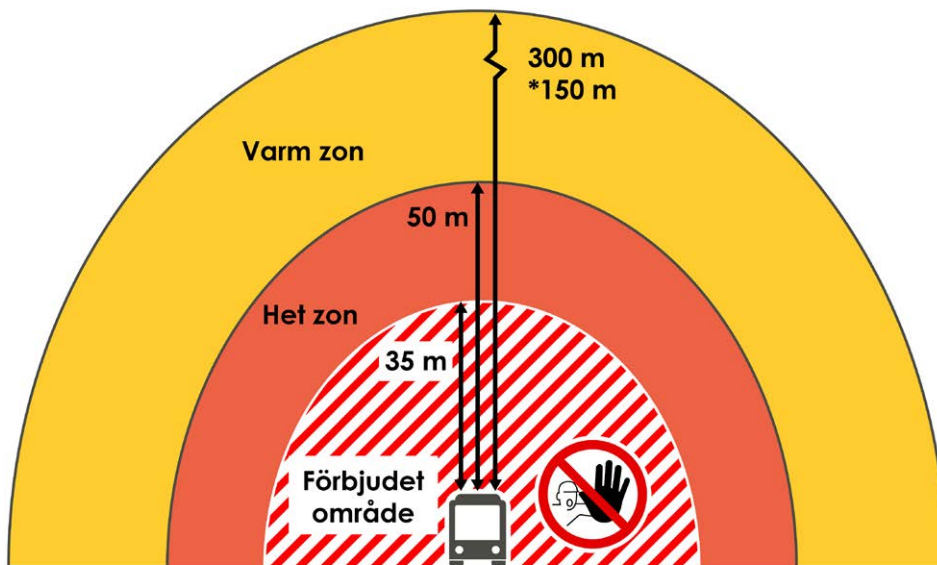
LNG



Figur 75. CHG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



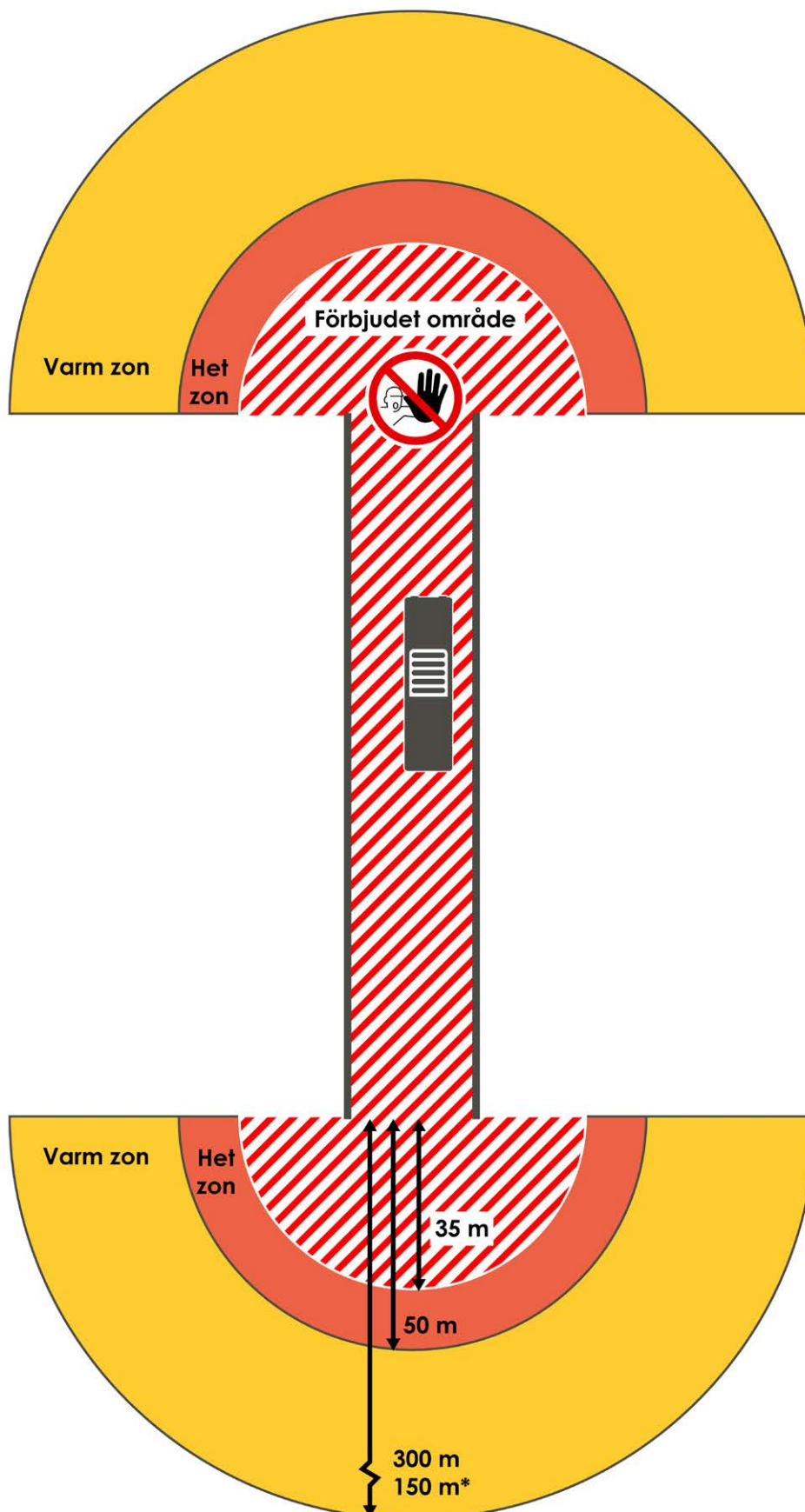
Figur 76. CHG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 77. CHG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

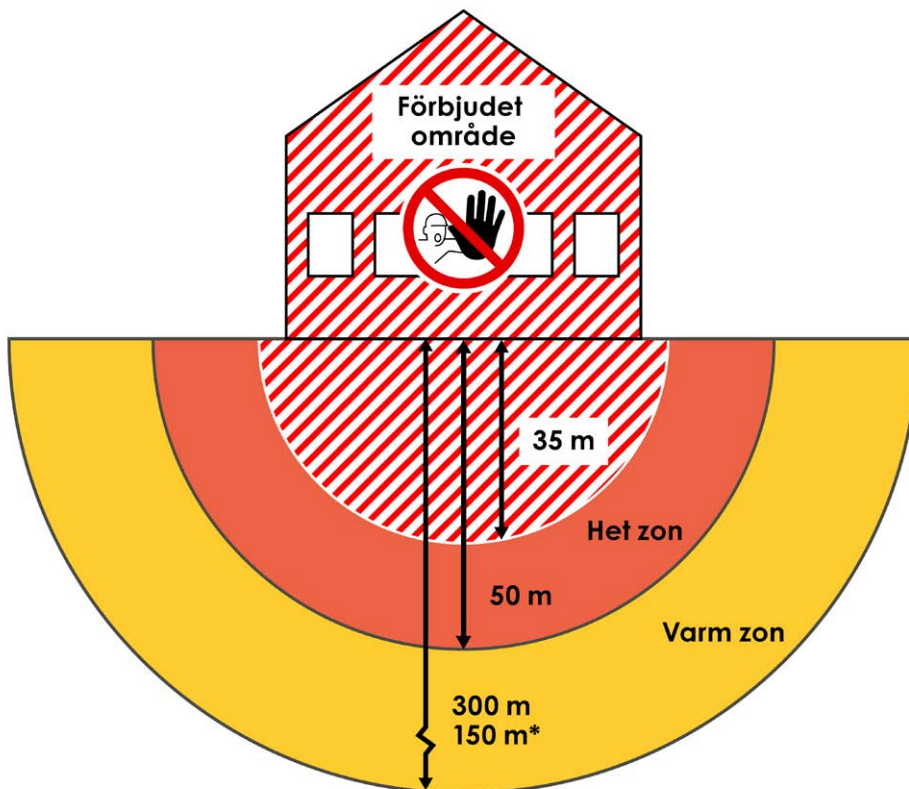


CNG

LNG



Figur 78. CHG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



1.3 Brand i tung lastbil

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägare fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Farligt gods transport?
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella jetflamnor eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflamnor.
- Använd värmekamera för att bättre se jetflamnor i dagsljus och ta med explosimeter (främst för att indikera gas efter släckning).



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Är gastankar påverkade av brand eller mekaniskt våld?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera snabb släckning av fordon. Snabb släckning skyddar gastankar från att påverkas av brand.
- Använd vatten eller pulver för att släcka gasfordon. Undvik fordonsbrandfilt.
- Undvik att släcka jetflamma då släckning leder till okontrollerat gasutsläpp.
- Kyl ej tryckutjämningsanordningar.
- Var uppmärksam på eventuella förändringar av gastankarnas status.
- Se till att zonindelningen är anpassad till situationen och att avspärningar upprätthålls.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryckkärlexplosion.

- Om riskbedömning medger arbete nära fordonet – minimera tiden i riskområdet och prioritera utrymning av riskområdet. Ge vård utanför riskområdet.
- Någon minuts flammor mot tankar innebär inte explosionsrisk.
- Om släckning övervägs – använd backande tankbil eller höjdfordon med obemannad vattenkanon utanför *förbjudet område*.
- Hindra och begränsa brandspridning till närliggande objekt/byggnader – arbeta från skydd/obemannad kylning.
- När branden är släckt och tankar enbart blivit mekaniskt påverkade, se flik **trafikolycka**.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Zonindelning/avspärning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån zonindelningsexempel för aktuell risk, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadeplats till exempel bebyggelse inom riskområdet.
- Vid risk för tryckkärlsexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik **skydd**.
- Utrym het, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärning/utrymning/inrymning vid behov.



Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik **skydd**.
- Släckning från 30 m från backande tankbil eller obemannad vattenkanon i höjdfordonskorg ger personalen skydd från jetflamma och tryckkärlsexplosion.



Avslutande åtgärder

- När branden är släckt och fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journalnumret.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



1.3.1 Brand CNG Tung lastbil

- Ofta fyra tankar på vardera sidan av fordonet på 80–120 liter per tank. Stående tankar bakom hytt kan förekomma.
- Tankarna består oftast av kompositmaterial eller stål med ca. 200 bar arbetstryck.
- Tankarna oftast placerade där dieseltankar normalt är placerade, alltså nedtill bakom framhjulen på fordonet.
- Denna placering innebär att tankarna är mekaniskt oskyddade, ofta 200 millimeter över marken.
- Bränslesystem och tryckavlastningsanordningar utformade på liknande sätt som andra CNG fordon.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



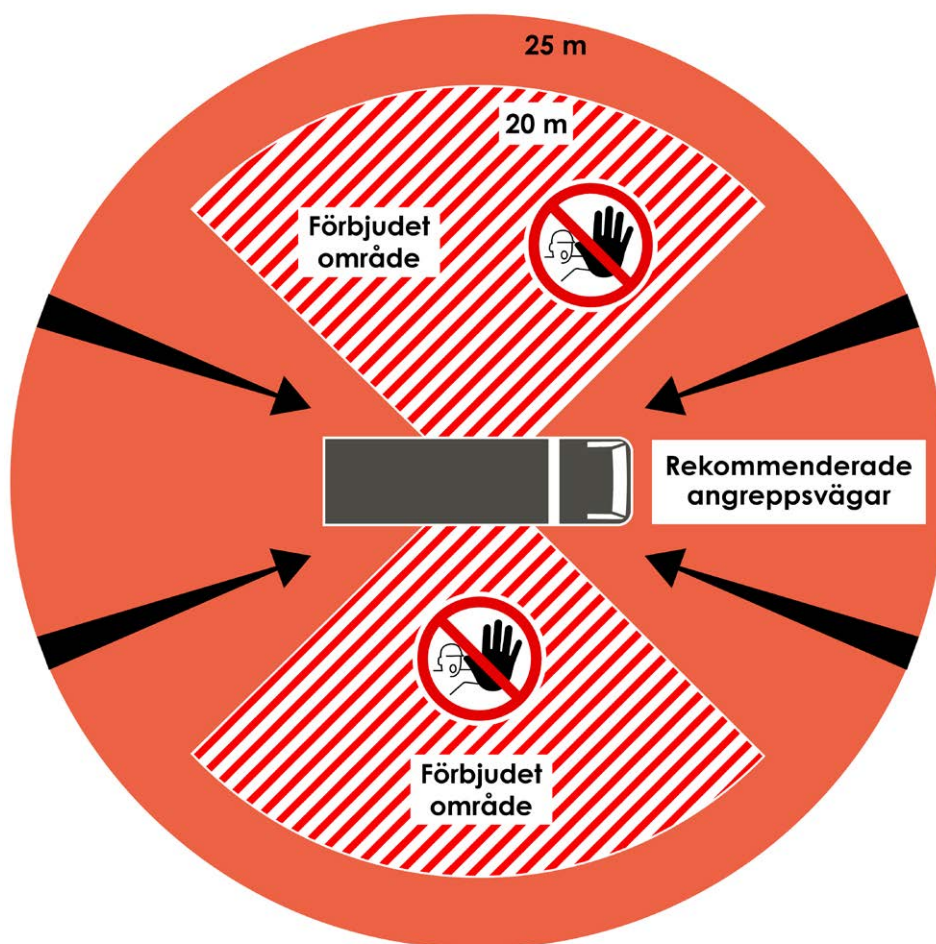
CNG

LNG

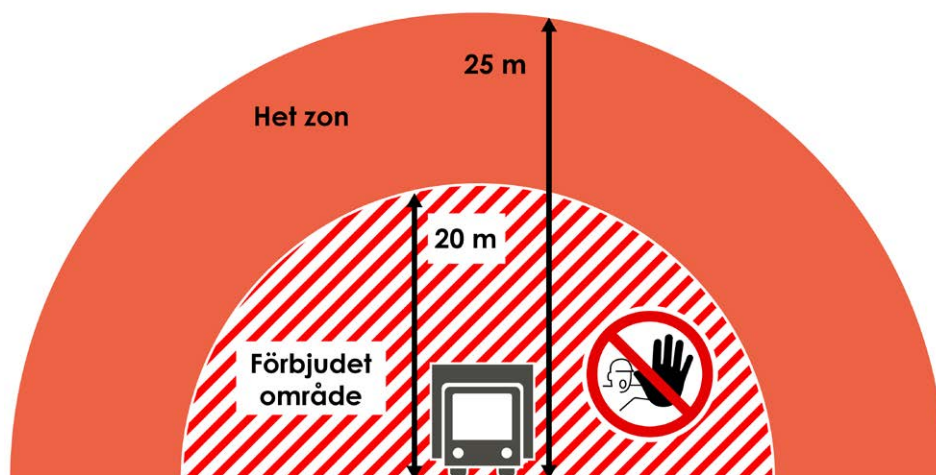




Figur 79. CNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 80. CNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

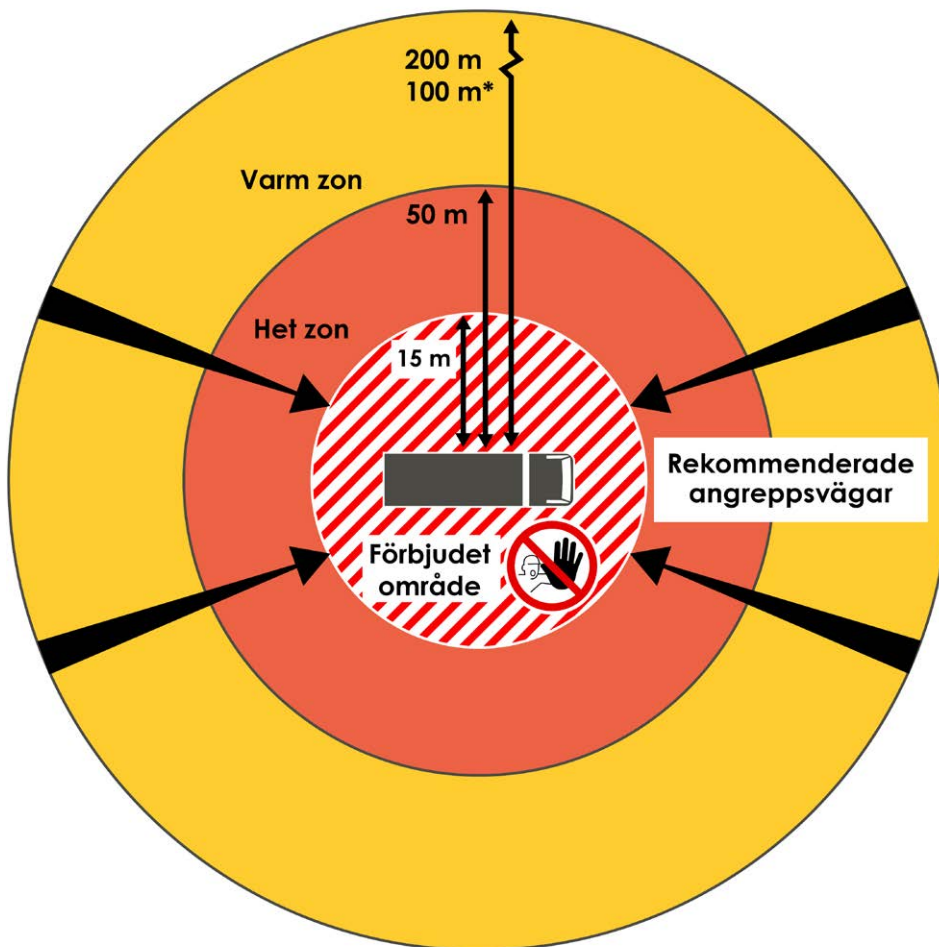


CNG

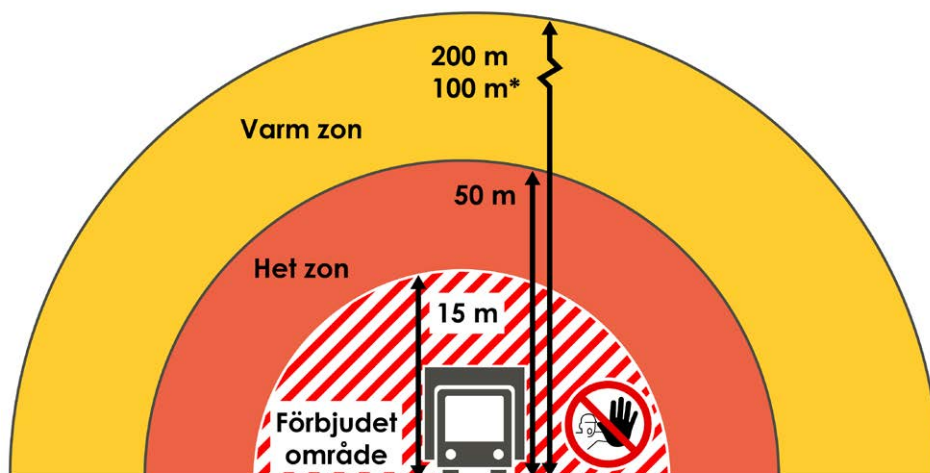
LNG



Figur 81. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



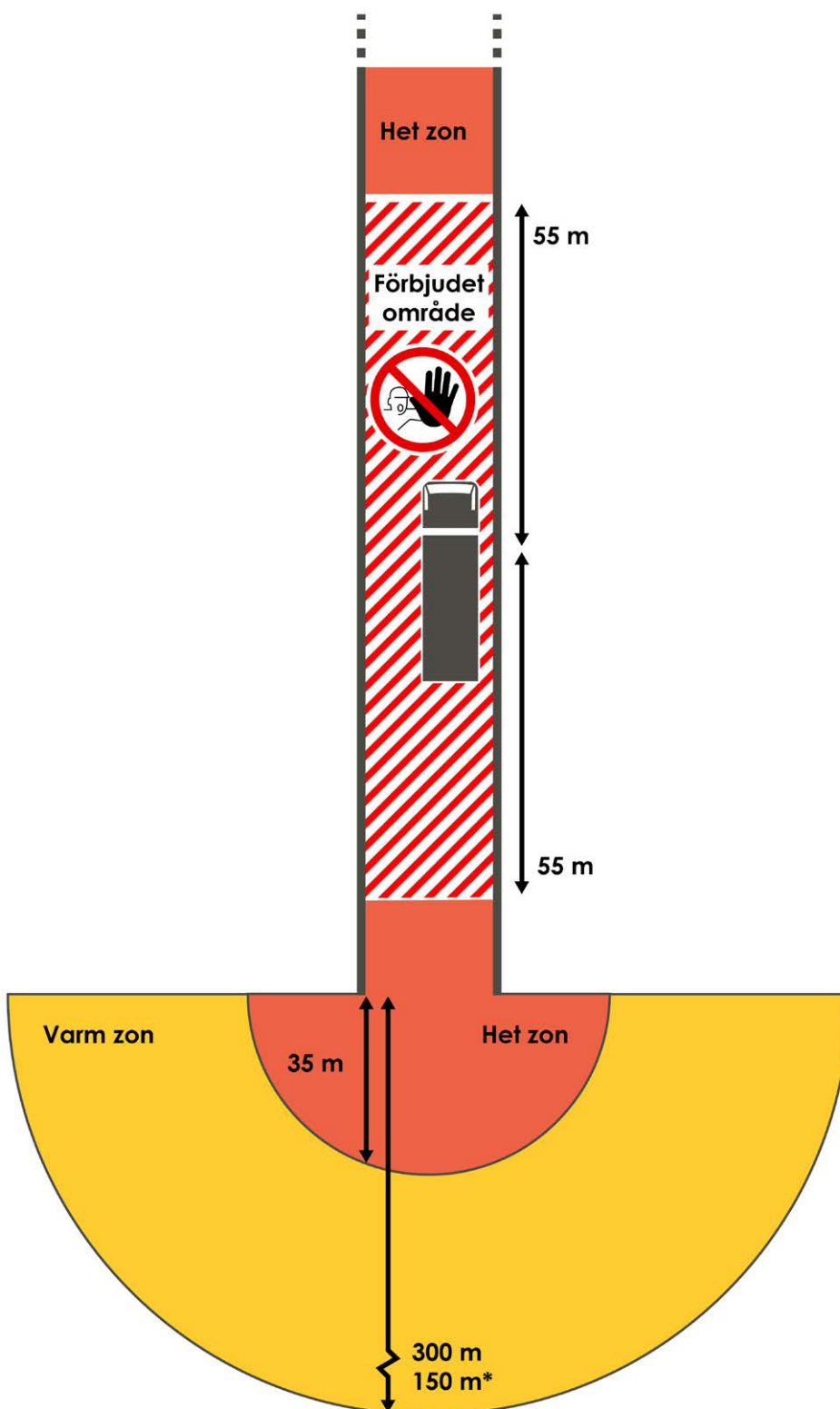
Figur 82. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 83. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

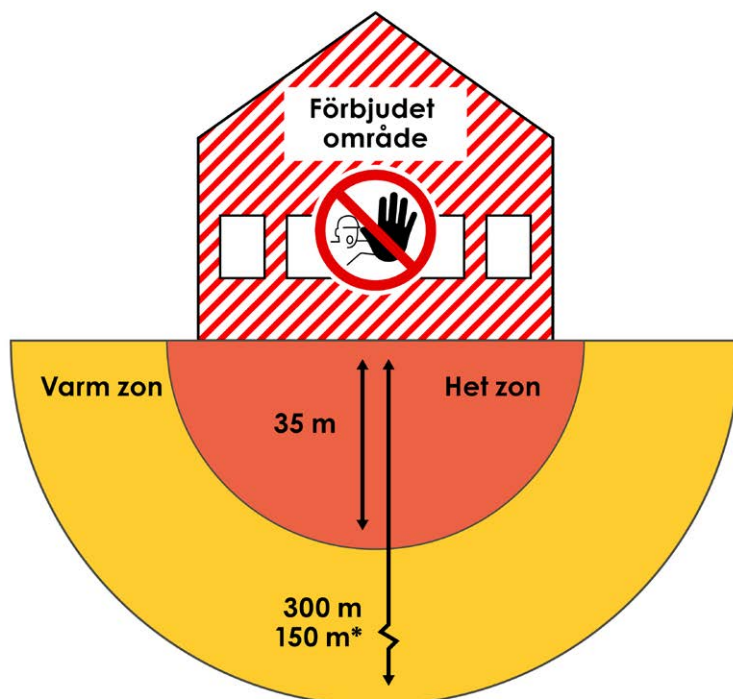


CNG

LNG



Figur 84. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



1.3.2 Brand LNG Tung lastbil

- Lågt lagringstryck ger liten risk för tryckkärlsexplosion, beakta dock risk för köldskador vid kontakt med kylkondenserad gas.
- Vanligtvis en tank, oftast mellan 400–600 liter. Förekommer dock utföranden med en tank på varje sida.
- Tankar av stål, dubbla väggar med isolering mellan väggarna. Under 16 bar arbetstryck.
- Tankarna är oftast placerade där dieseltankar normalt är placerade, alltså nedtill bakom framhjulen på fordonet.
- Placering innebär att tankarna är mekaniskt oskyddade, ofta 200 millimeter över marken.
- Tankarna har säkerhetsventiler som vanligen öppnar när trycket överstiger 16 bar samt ytterligare en säkerhetsventil som öppnar vid upp mot 24 bar.
- Så länge säkerhetsventilerna är oskadade skyddar de tankar från tryckkärlsexplosion även vid yttre flampåverkan i upp mot två timmar.
- Säkerhetsventilen (tryckaktierad) öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen inte stänger igen.
- På grund av det kan en jetflamma uppstå igen efter att jetflamman nyss har slocknat från avblåsningsledningen från en säkerhetsventil.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning – risk för frysning av tryckutjämningsanordning.
- Manometertrycket på tanken ger en indikation på om utsläpp av gas kan komma att ske.
- Avblåsningsledning som i huvudsak mynnar ovanför lastbilen.
- Slang mellan tank och avblåsningsledning kan skadas vid brand, med konsekvens att jetflamma från säkerhetsventil kan riktas mot fordonsdelar eller kupé.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

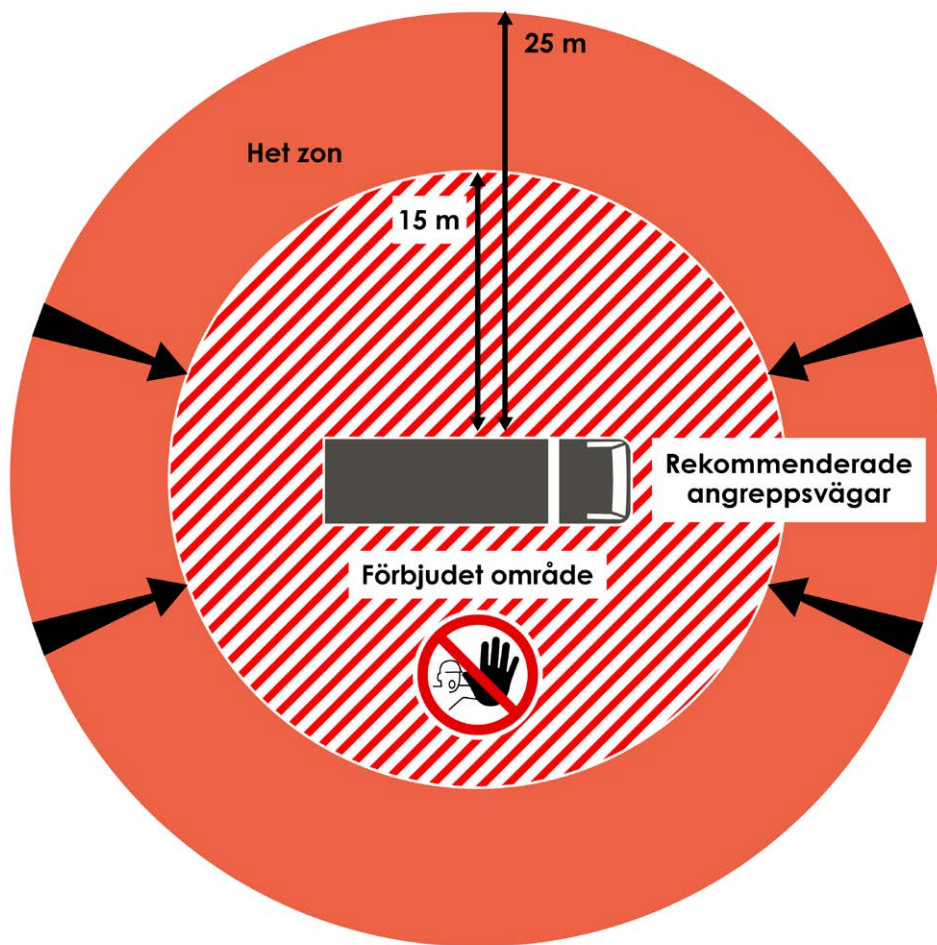


CNG

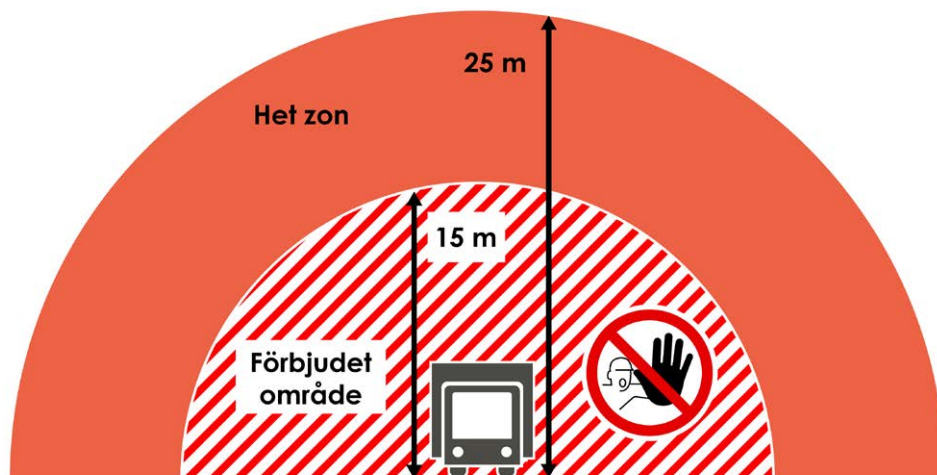
LNG



Figur 85. LNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)



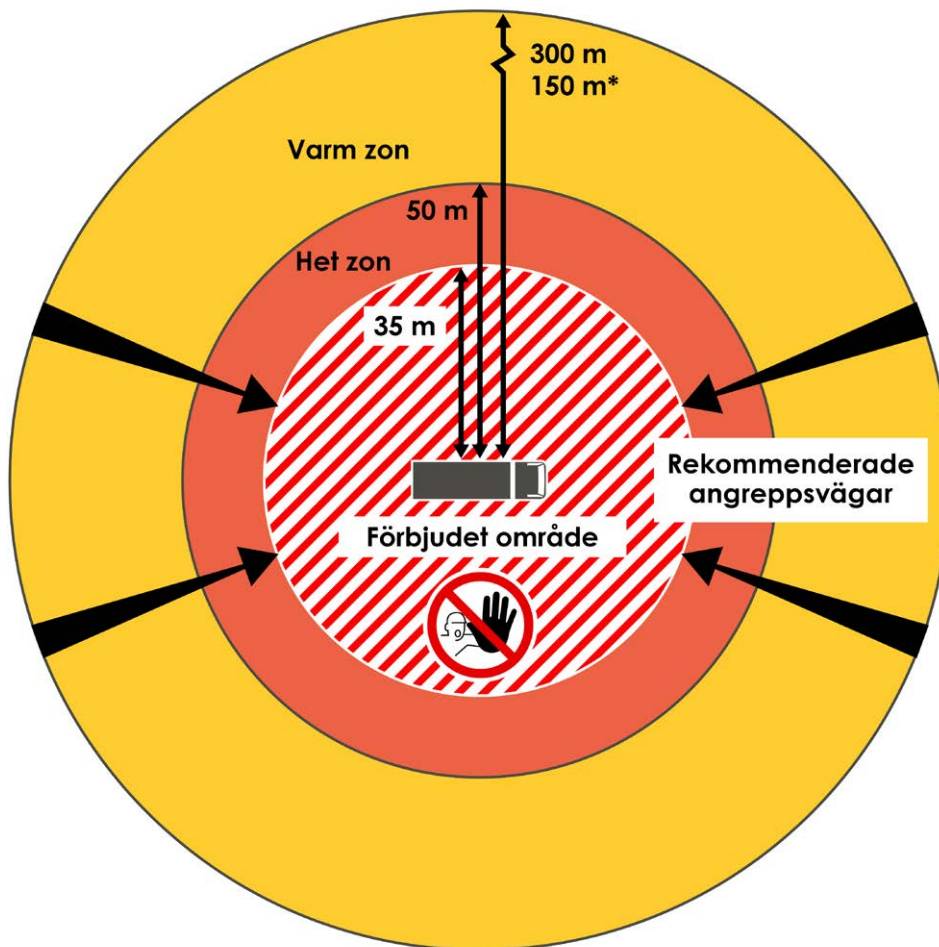
Figur 86. LNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)



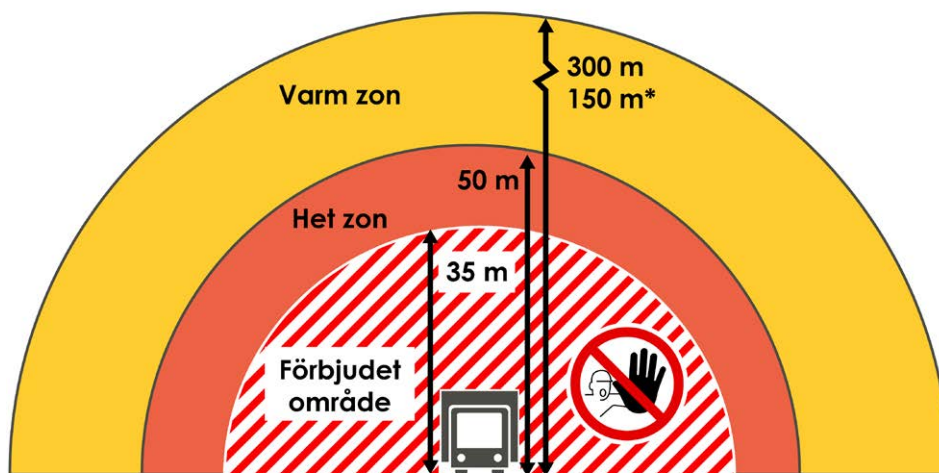
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 87. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 88. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

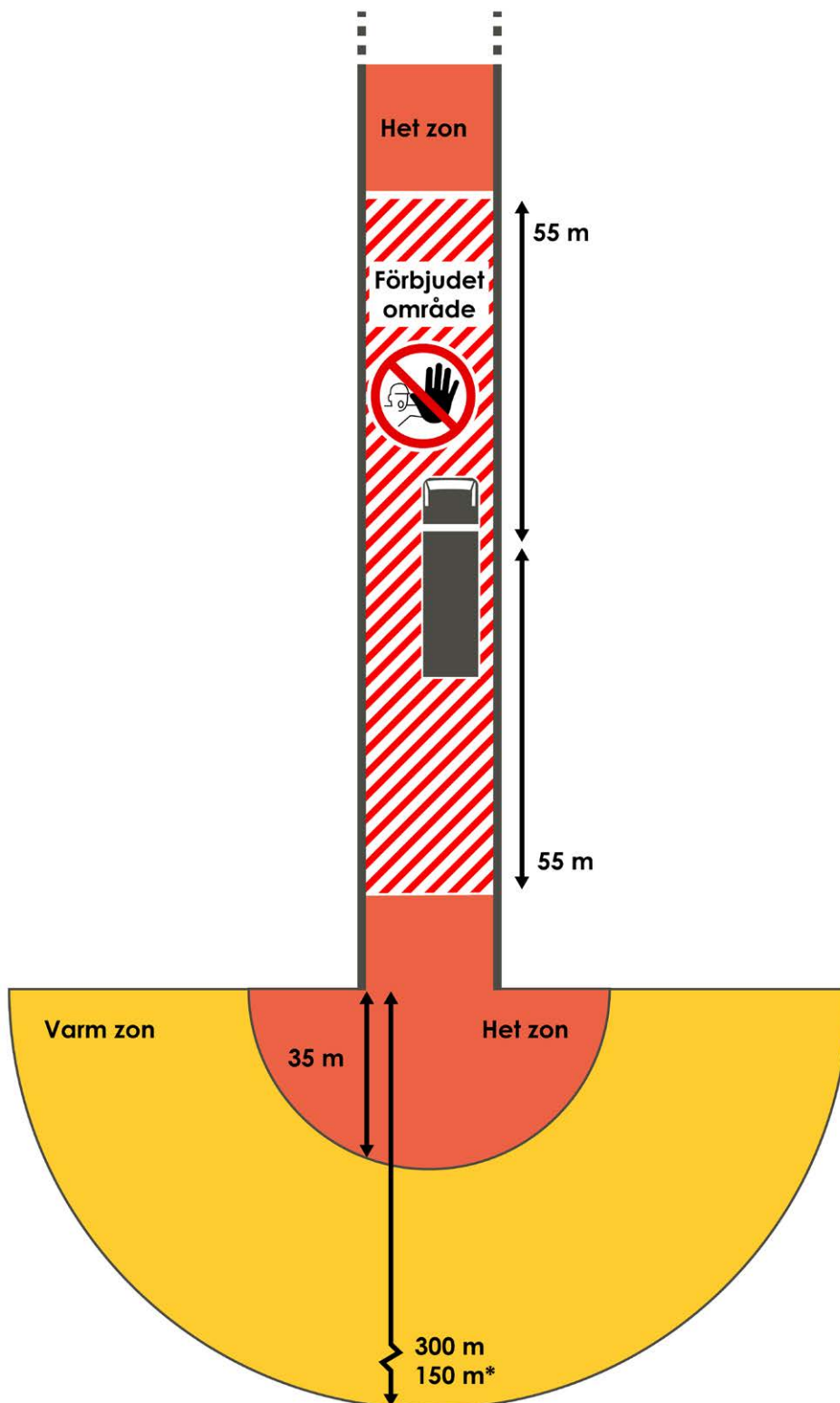


CNG

LNG



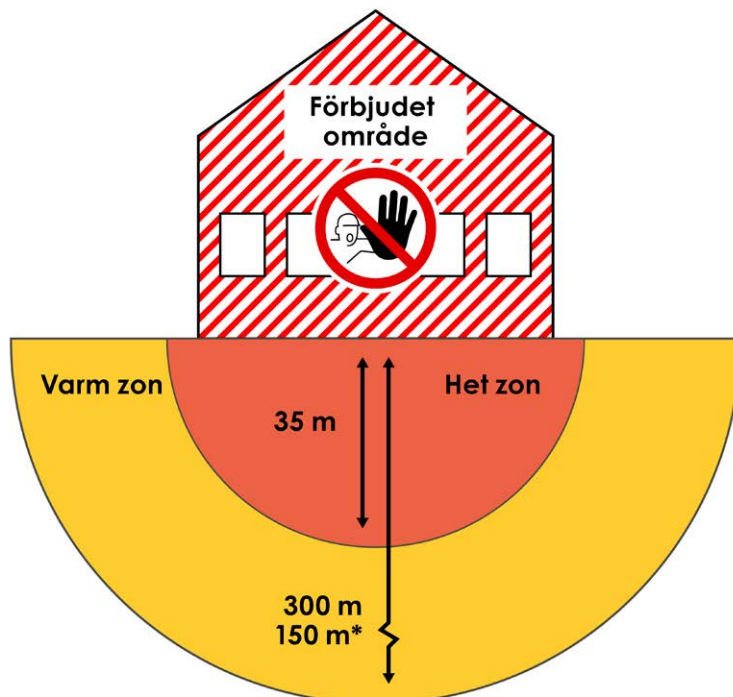
Figur 89. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 90. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



| 2. Trafikolycka



2.1 Trafikolycka personbil/lätt lastbil

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägare fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Finns det även bensintank på fordonet? Pölbrand vid aktivering av tryckutjämningsanordning.
- Farligt gods i fordonet?
- Använd explosimeter inom riskområdet, arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella jetflamnor eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflamnor.
- Läs olycksplatsen: Sitter tankar lågt och finns tecken på underbumpning mot underlag? Hur är krockvåldet i förhållande till tankarna?
- Aktivering av tryckutjämningsanordningar kan få en brinnande personbil/lätt lastbil att komma i rullning, ofta framåt.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuell eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Gastankar påverkade av mekaniskt våld eller värme?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera åtgärder som vanligt vid trafikolycka.
- Ha beredskap för snabb släckinsats om brand uppstår, se flik **brand**.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryckkärlsexplosion.

- Tänk på riskområde och använd säkra angreppsvägar för jetflamma om någon närmar sig fordonet.
- Finns personer i fordonet och tydliga tecken på läckage så arbeta med att förstärka naturlig ventilation.
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen och öka ventilation om explosimeter varnar även det lägsta varningsläget. Gör fordonet strömlöst om gas inte detekteras i närheten av batteriet.
- Krossa hellre sidorutor än att öppna dörrar för att ventilera misstänkt gasutsläpp inuti fordonet då det ger mindre risk för antändning.
- Undvik vibrationer och att fordonet rör sig.
- Rör inga lösa gastankar utanför fordon. Spärra av området runt dessa.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder eller annat.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Zonindelning/avspärning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån zonindelningsexempel för aktuell risk, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadeplats till exempel bebyggelse inom riskområdet.
- Vid risk för tryckkärlexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik **skydd**.
- Utrym het, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärning/utrymning vid behov.



Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik **skydd**.



Avslutande åtgärder

- När fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journumret.
- Vid behov – töm skadad bensintank.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



2.1.1 Trafikolycka CNG personbil/lätt lastbil

- Ofta flera tankar i samma fordon, upp till 90 liter men oftast runt 50–60 liter styck.
- Tankarna består av stål eller kompositmaterial alt. en kombination av dessa med ca. 200 bar arbetstryck.
- Tankarna inneslutna i nedre, bakre delen av fordonet. Över eller under bottenplattan alternativt både och beroende på fabrikat och utförande.
- Tankar placerade ovanför bottenplattan är mer utsatta för brand i kupé.
- Efter att en tryckutjämningsanordning har aktiverats är risken för tryckkärlexplosion liten för den tanken.
- De flesta fabrikat och utföranden har både gastankar och en bensintank.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



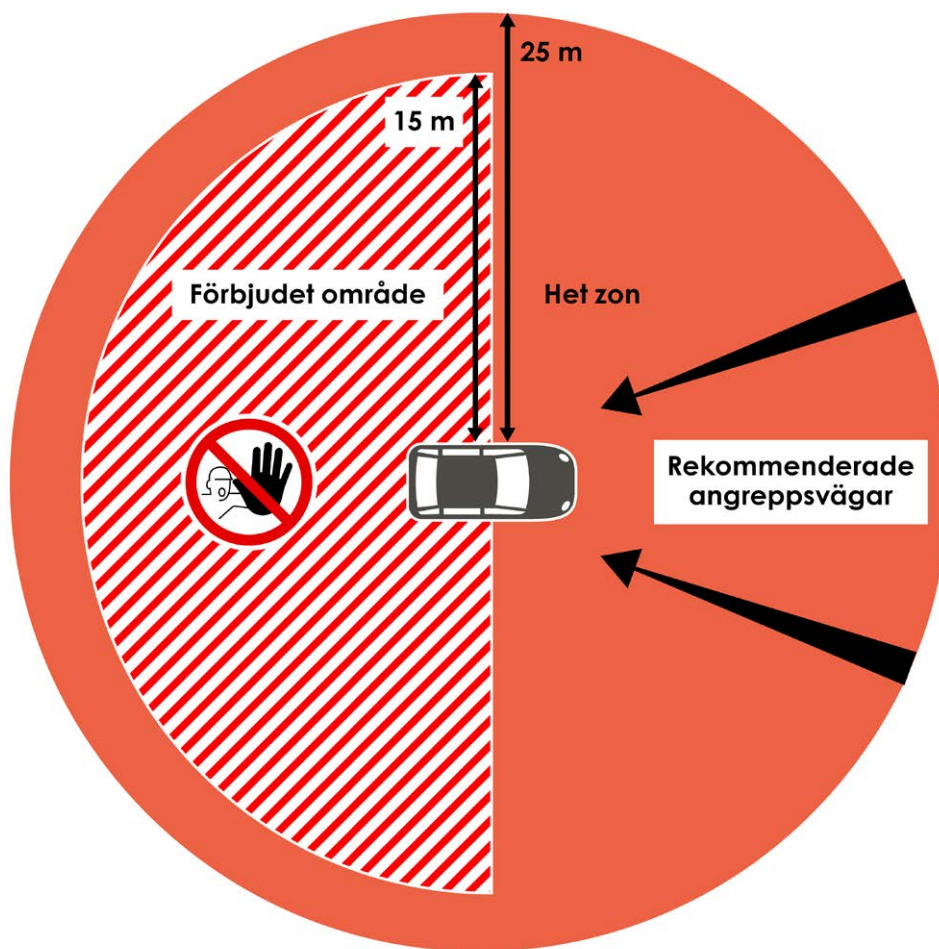
CNG

LNG

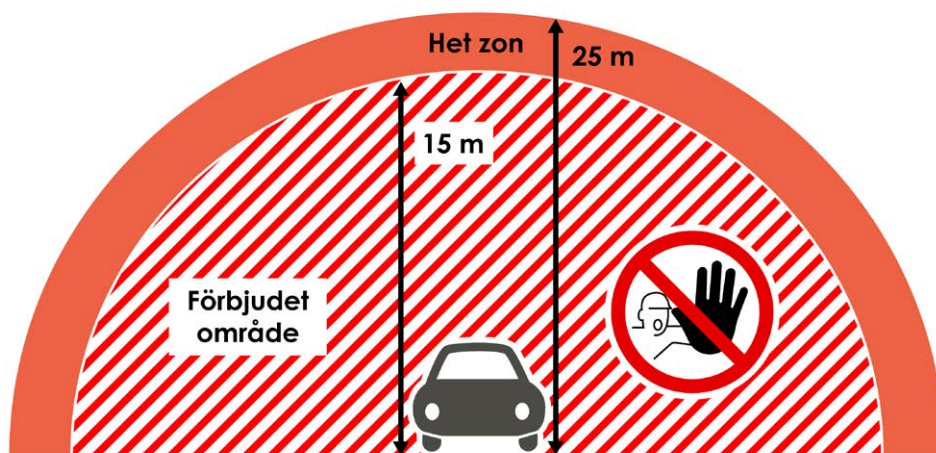




Figur 91. CNG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



Figur 92. CNG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

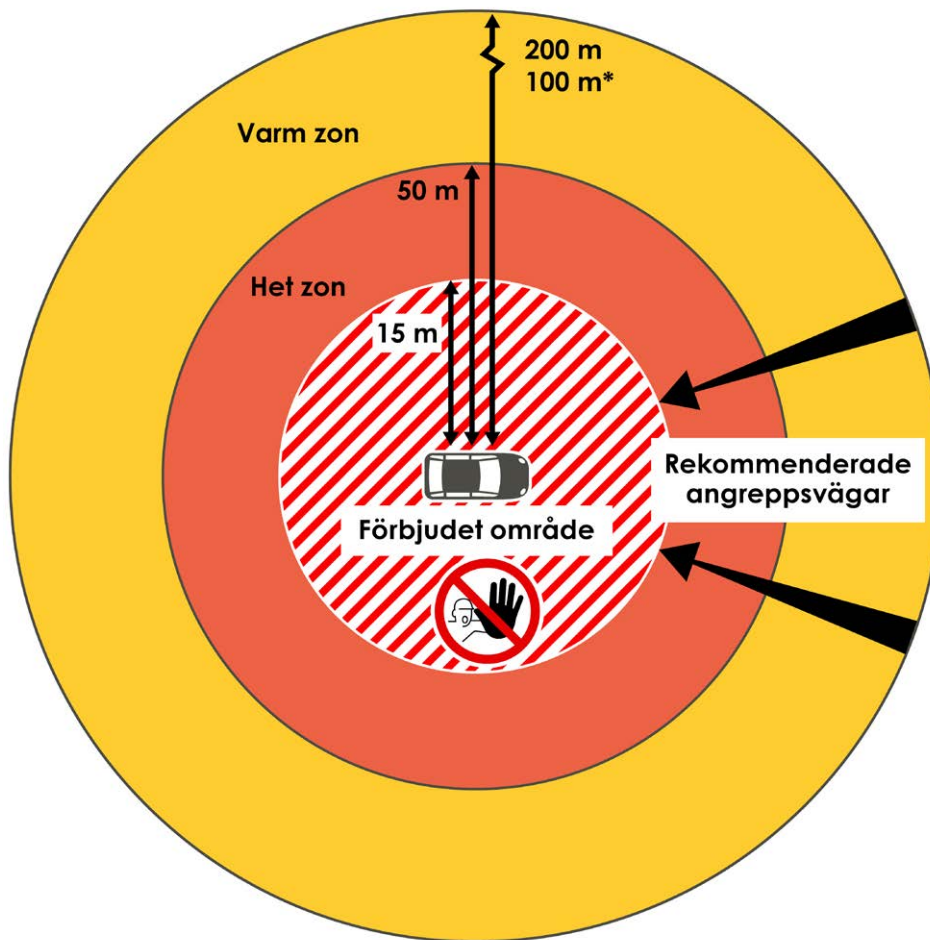


CNG

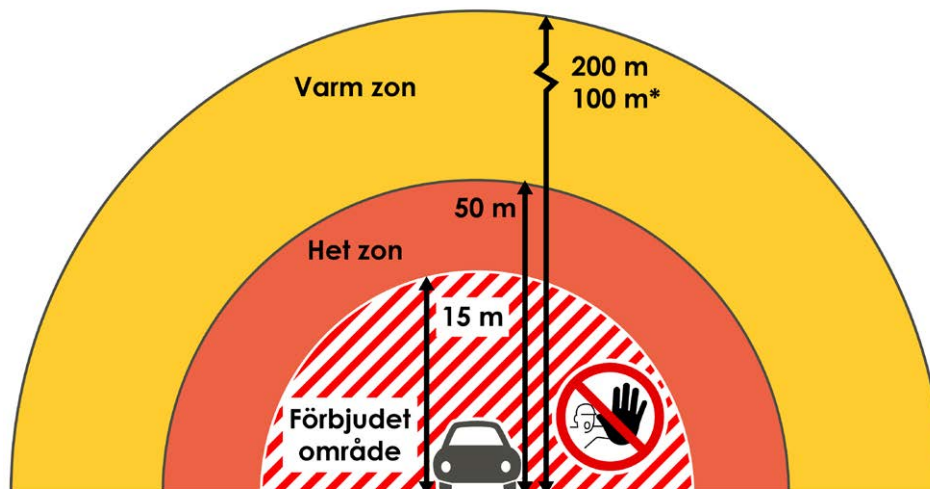
LNG



Figur 93. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



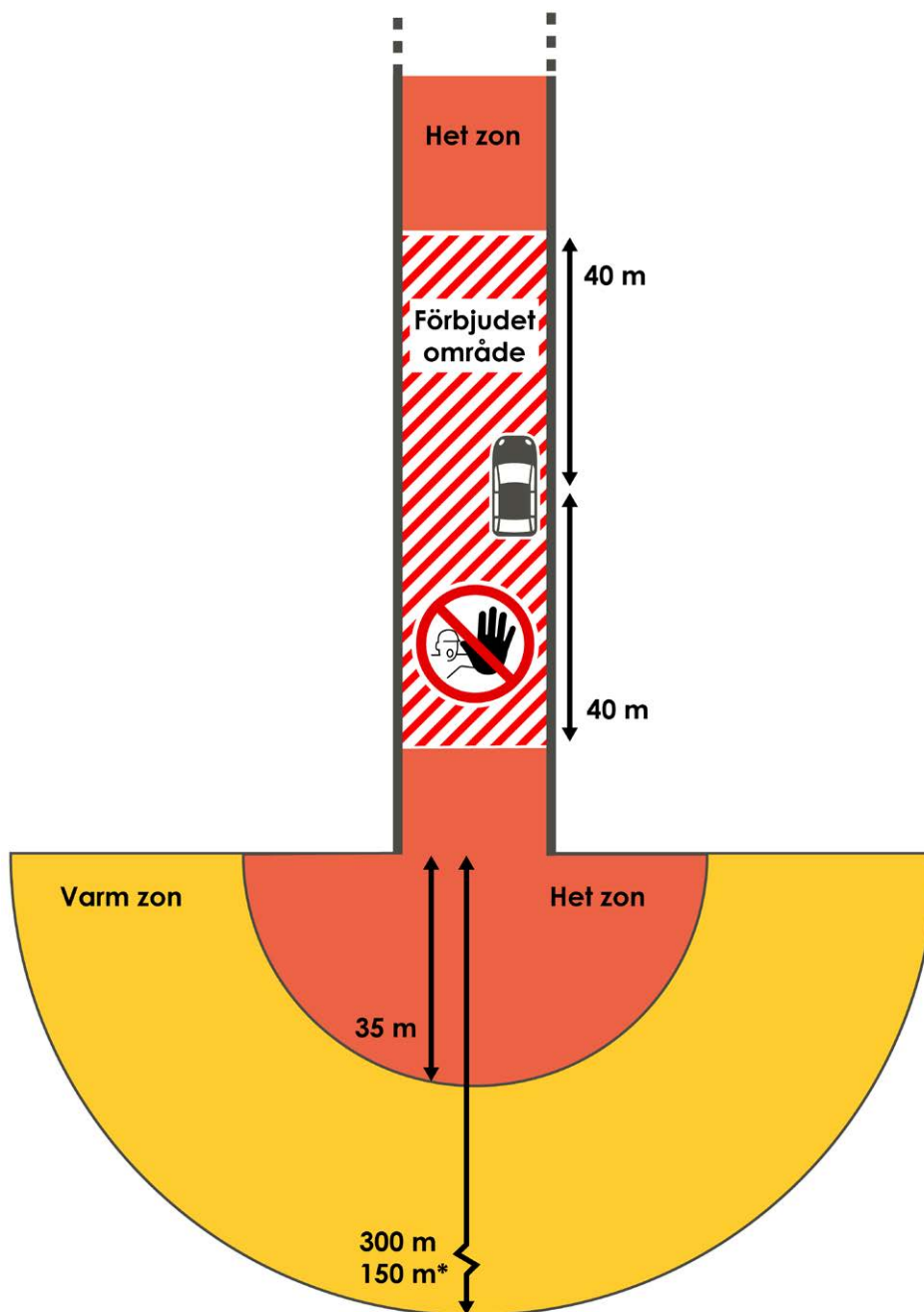
Figur 94. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

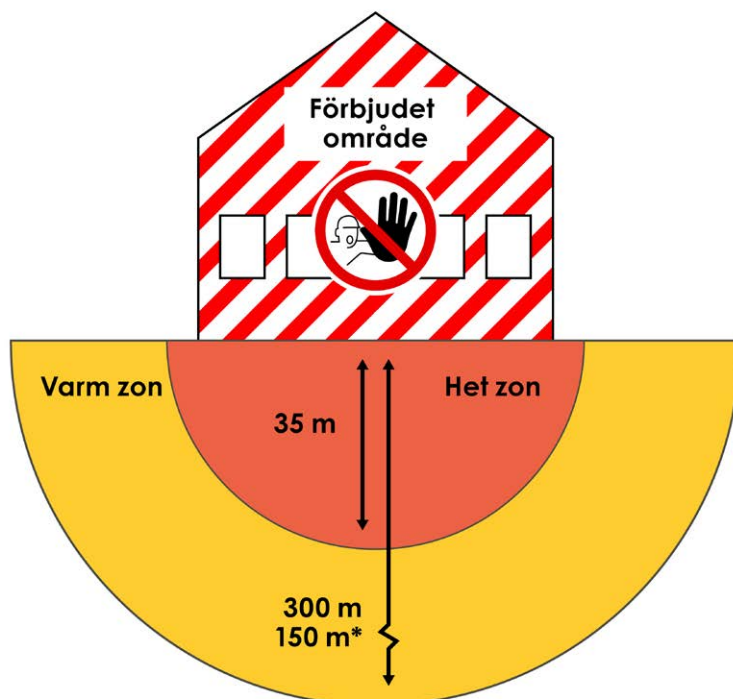


Figur 95. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

Figur 96. CNG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



2.1.2 Trafikolycka LPG personbil/lätt lastbil

- Oftast en tank, vanlig tankvolym mindre än 100 liter totalt. Upp till 200 liter förekommer men är ej vanligt.
- Tank består av stål med arbetstryck mindre än 14 bar.
- Godstjockleken i en gastank för LPG är betydligt tunnare än i tankar för tryckkomprimerad metangas. Detta på grund av det låga arbetstrycket.
- Tanken är innesluten i fordonet, oftast ovanför bottenplattan i utrymmet under bakre bagageutrymme, där reservhjul brukar finnas och har därför ofta formen av ett bildäck.
- Andra tankplaceringar och utföranden förekommer men är mindre vanliga.
- Både smältsäkring (värme) och säkerhetsventil (tryck) förekommer på LPG-drivna fordon.
- LPG-tank försedd med säkerhetsventil öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen aldrig stänger igen.
- På grund av det kan en jetflamma uppstå igen efter att ha slocknat från en tryckaktiverad säkerhetsventil.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning – risk för frysning av tryckutjämningsanordning.
- En synlig flamma utanför fordonet är en indikation på tillräcklig tryckavlastning från en tryckutjämningsanordning från propan-butantank innebär mindre risk för tryckkärlsexplosion.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

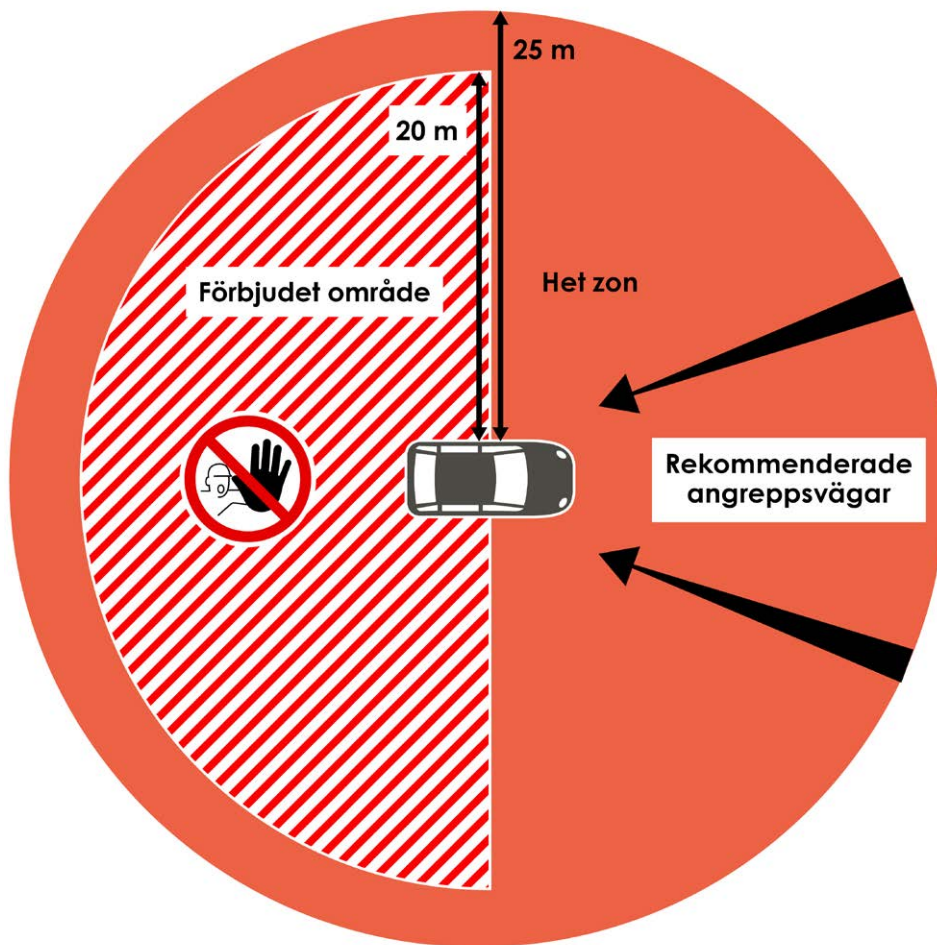


CNG

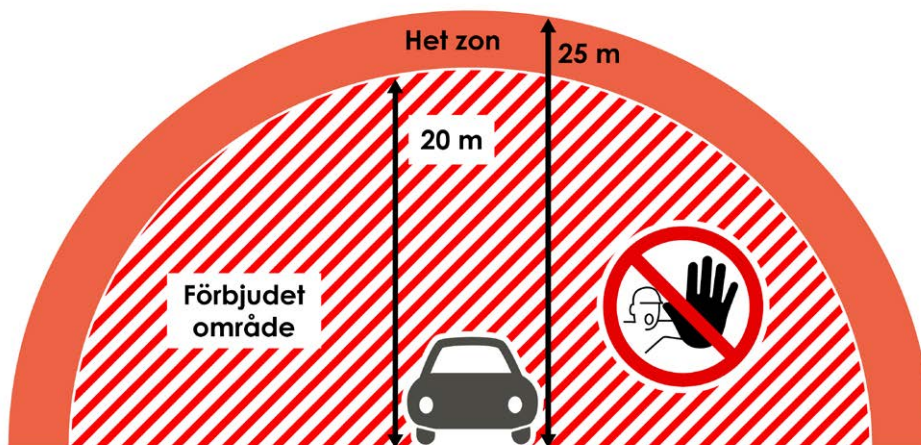
LNG



Figur 97. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



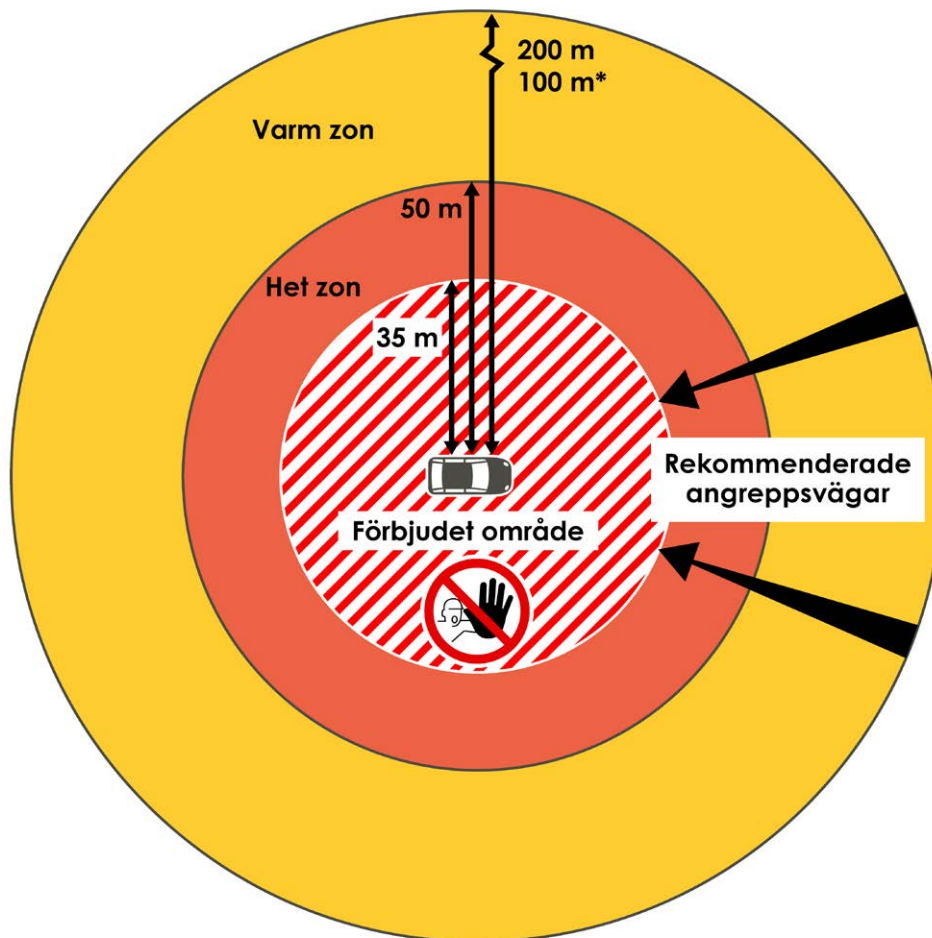
Figur 98. LPG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



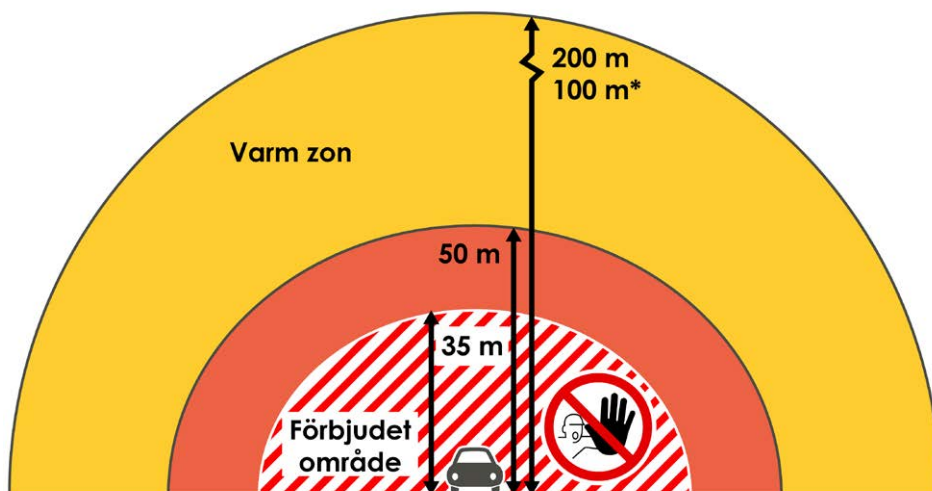
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 99. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 100. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

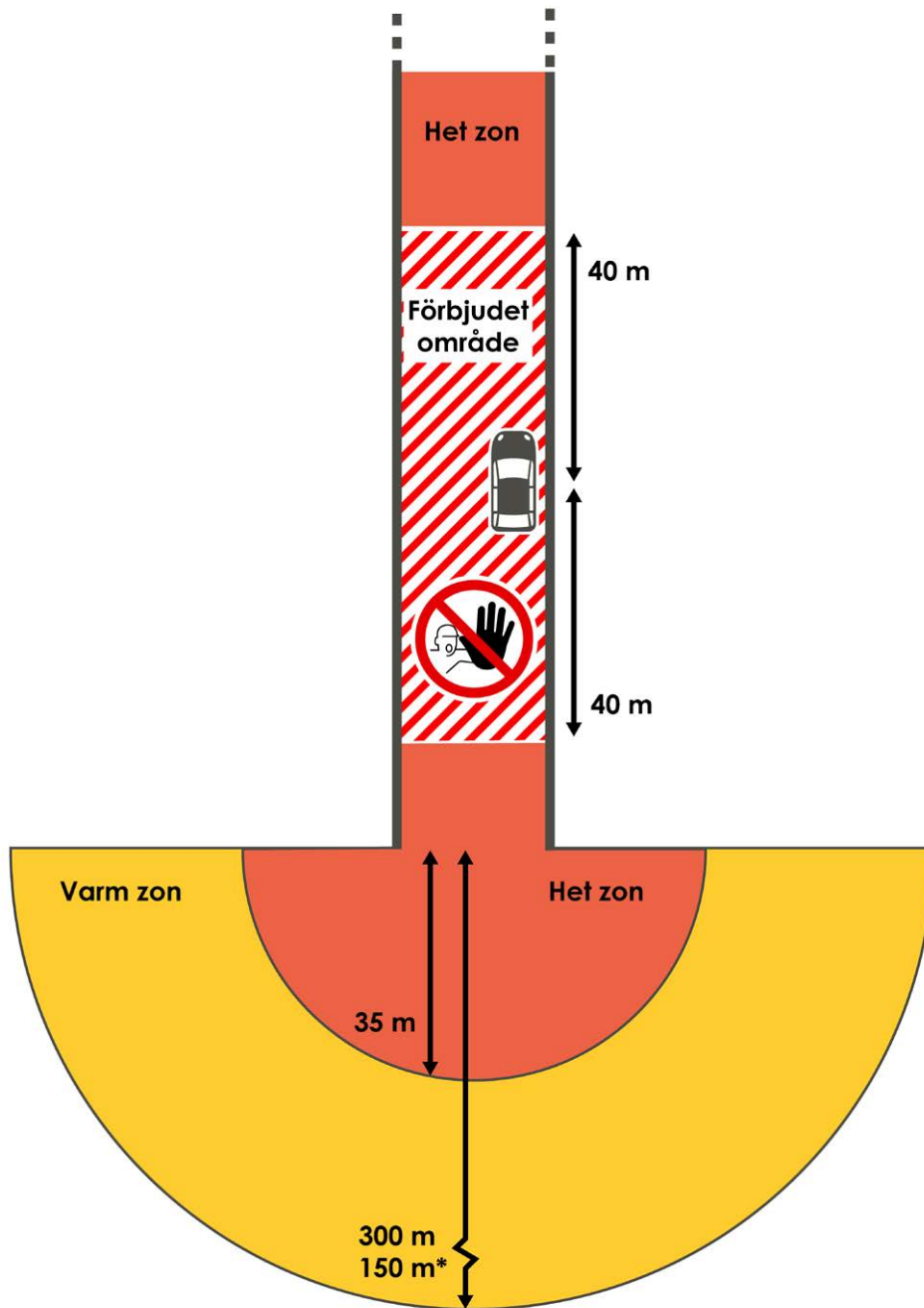


CNG

LNG



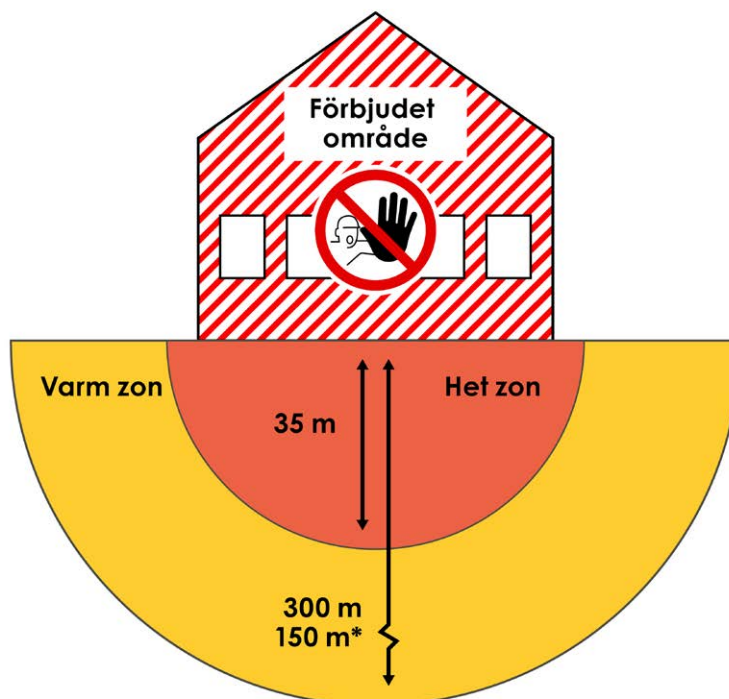
Figur 101. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 102. LPG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



2.1.3 Trafikolycka CHG personbil/lätt lastbil

- Ofta flera tankar i samma fordon, vanlig tankvolym upp mot ca. 120 liter styck.
- Tankarna består av en kombination av stål- och kompositmaterial alternativt enbart av kompositmaterial med ca. 700 bar arbetstryck.
- Tankarnas höga tryck och krav på täthet mot vätgas kräver kraftigare godstjocklekar, upp till 30 mm.
- Tankarna inneslutna i nedre delen av fordonet.
- På grund av det mer än dubbla driftrycket blir en tryckkärlexplosion i en vätgastank dubbelt så kraftfull som för motsvarande tank för tryckkomprimerad metangas.
- Om gasläckage uppstår i ett vätgasfordon finns gasvarningssystem som varnar föraren visuellt vid 3 volymprocent (75 procent av LEL).
- Om vätgaskoncentrationen i luft överstiger 4 volymprocent i ett vätgasfordon (100 procent av LEL) ska huvudavstängningsventilen stängas automatiskt.
- Den vätgas som släpps ut från avblåsningsanordning på vätgasfordon riktas nedåt, uppåt, snett bakåt eller åt sidorna – risk för jetflamma i främst de riktningarna.
- Riktningen för avblåsningsanordningen kan påverkas om tankarna flyttats eller påverkats vid till exempel en krock.
- Vätgas avger bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att jetflamman som uppstår när tryckutjämningsanordning utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



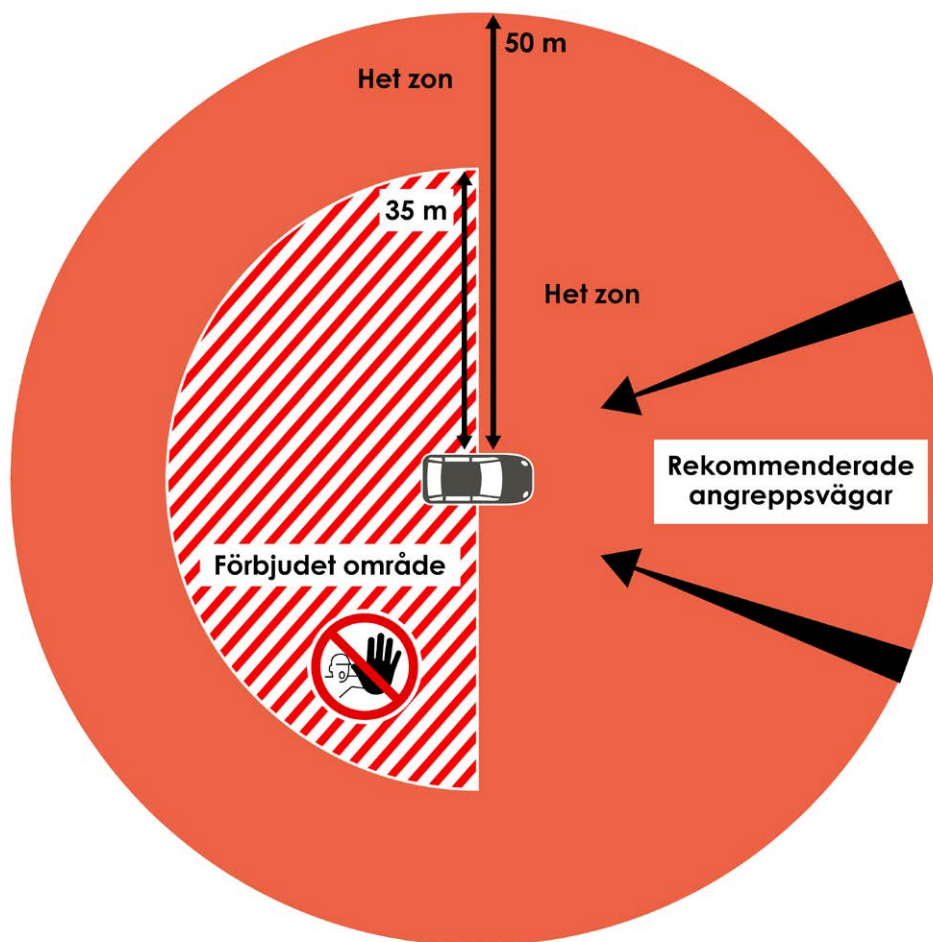
CNG

LNG

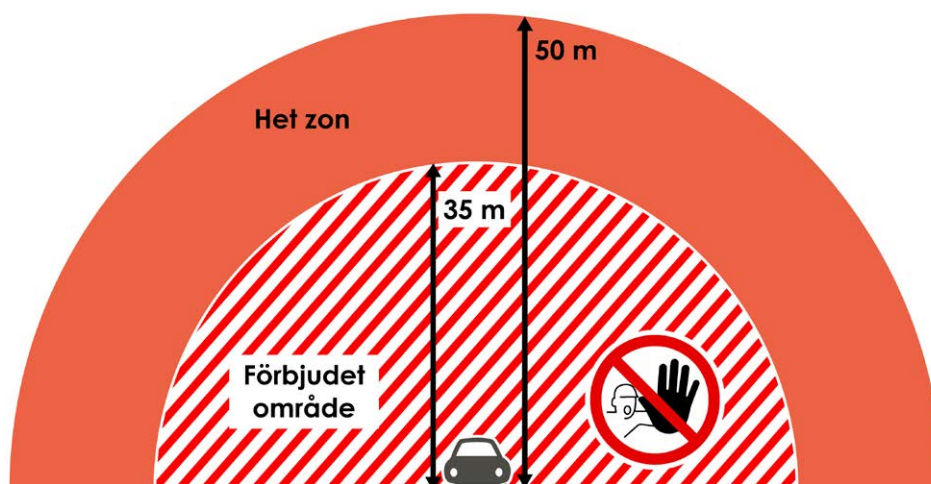




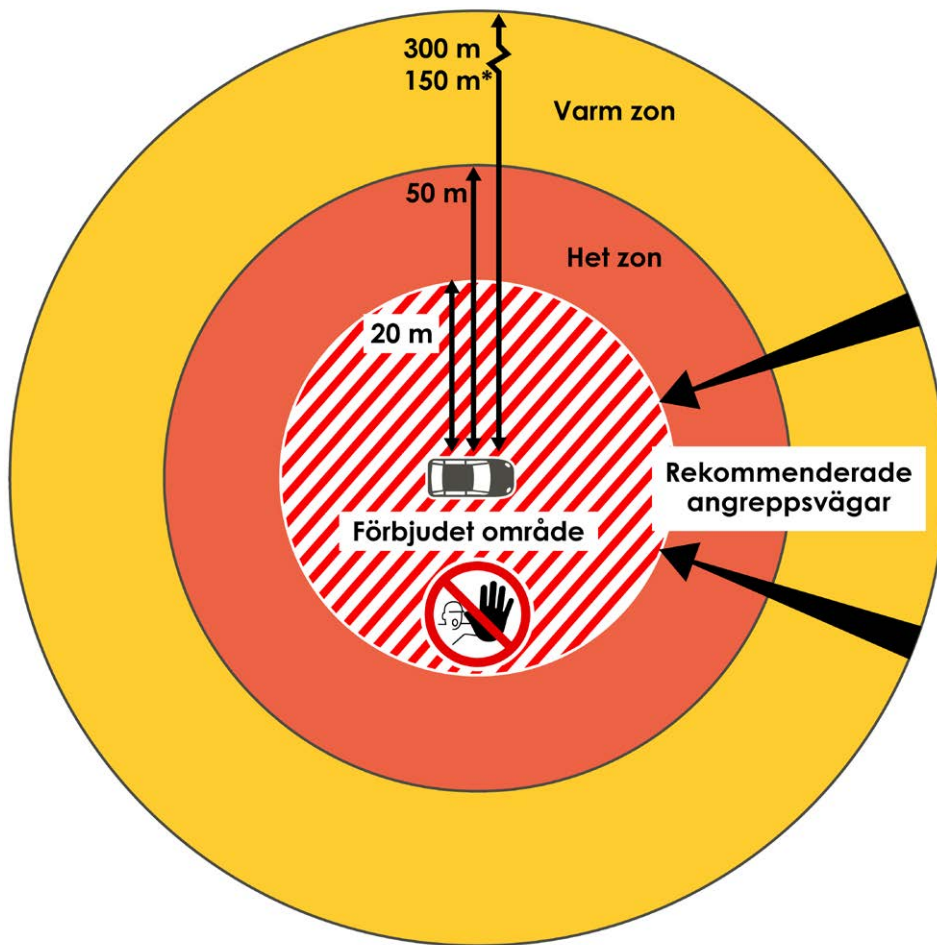
Figur 103. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (ovanifrån)



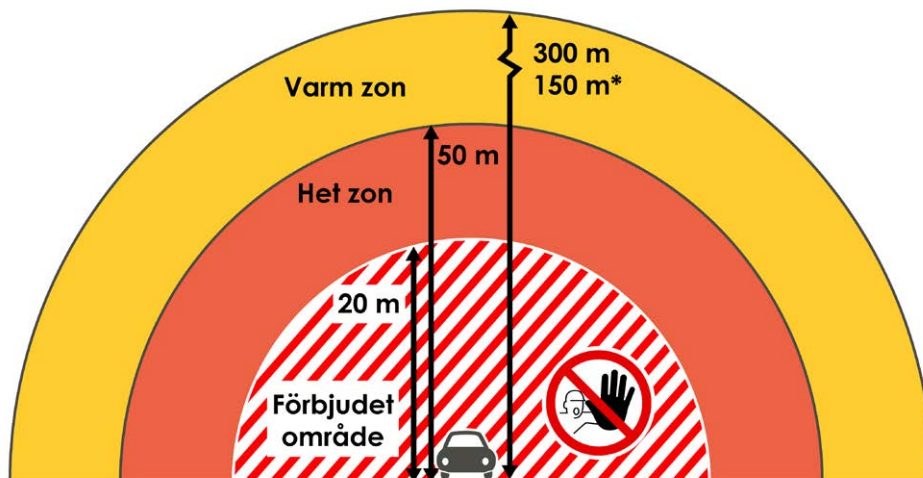
Figur 104. CHG, personbil/lätt lastbil, jetflamma (framifrån)



Figur 105. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



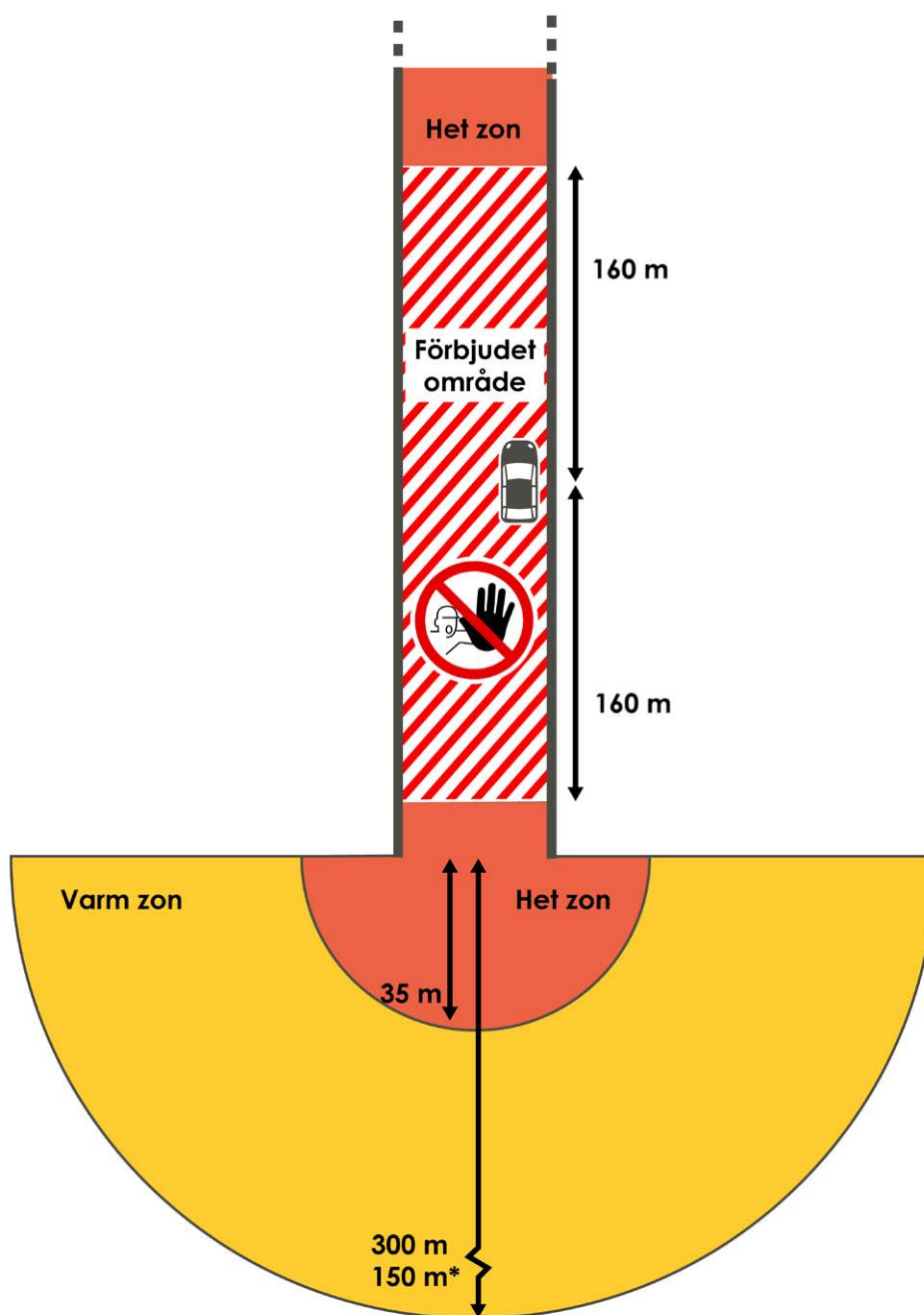
Figur 106. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

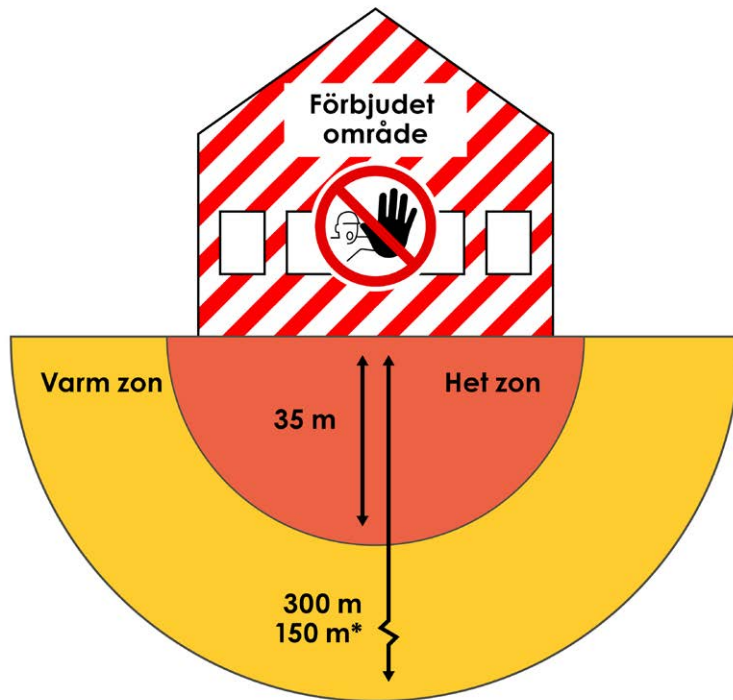


Figur 107. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

Figur 108. CHG, personbil/lätt lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





2.2 Trafikolycka buss

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägare fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Använd explosimeter inom riskområdet, arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella jetflammar eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflammar.
- Läs olycksplatsen: Sitter tankar högt? Hur är krockvåldet i förhållande till tankarna?
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Gastankar påverkade av mekaniskt våld eller värme?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera åtgärder som vanligt vid trafikolycka.
- Ha beredskap för snabb släckinsats om brand uppstår, se flik **brand**.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryckkärlexplosion.

- Om riskbedömning medger arbete nära fordonet – minimera tiden i riskområdet och prioritera utrymning av skadade och inblandade för vård utanför riskområdet.
- Tänk på riskområde och använd säkra angreppsvägar för jetflamma om någon närmar sig fordonet.
- Finns personer i fordonet och tydliga tecken på läckage så arbeta med att förstärka naturlig ventilation.
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen och öka ventilation om explosimeter varnar även det lägsta varningsläget. Gör fordonet strömlöst om gas inte detekteras i närheten av batteri/strömbrytare.
- Undvik vibrationer och att fordonet rör sig och palla ordentligt innan losstagning.
- Krossa hellre sidorutor än att öppna dörrar för att ventilera misstänkt gasutsläpp inuti fordonet då det ger mindre risk för antändning.
- Rör inga lösa gastankar utanför fordon. Spärra av området runt dessa.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder eller annat.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Zonindelning/avspärning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån zonindelningsexempel för aktuell risk, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadeplats till exempel bebyggelse inom riskområdet.
- Vid risk för tryckkärlexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik **skydd**.
- Utrym *het*, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärning/utrymning vid behov.



Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik **skydd**.



Avslutande åtgärder

- När fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journalnumret.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



2.2.1 Trafikolycka CNG Buss

- Flera tankar, 200 bar arbetstryck och volym på 200–340 liter styck och ca. 1 600 liter totalt.
- Tankarna består av kompositmaterial med aluminium eller plast inuti.
- Tankarna finns under en kåpa på taket ca. 3 meter över mark. Därmed utsatta vid höjdhinder som tunnel och viadukt.
- Kåpan är av plast eller kompositmaterial.
- Komposittankar (särskilt utan innertätning av aluminium) har sämre värmeförmåga än stålflaskor vilket gör dem mer känsliga för skador vid brand.
- Tankarnas placering på taket gör dem utsatta vid brand inne i bussen.
- Tankarna kan vara placerade tvärs fordonets längdriktning, eller i fordonets längdriktning, beroende på fordonets fabrikat och utförande.
- Om en brand går igenom sidorutorna medför tankar placerade på taket tvärs fordonets längdriktning större chans till aktivering av smältsäkring och tryckavlastning än då tankarna är placerade i fordonets längdriktning.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



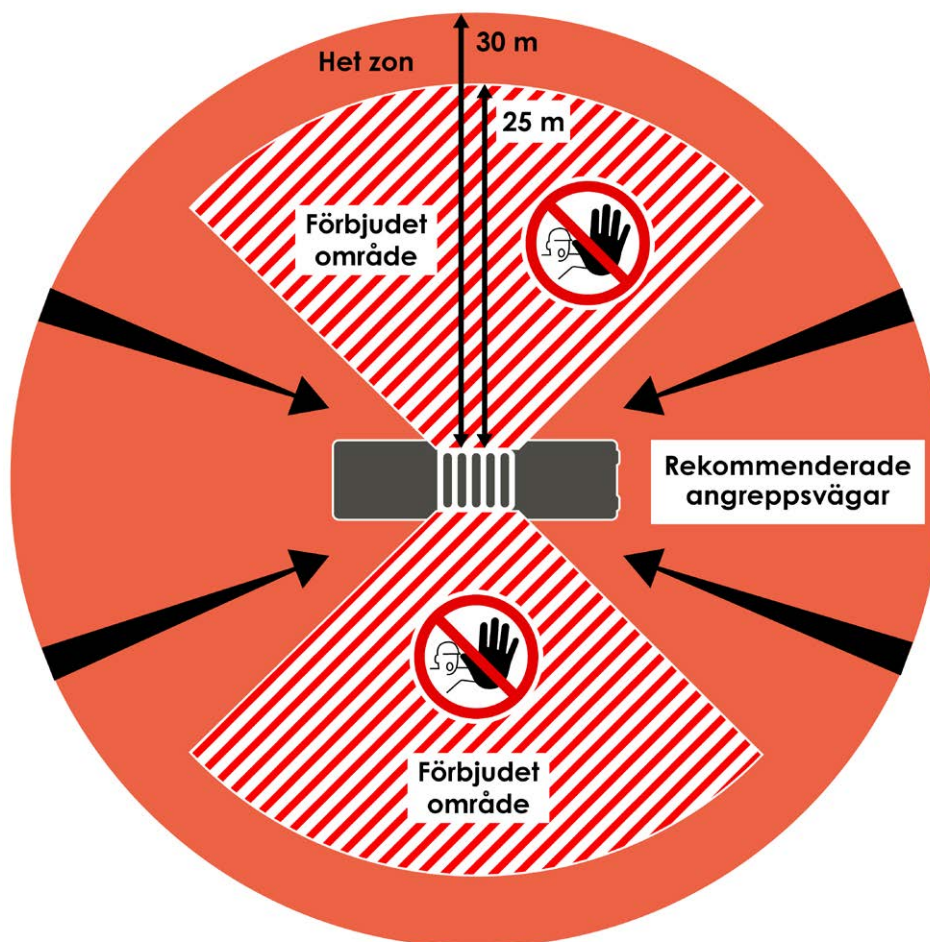
CNG

LNG

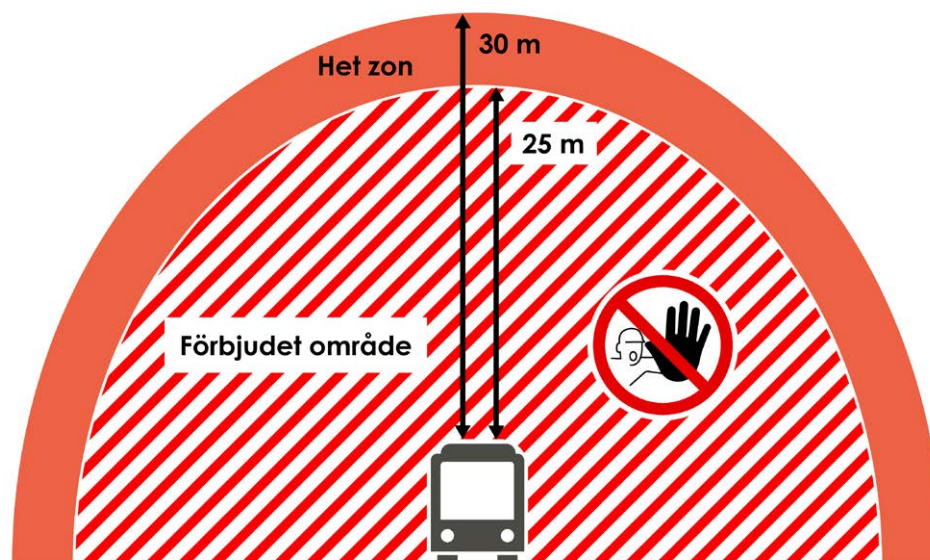




Figur 109. CNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 110. CNG, buss, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

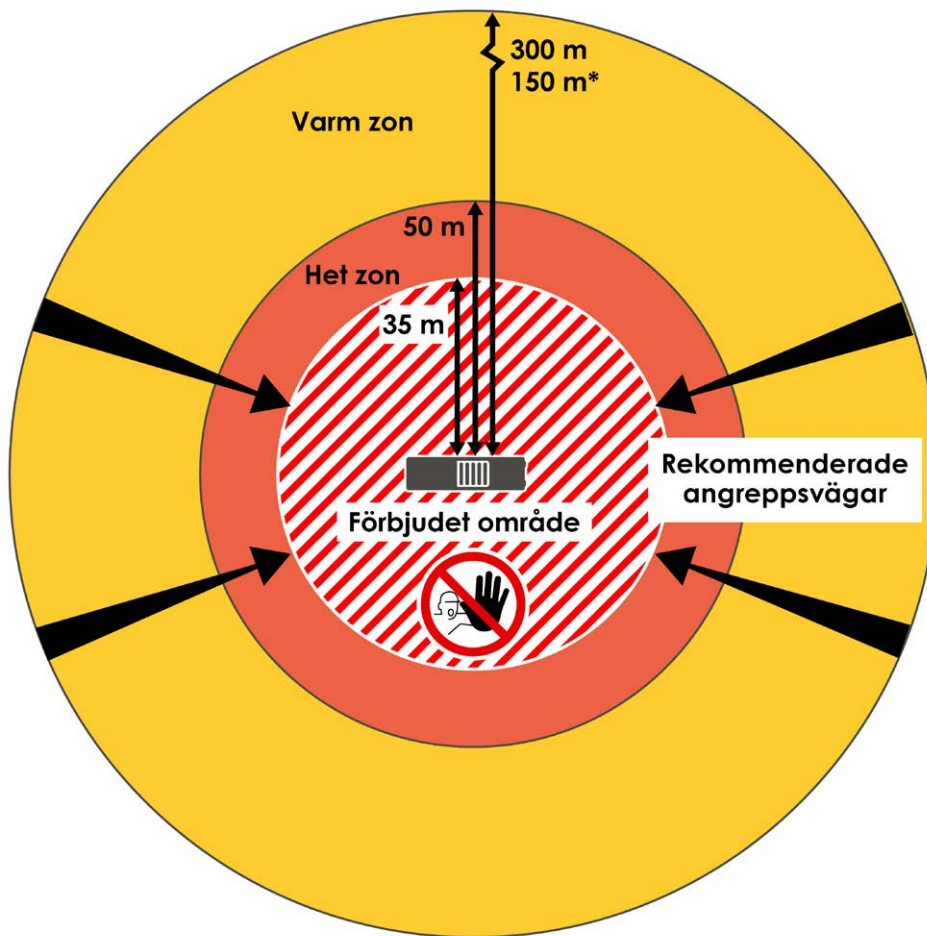


CNG

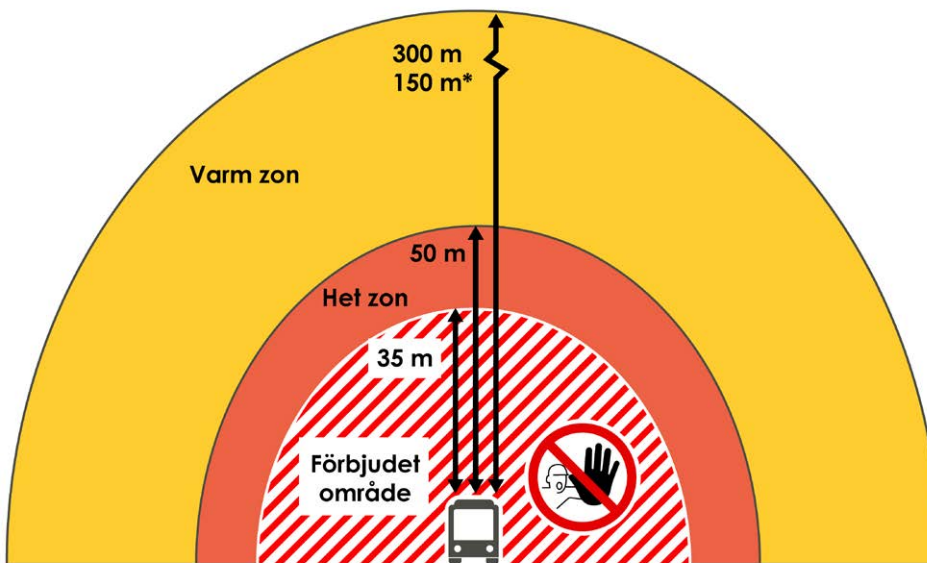
LNG



Figur 111. CNG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



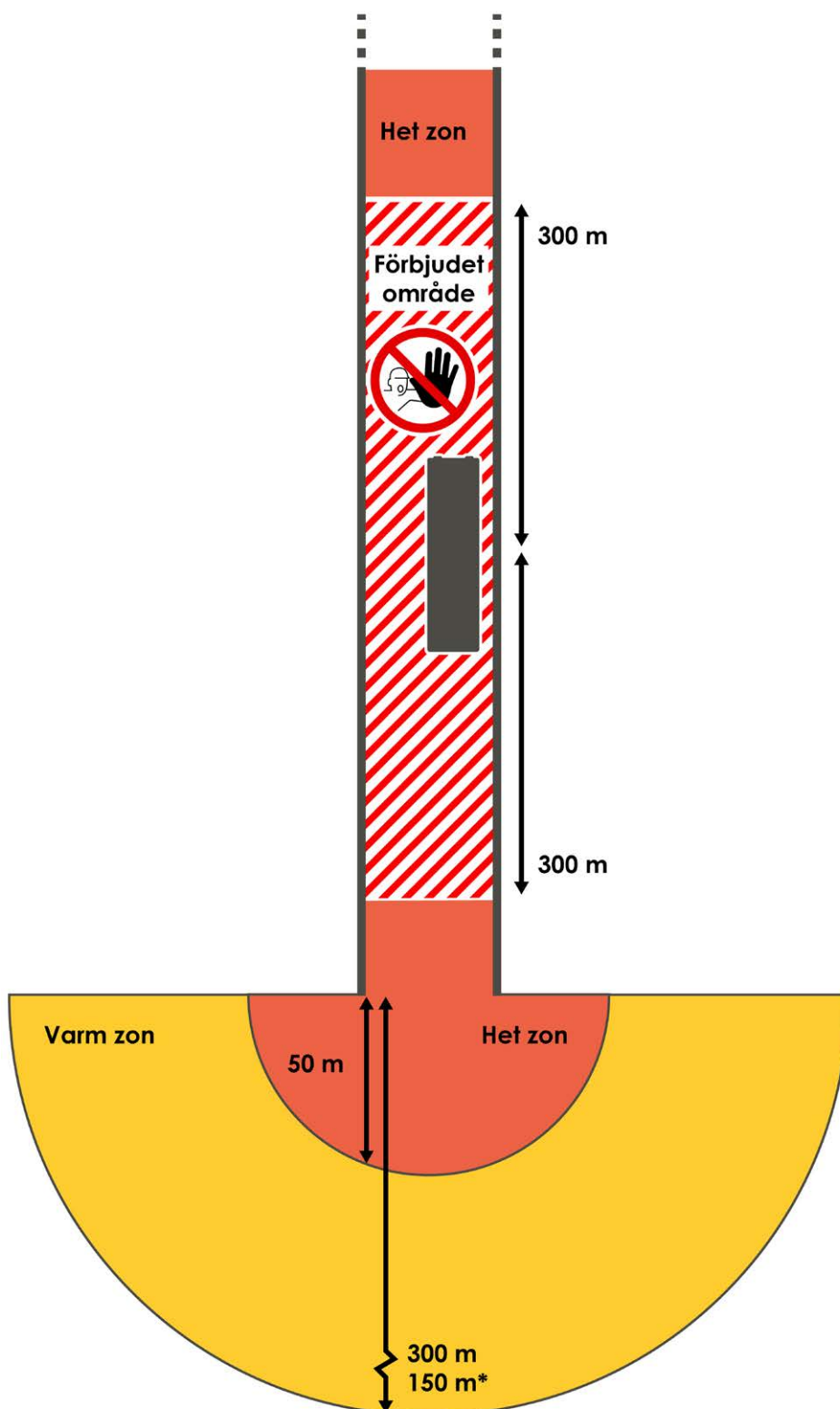
Figur 112. CNG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

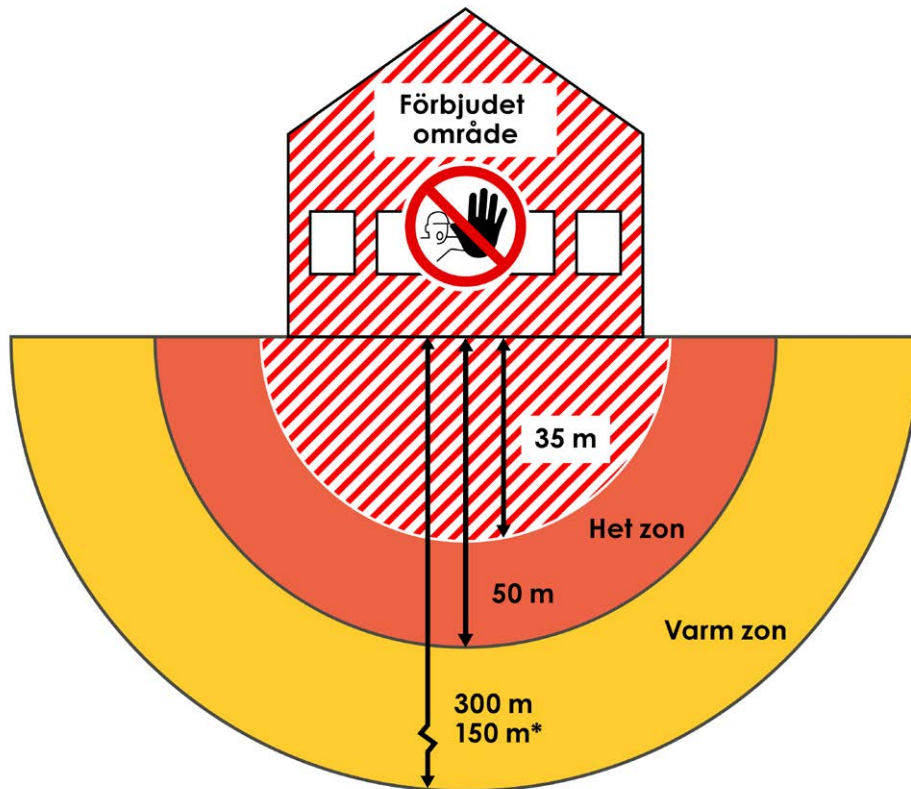


Figur 113. CNG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

Figur 114. CNG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





2.2.2 Trafikolycka LNG Buss

- Ofta två tankar, oftast mellan 400–600 liter styck.
- Tankar av stål, dubbla väggar med isolering mellan väggarna. Arbetstryck under 16 bar.
- Tankarna är inneslutna i nedre delen av fordonskonstruktionen, alltså inte takmonterade. Kan vara placerade på flera olika ställen i fordonet.
- Tankarna har säkerhetsventiler som vanligen öppnar när trycket överstiger 16 bar samt ytterligare en säkerhetsventil som öppnar vid upp mot 24 bar.
- Så länge säkerhetsventilerna är oskadade skyddar de tankar från tryckkärlexplosion även vid yttre flampåverkan i upp mot två timmar.
- Säkerhetsventilen (tryckaktiverad) öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen inte stänger efter aktivering.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning – risk för frysning av tryckutjämningsanordning.
- Manometertrycket ger en indikation på om utsläpp av gas kan ske under insats.
- Avblåsningsledning som i huvudsak mynnar ovanför bussen.
- Slang mellan tank och denna ledning kan skadas av brand med konsekvens att jetflamma från säkerhetsventil kan riktas mot fordonsdelar eller kupé.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

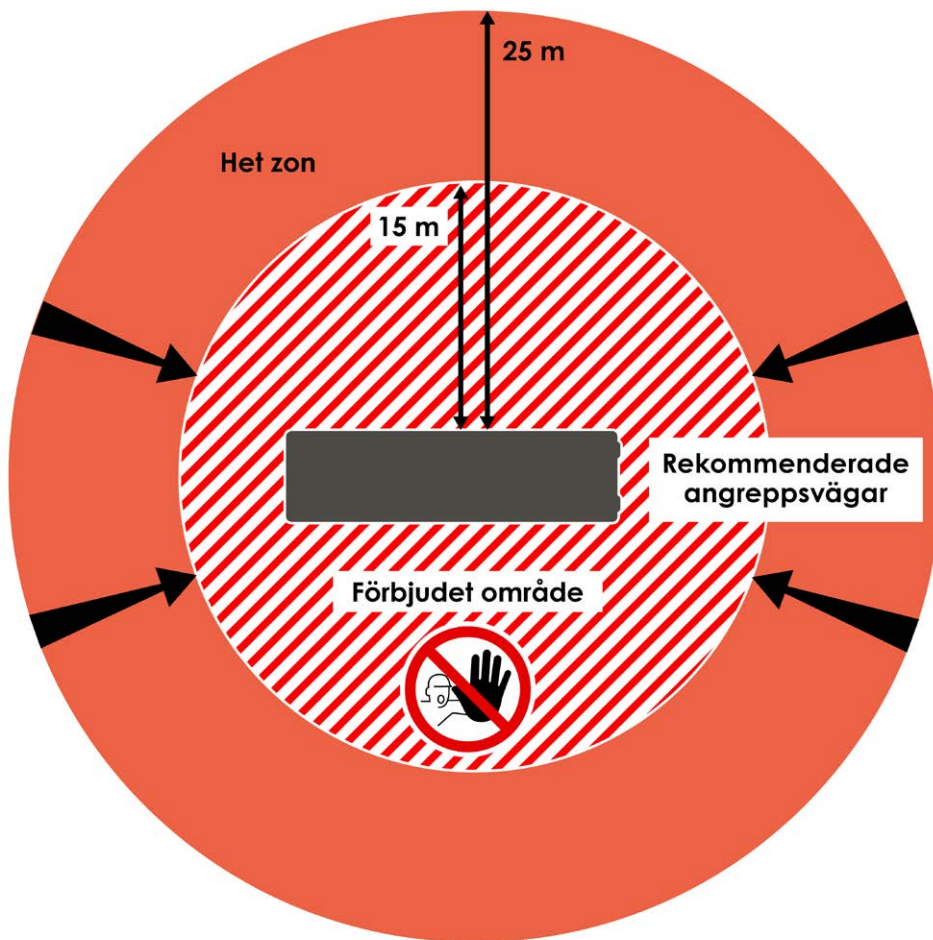


CNG

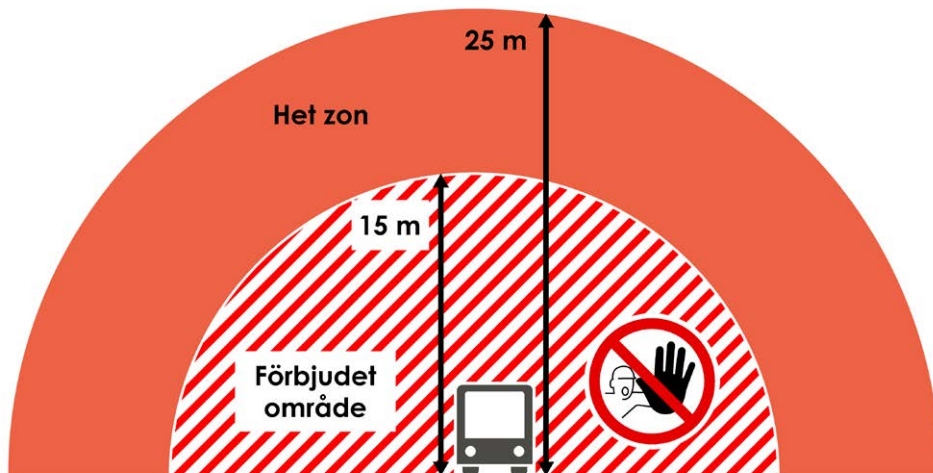
LNG



Figur 115. LNG, buss, jetflamma (ovanifrån)



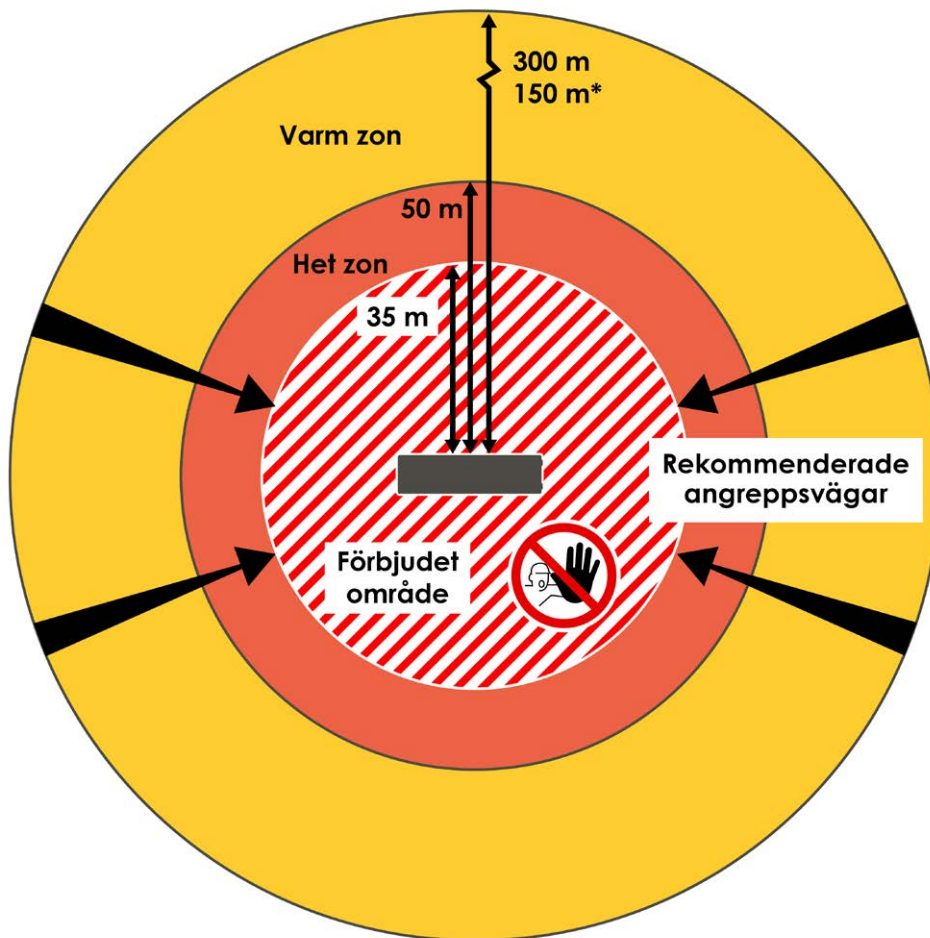
Figur 116. LNG, buss, jetflamma (framifrån)



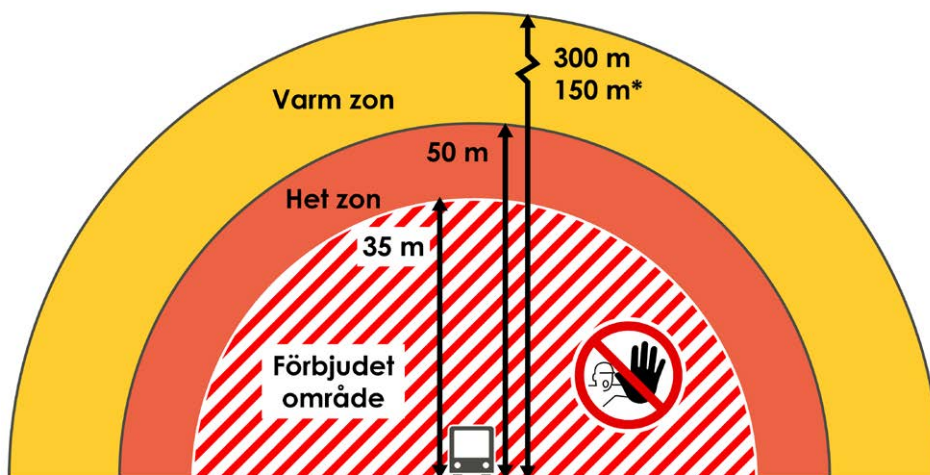
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 117. LNG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 118. LNG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

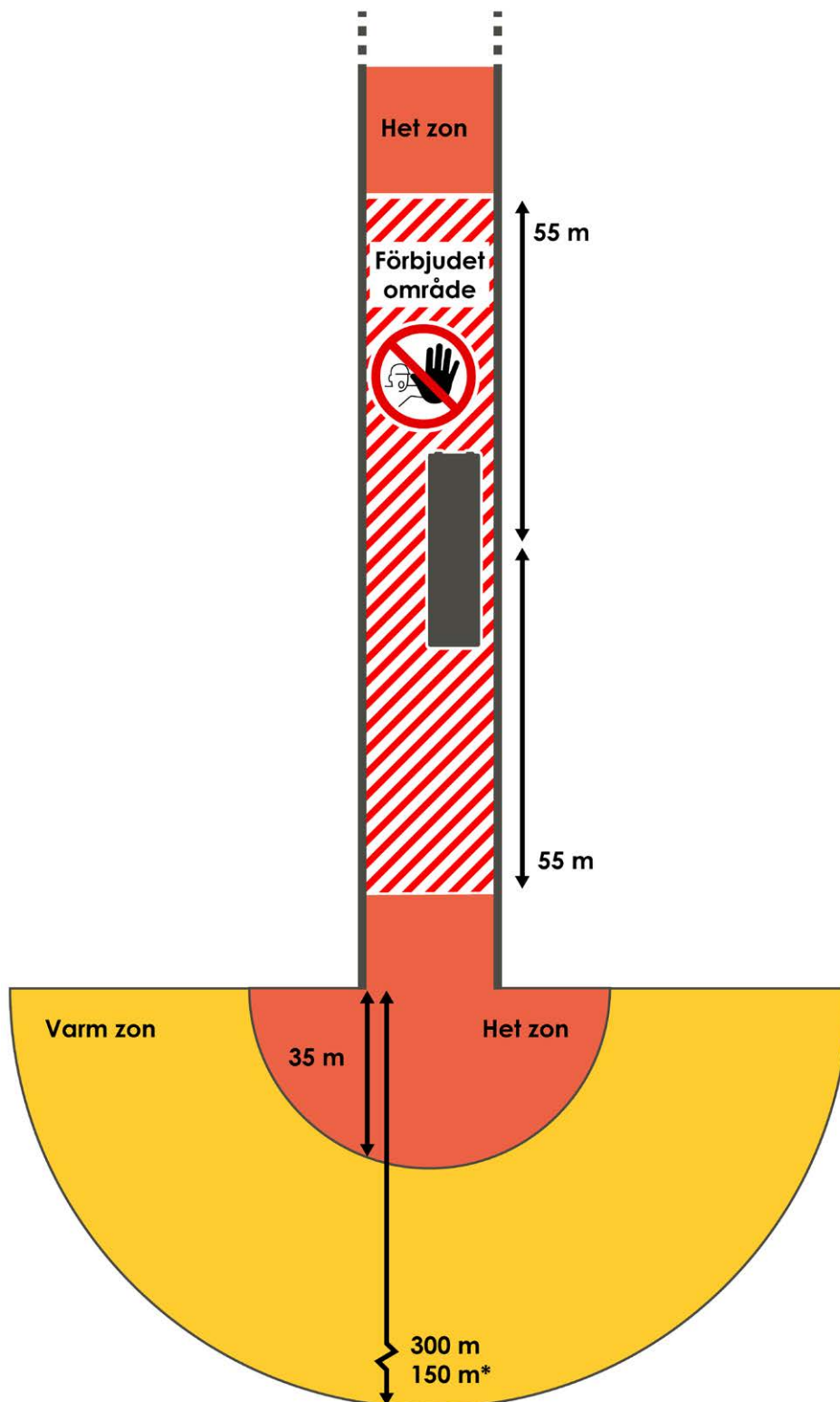


CNG

LNG



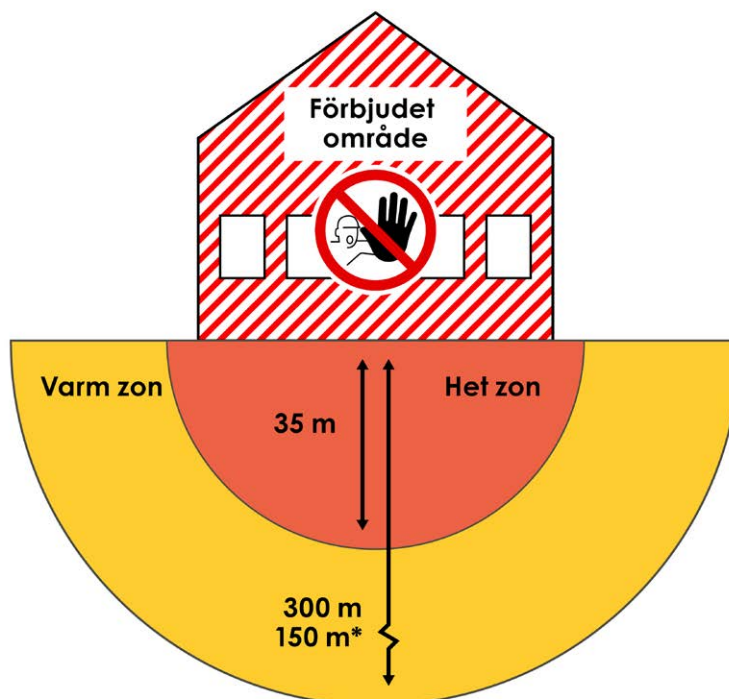
Figur 119. LNG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 120. LNG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



2.2.3 Trafikolycka CHG Buss

- Flera tankar med volym på upp mot 600 liter styck.
- Tankarna består av en kombination av metall- och kompositmaterial alternativt enbart av kompositmaterial med ca. 350 bar arbetstryck.
- Tankarna inneslutna av en kåpa av plast eller kompositmaterial.
- Tankarna är placerade på taket, ca. 3 meter över mark. Därmed utsatta vid höjdhinder som tunnel och viadukt.
- Tankarnas höga tryck och krav på täthet mot vätgas kräver kraftigare gods-tjocklekar, upp till 30 mm.
- Den vätgas som släpps ut från avblåsningsanordning på vätgasfordon riktas nedåt, uppåt, snett bakåt eller åt sidorna (risk för jetflamma i främsta de riktningarna).
- Riktningen för avblåsningsanordningen kan påverkas om tankarna flyttats eller påverkats vid till exempel en krock.
- Vätgas avger bara vattenånga vid förbränning. Detta medför att jetflammar som uppstår när tryckutjämningsanordning utlöser kan vara svåra att uppfatta utan värmekamera.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



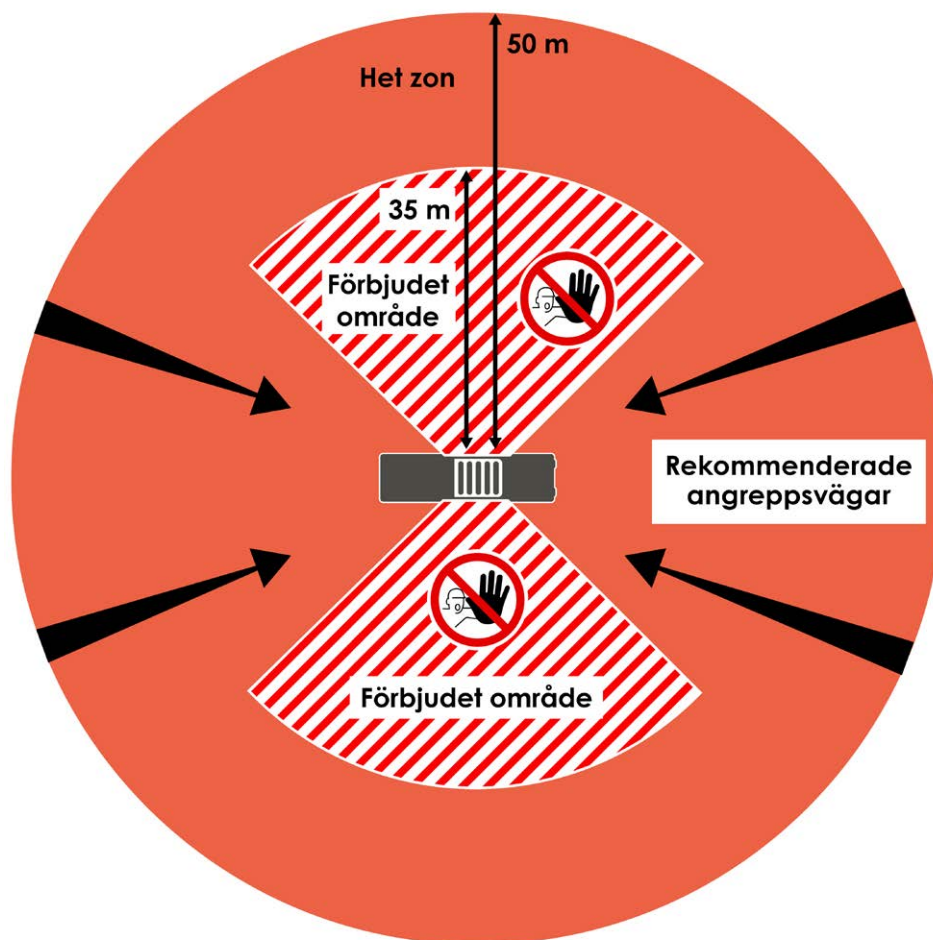
CNG

LNG

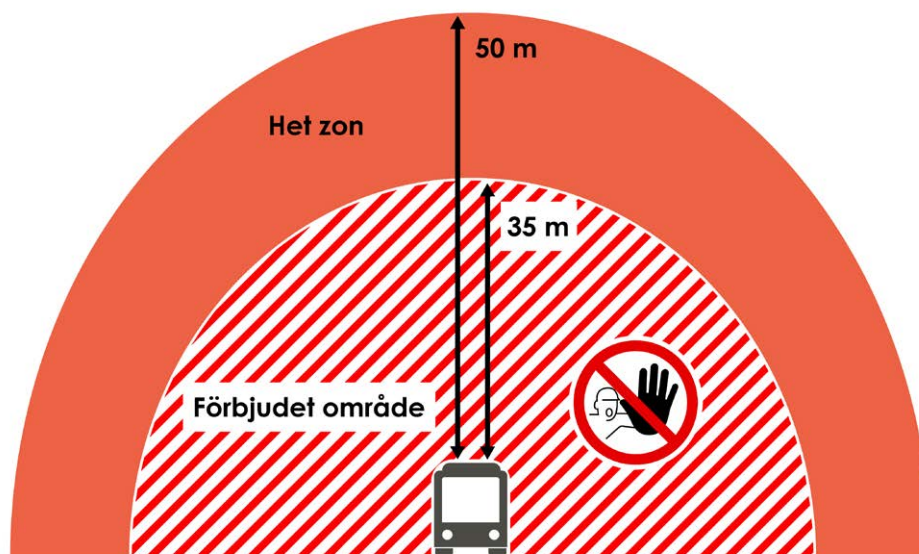




Figur 121. CHG, buss, jetflamma (ovanifrån)



Figur 122. CHG, buss, jetflamma (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

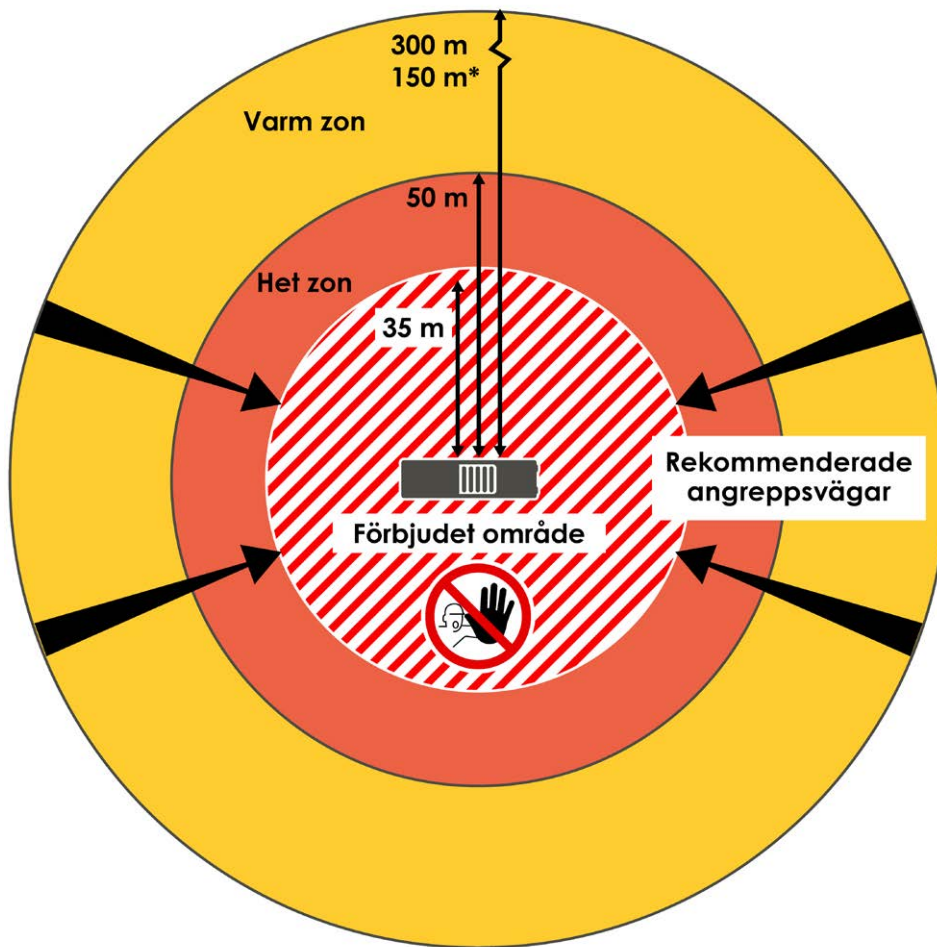


CNG

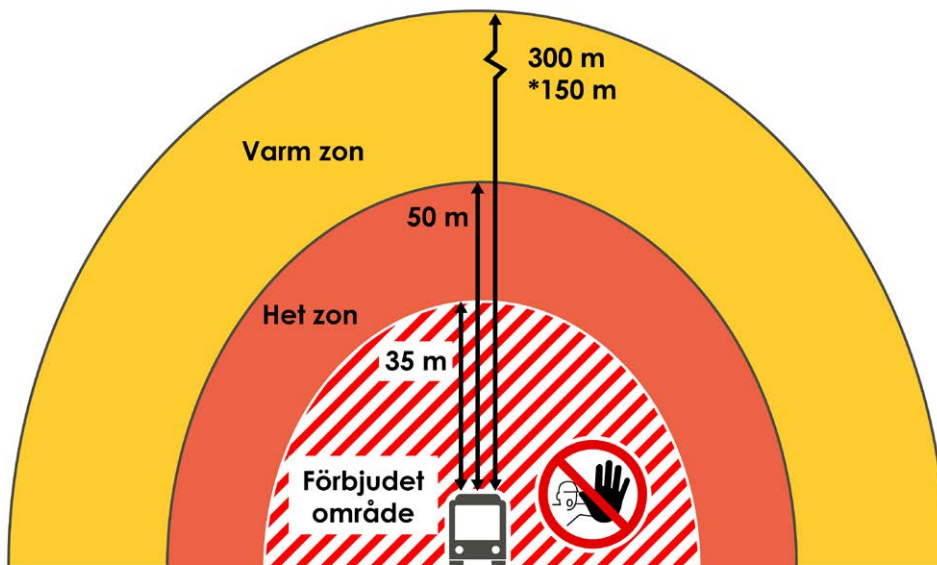
LNG



Figur 123. CHG, buss, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



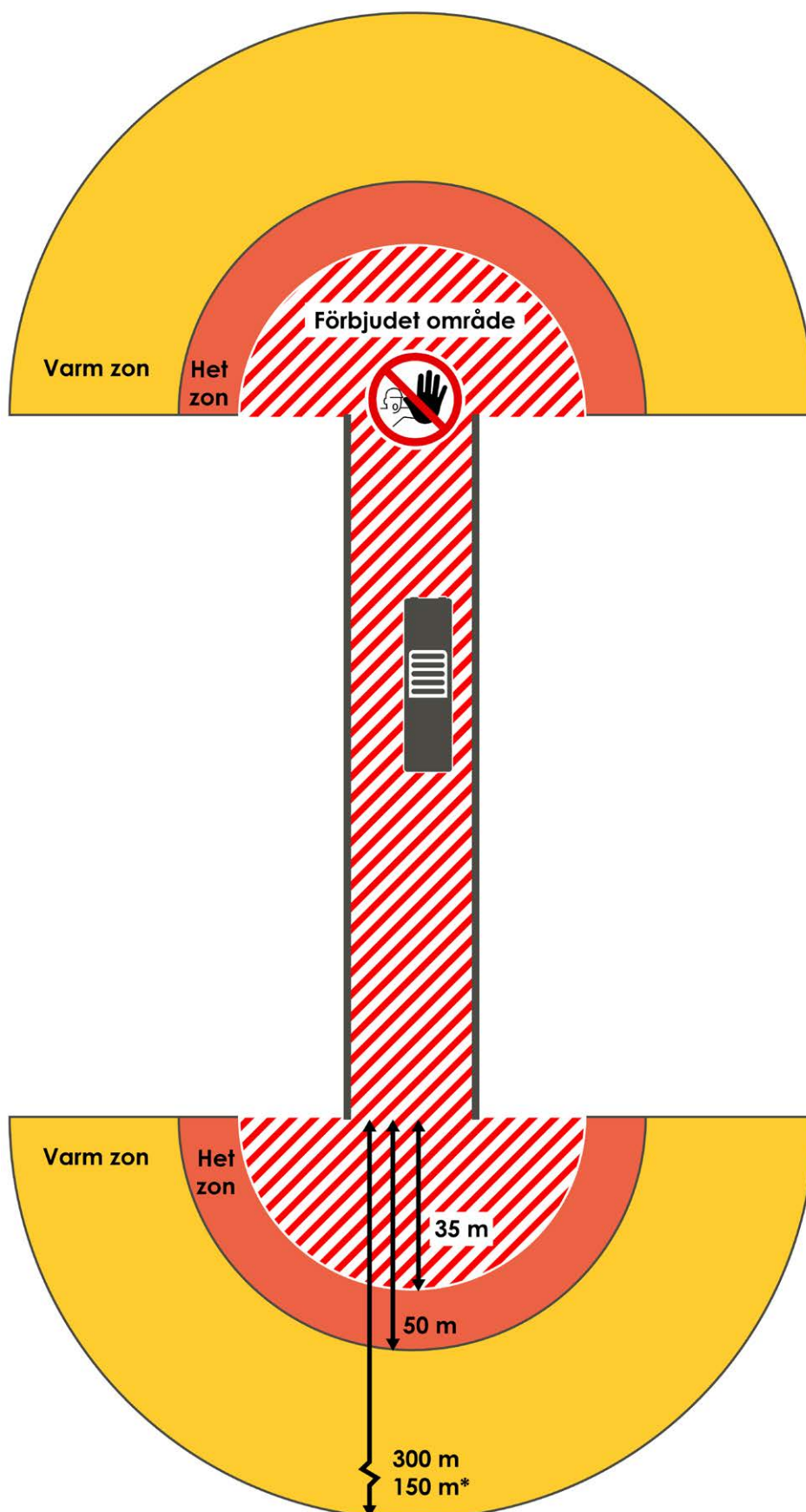
Figur 124. CHG, buss, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 125. CHG, buss, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

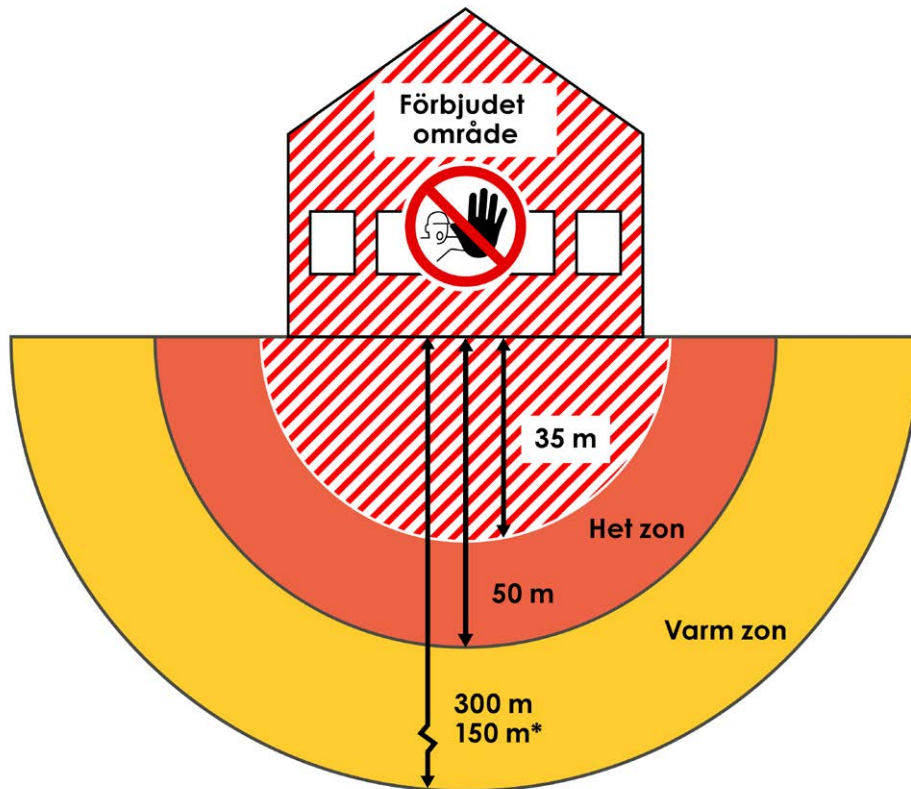


CNG

LNG



Figur 126. CHG, buss, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





2.3 Trafikolycka tung lastbil

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Använd registreringsnummer för att hitta räddningskort för fordonet och rapportera registreringsnummer i lägesrapport.
- Försök med hjälp av räddningskort och ägare fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Farligt gods transport?
- Använd explosimeter inom riskområdet, arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella jetflammar eller uppflammande gasmoln.
- Tänk på att även små läckage som antänds kan aktivera jetflammar.
- Läs olycksplatsen: Tankarnas placering på fordonet? Hur är krockvåldet i förhållande till tankarna?
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Gastankar påverkade av mekaniskt våld eller värme?

NEJ

Offensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för jetflamma.

- Prioritera åtgärder som vanligt vid trafikolycka.
- Ha beredskap för snabb släckinsats om brand uppstår, se flik **brand**.

JA

Defensiv taktik som utgångspunkt

Utgå ifrån zonindelning och angreppsvägar för såväl jetflamma som tryck-kärlsexplosion.

- Om riskbedömning medger arbete nära fordonet – minimera tiden i riskområdet och prioritera utrymning av skadade och inblandade för vård utanför riskområdet.
- Tänk på riskområde och använd säkra angreppsvägar för jetflamma om någon närmar sig fordonet.
- Finns personer i fordonet och tydliga tecken på läckage så arbeta med att förstärka naturlig ventilation.
- Arbeta med vind/ventilation/mobil fläkt i ryggen och öka ventilation om explosimeter varnar även det lägsta varningsläget. Gör fordonet strömlöst om gas inte detekteras i närheten av batteri/strömbrytare.
- Undvik vibrationer och att fordonet rör sig och palla ordentligt innan losstagning.
- Krossa hellre sidorutor än att öppna dörrar för att ventilera misstänkt gasutsläpp inuti fordonet då det ger mindre risk för antändning.
- Rör inga lösa gastankar utanför fordon. Spärra av området runt dessa.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder eller annat.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Zonindelning/avspärning/ utrymning och inrymning

- Utgå ifrån zonindelningsexempel för aktuell risk, anpassa *varm zon* utifrån rådande omständigheter på skadeplats till exempel bebyggelse inom riskområdet.
- Vid risk för tryckkärlsexplosion: Går det att tillämpa skydd från höga byggnader? Se flik skydd.
- Utrym *het*, *varm* och *kall zon*.
- Lägenheter eller andra brandceller som vetter mot olyckan och är i *het* eller *varm zon* utryms. Inrymning kan övervägas till andra brandceller inom *varm* och *kall zon* om man kan bevaka området.
- Omvärdera riskbedömning kontinuerligt och anpassa avspärning/utrymning vid behov.



Skydd

- Använd personlig skyddsutrustning i respektive zon enligt tabell: se flik skydd.



Avslutande åtgärder

- När fordonet ska bärgas behöver gastankarna först kontrolleras av sakkunnig och tankars stängventiler behöver ibland stängas. För att göra sådana kontroller kan bärgningsföretaget kontakta fordonets märkesverkstad via journalnumret.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



2.3.1 Trafikolycka CNG Tung lastbil

- Ofta fyra tankar på vardera sidan av fordonet på 80–120 liter per tank. Stående tankar bakom hytt kan förekomma.
- Tankarna består oftast av kompositmaterial eller stål med ca. 200 bar arbetstryck.
- Tankarna oftast placerade där dieseltankar normalt är placerade, alltså nedtill bakom framhjulen på fordonet.
- Denna placering innebär att tankarna är mekaniskt oskyddade, ofta 200 millimeter över marken.
- Bränslesystem och tryckavlastningsanordningar utformade på liknande sätt som andra CNG fordon.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



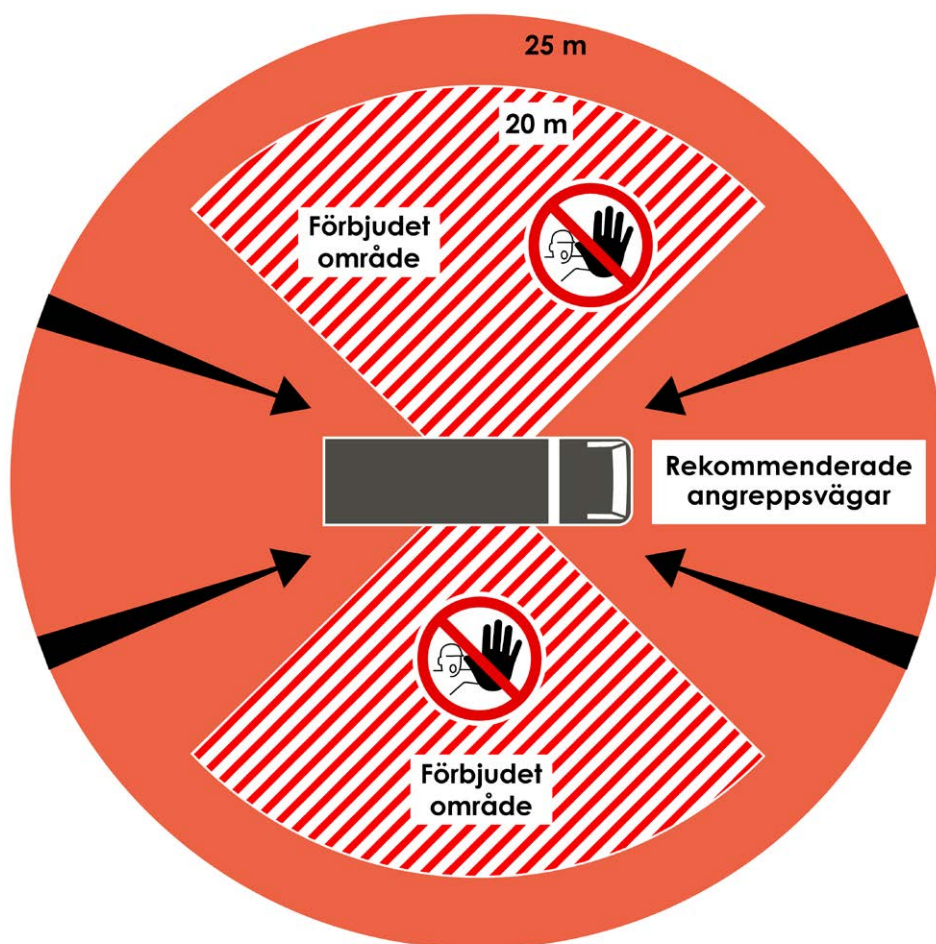
CNG

LNG

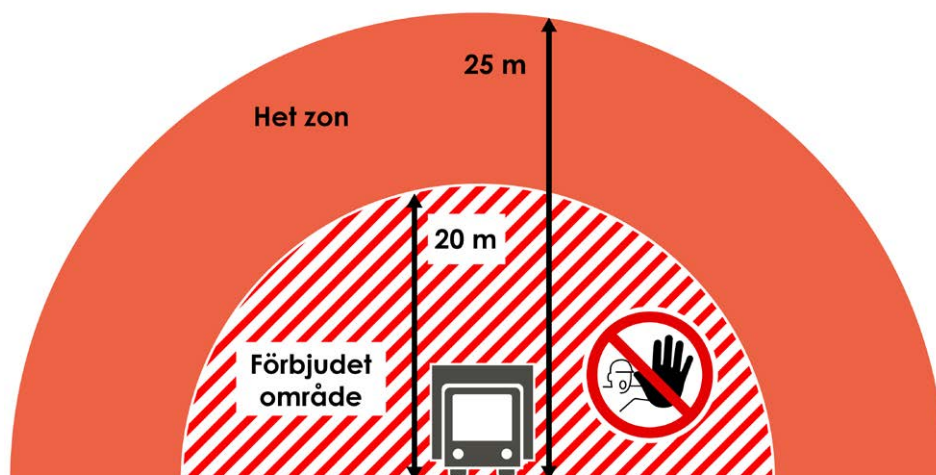




Figur 127. CNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)

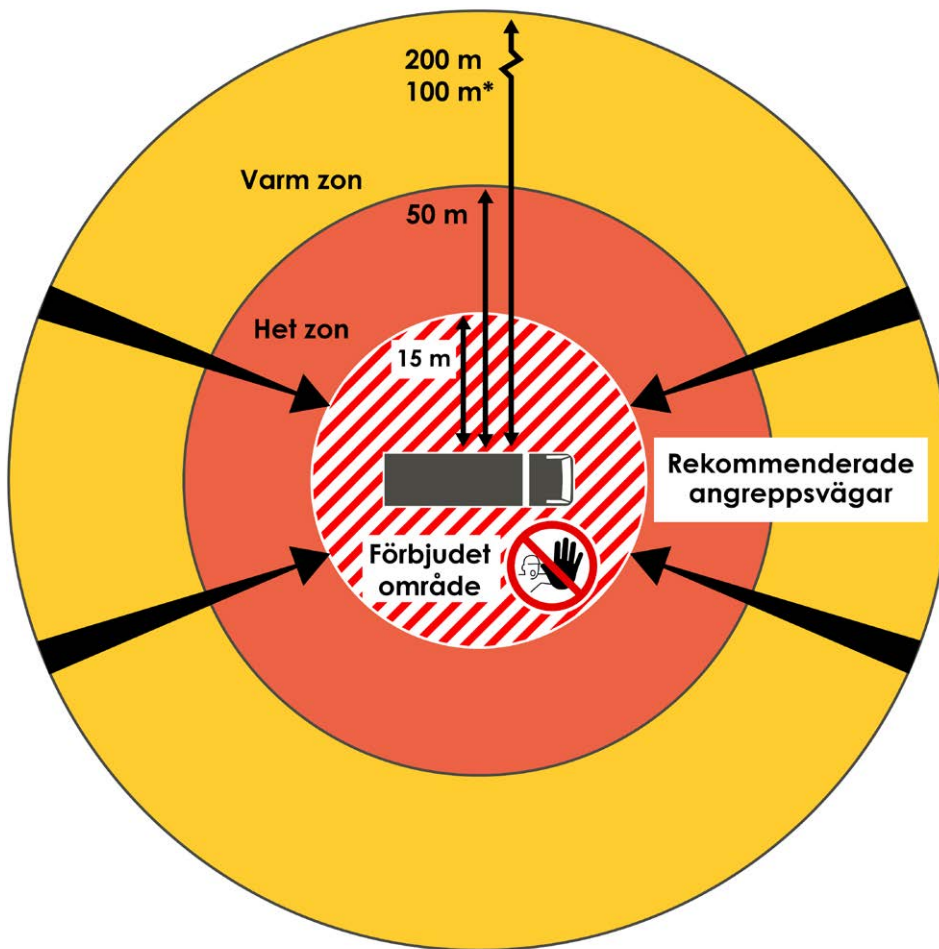


Figur 128. CNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)

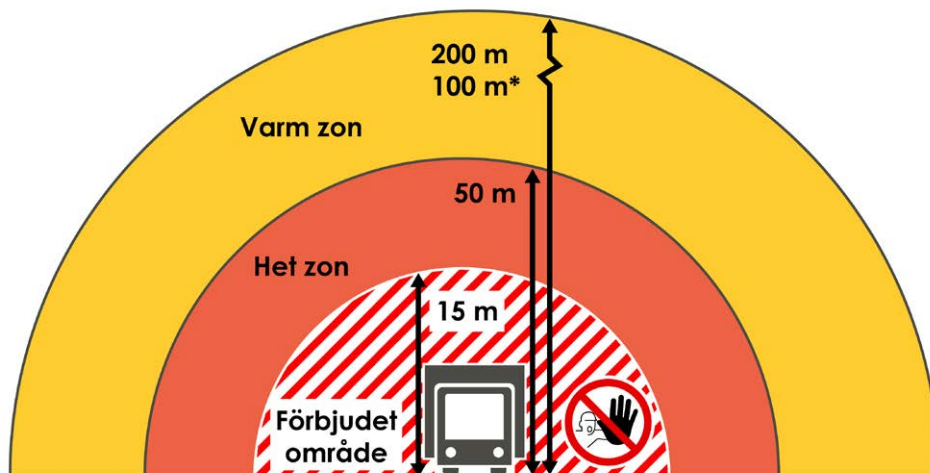


-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

Figur 129. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



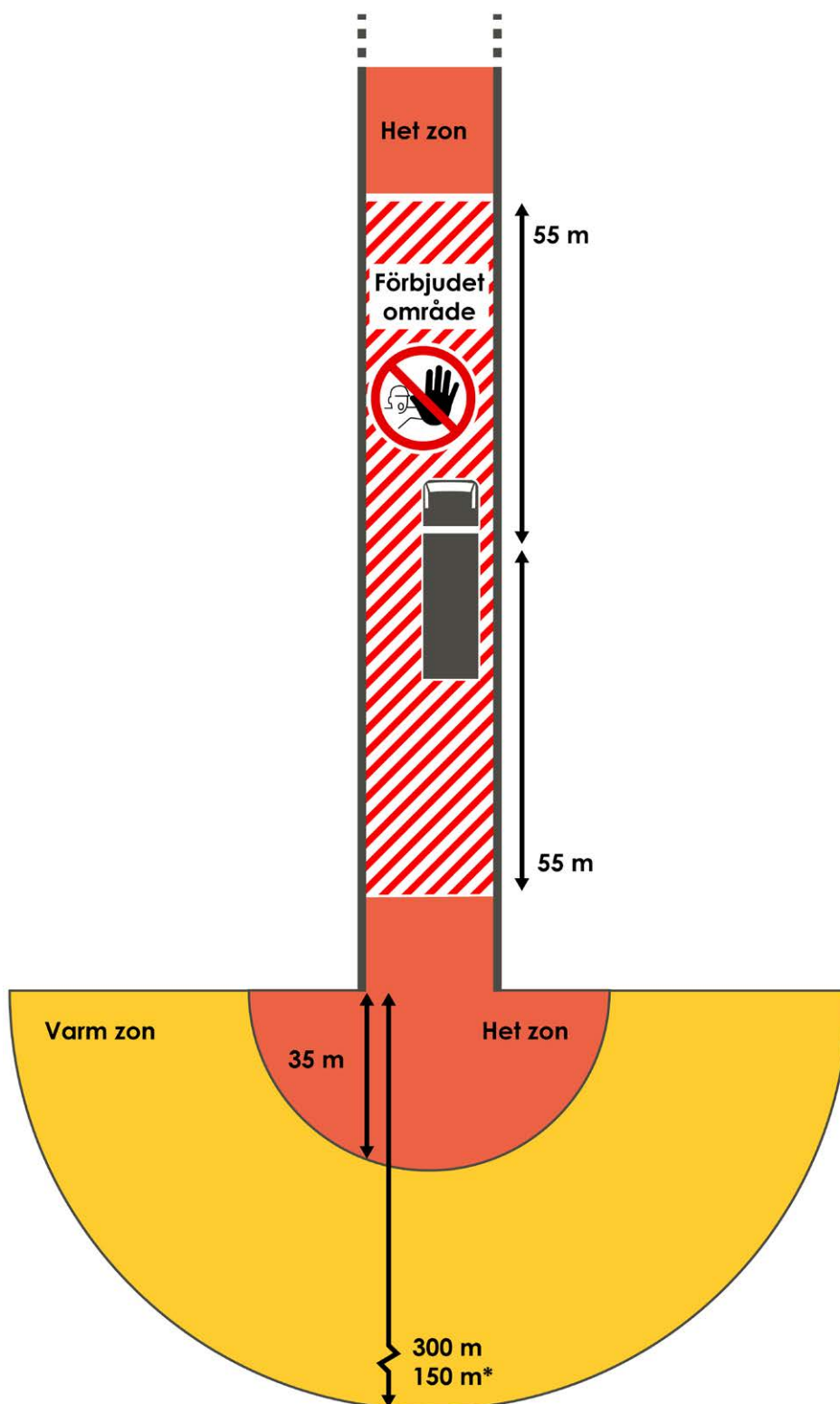
Figur 130. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

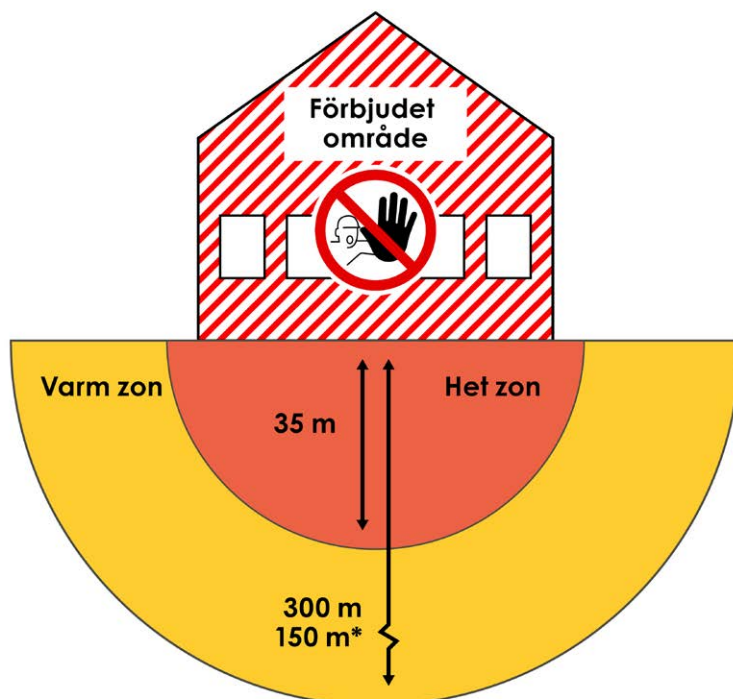


Figur 131. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-

Figur 132. CNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



2.3.2 Trafikolycka LNG Tung lastbil

- Vanligtvis en tank, oftast mellan 400–600 liter. Förekommer dock utföranden med en tank på varje sida.
- Tankar av stål, dubbla väggar med isolering mellan väggarna. Under 16 bar arbetstryck.
- Tankarna oftast placerade där dieseltankar normalt är placerade, alltså nedtill bakom framhjulen på fordonet.
- Placering innebär att tankarna är mekaniskt oskyddade, ofta 200 millimeter över marken.
- Tankarna har säkerhetsventiler som vanligen öppnar när trycket överstiger 16 bar samt ytterligare en säkerhetsventil som öppnar vid upp mot 24 bar.
- Så länge säkerhetsventilerna är oskadade skyddar de tankar från tryckkärls-explosion även vid yttre flampåverkan i upp mot två timmar.
- Säkerhetsventilen (tryckaktiverad) öppnas och stängs automatiskt beroende på trycket i tanken, till skillnad från en smältsäkring som öppnar men vanligen inte stänger igen.
- På grund av det kan en jetflamma uppstå igen efter att jetflamman nyss har slocknat från avblåsningsledningen från en säkerhetsventil.
- Undvik vatten på tank och avblåsningsledning – risk för frysning av tryck-utjämningsanordning.
- Manometertrycket på tanken ger en indikation på om utsläpp av gas kan komma att ske.
- Avblåsningsledning som i huvudsak mynnar ovanför lastbilen.
- Slang mellan tank och avblåsningsledning kan skadas vid brand, med konsekvens att jetflamma från säkerhetsventil kan riktas mot fordonsdelar eller kupé.

Riskavstånd och angreppsvägar



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

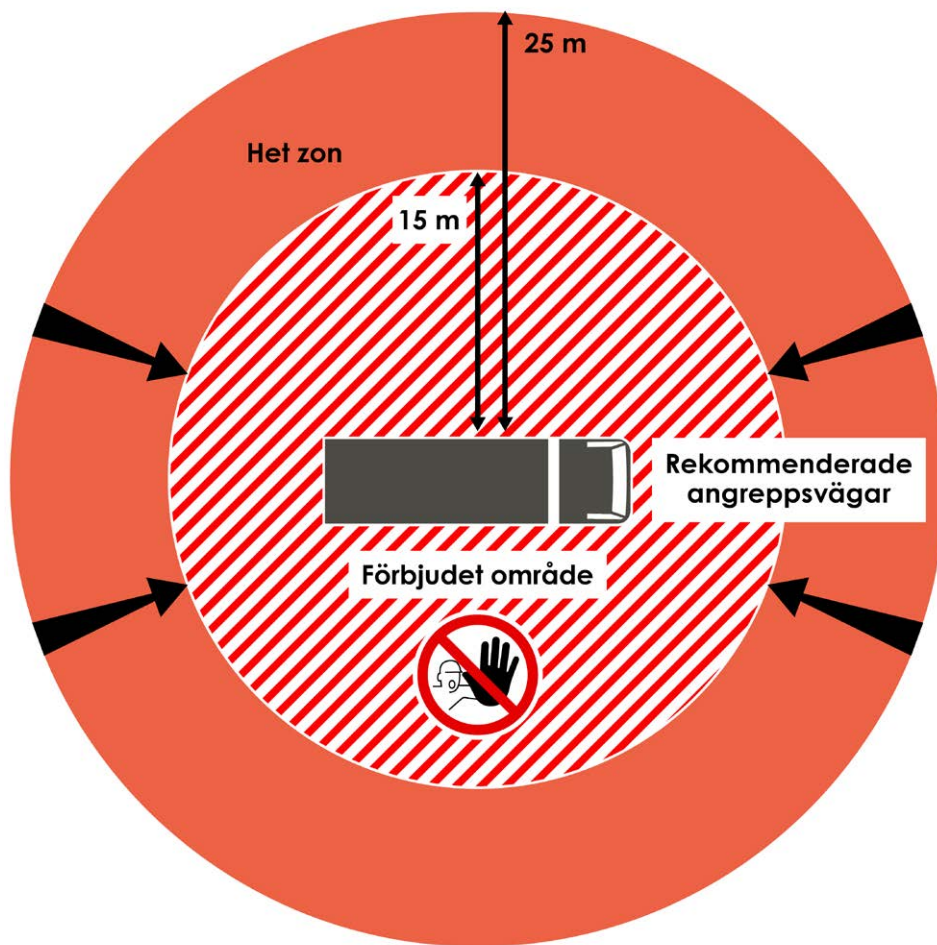


CNG

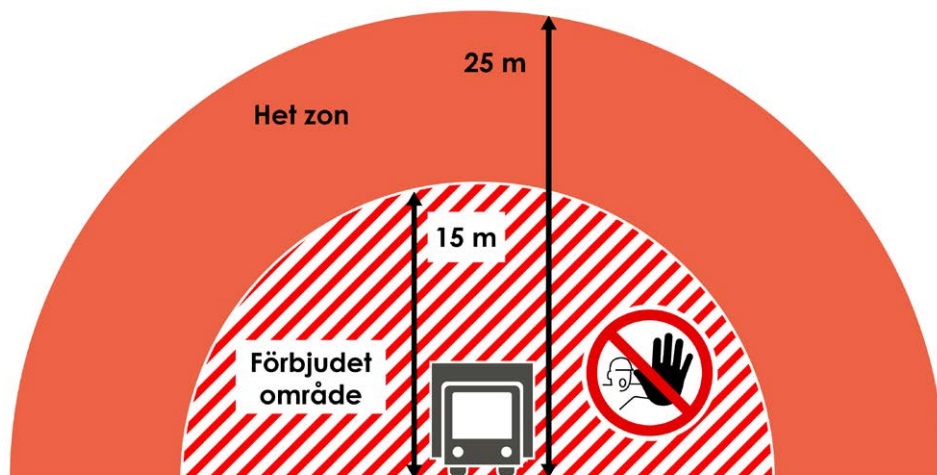
LNG



Figur 133. LNG, tung lastbil, jetflamma (ovanifrån)



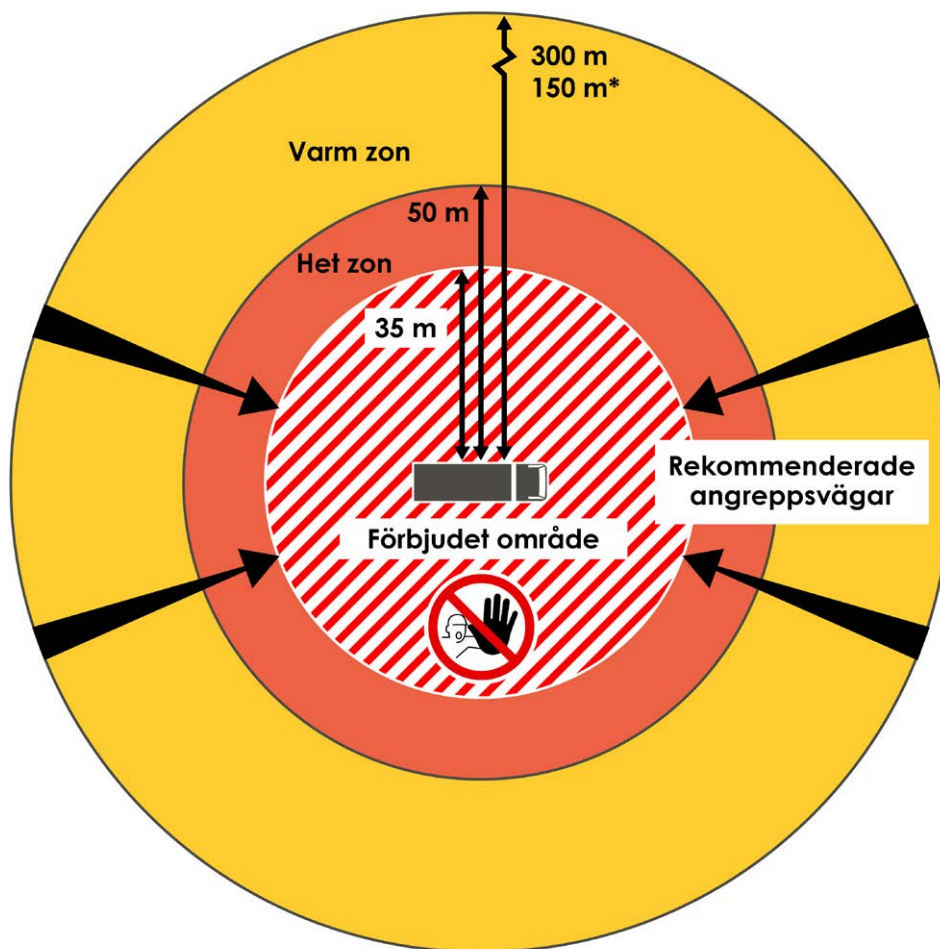
Figur 134. LNG, tung lastbil, jetflamma (framifrån)



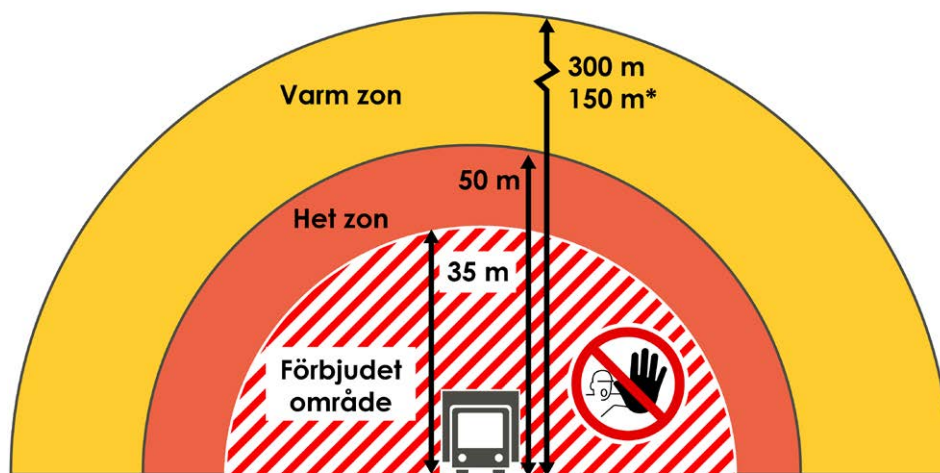
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
- CNG
- LPG
- CHG
-
- CNG
- LNG
- CHG
-
- CNG
- LNG
-
-
-



Figur 135. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (ovanifrån)



Figur 136. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion (framifrån)



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

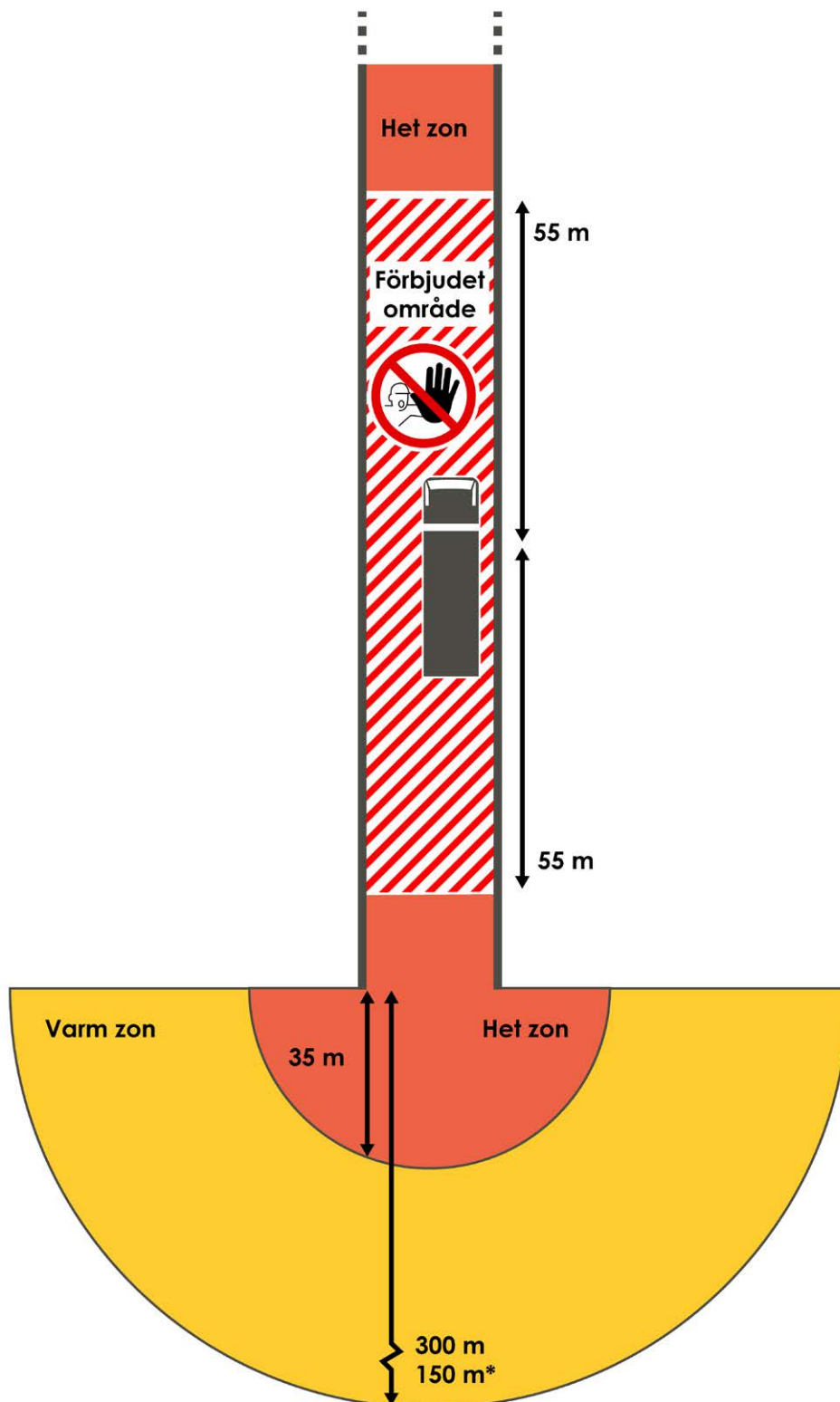


CNG

LNG



Figur 137. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion tunnel



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



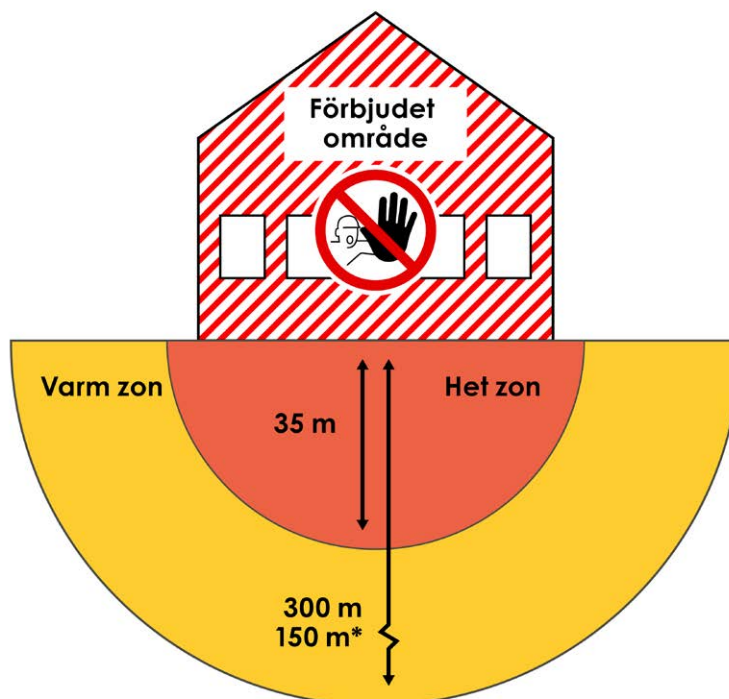
CNG

LNG





Figur 138. LNG, tung lastbil, tryckkärlsexplosion inomhus



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



| 3. Gasläckage



3.1 Gasläckage samtliga fordons- och gastyper

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Försök fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Utgå ifrån riskavstånd och angreppsvägar för jetflamma.
- Dimbildning eller moln är en indikation på gasläckage. Brännbarhetsområdet kan vara större än ett synbart gasmoln.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud.
- Använd explosimeter i riskområdet.
- Använd värmekamera för att skapa överblick över temperaturavvikelser. Tänk på att endast använda EX-klassad utrustning där gasblandning i luft kan förekomma.
- Vattenbegjut marken som ska beträdas i riskområdet, tillför vattendimma in i dimmoln för att minska risken för gasmolnsexplosion.
- Särskilt om vätgas, CHG och gasläckage*.
- Särskilt om LNG och LPG och gasläckage**.
- Där explosimeter varnar eller visar mer än 10 procent av LEL går gränsen för *förbjudet område*.
- Gasens densitet i förhållande till luft (densitetstal) påverkar hur gasen sprids och var den ansamlas.
- Densiteten påverkas av temperaturen och därför kan kall gas ibland initialt vara tyngre än luft.
- Undvik att spänningssätta elektrisk utrustning i fordon eller byggnader. Exempelvis dörrbelysning i personbilar samt ventilationsanordningar i byggnader.
- I vissa situationer kan gasmolnsexplosion leda till att tryckkärl skadas så att hot för tryckkärlsexplosion tillkommer som risk.
- Ha beredskap för snabb släckinsats om brand uppstår, se flik **brand**.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

Utomhus

- Särskilt om vätgas, CHG och gasläckage*.
- Särskilt om LNG och LPG och gasläckage**.
- Åtgärder där man styr gasmolnet med hjälp av vattendimma eller ökad ventilation kan flytta gasmolnet från angreppsvägen och därigenom möjliggöra insats.
- Utomhus bildas inte någon skadlig tryckökning efter antändning – liten risk för personskador av tryckökning.
- Om det finns en explosiv gasblandning inuti fordon så kan en antändning ge upphov till såväl värme- som splitterverkan även om fordonet står utomhus.
- Krossa sidoruta för att ventileras – undvik att öppna dörrar p.g.a. risk för antändning.
- Att vänta tills läckaget upphört är en säker metod att använda vid gasläckage om möjligt.
OBS! det kan finnas gastryck kvar i skadade tankar även efter att ett eventuellt läckage har upphört.

Inomhus

- Särskilt om vätgas och gasläckage*.
- Särskilt om LNG och LPG och gasläckage**.
- Ett gasutsläpp inomhus innebär större risk för personskador vid en eventuell antändning.
- Om det sker en antändning av gas inomhus kan räddningspersonal skadas i hela byggnaden, samt inom en radie av 50 meter utanför byggnaden.
- Genom att arbeta i skydd av till exempel en brandbil kan riskavståndet 50 meter för räddningspersonal utanför byggnaden kortas ned avseende splitter och byggnadsdelar från gasmolnsexplosion inomhus.
- I tunnlar och byggnader kan fasta ventilationsanordningar påverka luftflöde och luftomsättning.
- Fasta ventilationsanordningar i tunnlar och garage bör inte stängas av om de är i drift, dessa kan då istället utnyttjas för att ventileras och späda ut gaskoncentrationen och minska såväl sannolikhet som konsekvens av gasmolnsexplosion.
- Välj om möjligt angreppsväg i samma riktning som luft kommer in i tunneln eller byggnaden.
- Att vänta tills läckaget upphört kan vara en lämplig metod att använda.
- För mer info om tunnlar och gasdrivna fordon, se flik [tunnlar](#).



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





*VÄTGAS, CHG OCH GASLÄCKAGE:

- Utgå ifrån riskavstånd och angreppsvägar för jetflamma vid händelser utomhus.
- Vätgas är lätt i förhållande till luft och kan tränga igenom vanliga byggnadskonstruktioner som till exempel trä och gips.
- Vätgas har ett stort brännbarhetsområde.
- För samtliga fordon som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnsexplosion gränssättande för *förbjudet område* inomhus och i tunnlar. Tryckvåg från gasmolnsexplosion är orsaken till att hörselskydd måste användas inom 30 meter från fordonet utomhus.
- Vid gasläckage inomhus bör hela byggnaden betraktas som *förbjudet område*.
- 120 meter *förbjudet område* gäller för samtliga vätgasdrivna fordon i tunnel.
- Tänk på att till exempel fordon, belysning eller aktivering av mekanisk ventilation kan antända brännbara vätgasmoln.
- Vid risk för tryckkärlexplosion genom brand eller mekanisk påverkan, se flik **brand**.

**LNG, LPG och gasläckage:

- För LNG-och LPG drivna fordon: Undvik att påföra vatten på tank och avblåsningsledning p.g.a. risk för frysning av tryckutjämningsanordning.
- För LNG drivna fordon: Läckage vid påfyllnadsrör p.g.a. frysning kan avhjälpas genom att påföra varmt vatten. **OBS!** Viktigt att vatten inte kommer i direktkontakt med tank och tillhörande delar – använd vattentät duk, plast eller liknande.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



| 4. Tunnlar



4.1 Tunnlar

Riskbedömning och riskmedvetenhet

- Beakta förekommande risker vid arbete i vägtrafikmiljö.
- Försök fastställa drivmedelstyp, tankarnas placering på fordonet och drivmedelstankarnas material för fordonet samt skapa överblick över skadeområdet.
- Sök info från trafikledningscentral, kameror i tunnel, info från förare eller inringare.
- Utnyttja fasta ventilationsanordningar, beroende på situation. Beakta att aktivering av ventilation kan antända eventuella gasmoln.
- Bedöm och förmedla tidigt behovet av snabb utrymning av tunnel.
- Om parallella tunnelrör finns – eftersträva utrymning i dessa.
- Om parallella tunnelrör finns – använd om möjligt dessa som angreppsvägar.
- Vid risk för tryckkärlsexplosion genom brand eller mekanisk påverkan, se flik **brand**.
- Använd explosimeter och värmekamera om tunneln kan beträdas.
- Där explosimeter varnar eller visar mer än 10 procent av LEL går gränsen för *förbjudet område*.
- Särskilt om vätgas och gasläckage*.
- Vid gasläckage: vattenbegjut marken som ska beträdas i riskområdet, tillför vattendimma in i dimmoln för att minska risken för gasmolnsexplosion.
- Lyssna efter pysande eller visslande ljud, var uppmärksam på eventuella gasmoln.
- Gasens densitet i förhållande till luft påverkar hur gasen sprids och var den ansamlas.
- Densiteten påverkas av temperaturen och därför kan kall gas ibland initialt vara tyngre än luft.
- Undvik att spänningssätta elektrisk utrustning i fordon eller tunnel. Exempelvis dörrbelysning i personbilar samt ventilationsanordningar.
- I vissa situationer kan ett gasutsläpp med gasmolnsexplosion leda till att tryckkärl skadas så att risk för tryckkärlsexplosion uppstår.
- Ha beredskap för snabb släckinsats om brand uppstår, se flik **brand**.
- Omvärdera riskbedömning och zonindelning kontinuerligt utifrån eventuellt eskalerande förlopp, tillkommande information, effekt av insatsåtgärder etc.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Taktiska överväganden

- Särskilt om vätgas och gasläckage*.
- Fasta ventilationsanordningar i tunnlar bör inte stängas av om de är i drift, dessa kan då istället utnyttjas för att ventilera och späda ut gaskoncentrationen och minska både sannolikhet och konsekvens av gasmolnsexplosion.
- Välj om möjligt angreppsväg i samma riktning som luft kommer in i tunneln.
- Om det finns en explosiv gasblandning inuti fordon så kan en antändning ge upphov till såväl värme – som splitserverkan.
- Krossa sidoruta för att ventilera – undvik att öppna dörrar p.g.a. risk för antändning.
- Att vänta tills läckaget upphört kan vara en lämplig metod att använda. Notera dock att det kan finnas gastryck kvar i skadade tankar även efter att ett eventuellt läckage har upphört.

*Vätgas och gasläckage:

- Minimera tiden i tunneln och prioritera utrymning av riskområdet. Ge vård utanför riskområdet.
- Vätgas är lätt i förhållande till luft och kan tränga igenom vanliga byggnadskonstruktioner som till exempel trä och gips.
- För samtliga fordon som drivs av vätgas är risken för tryckvåg till följd av gasmolnsexplosion gränssättande för *förbjudet område* inomhus och i tunnlar.
- 120 meter *förbjudet område* gäller för samtliga vätgasdrivna fordon i tunnel utan ventilation.
- Tänk på att till exempel fordon, belysning eller aktivering av mekanisk ventilation kan antända brännbara vätgasmoln.
- Vid risk för tryckkärlexplosion genom brand eller mekanisk påverkan, se flik **brand**.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



| 5. Skydd



5.1 Skydd

Tabell 9. Zonindelning, risker och personlig skyddsutrustning

Zon	Risker/restriktioner/skydd	Personlig skyddsutrustning
Förbjudet område	Allvarliga risker för liv och hälsa föreligger oavsett val av skyddsutrustning. <i>Förbjudet område</i> kan utgöras av hela eller delar av <i>het zon</i> som inte får beträdas.	Skyddsutrustning ger inte tillräckligt skydd för att förhindra skador. Rekognosering och åtgärder inom <i>förbjudet område</i> sker med obemannad teknik. (UAS (unmanned aircraft system) och UGV (unmanned ground vehicle) om det är möjligt vid beaktande av hot från explosiv atmosfär eller hetta.
Het	Allvarliga risker för liv och hälsa föreligger normalt. Personal bör inte vistas här mer än nödvändigt. Få personer och kort tid. Särskild skyddsutrustning kan behövas för att kunna vistas här på ett säkert sätt. Särskild vaksamhet krävs. Utöver personlig skyddsutrustning bör dessutom skydd mot splitter användas om risk finns för tryckkärls-explosion eller gasmolnsexplosion i slutet utrymme.	Exempel på särskild skyddsutrustning utöver det som gäller för <i>varm zon</i> : Andningsapparat med helmask SS-EN443 Typ 2. Hörselkåpor med medhörning som uppfyller bullerklass H i SS-EN 352-3:2002. Brandhandskar SS-EN 15090:2006. Skyddshandskar (mot blodsmitta, kroppsvätskor, etc.). Explosimeter kalibrerad för metan ATEX II 2G IIC T2 eller högre. Eftersträva att all utrustning som används i <i>het zon</i> är klassad enligt lägst ATEX II 2G IIC T2.
Varm	Risker för liv och hälsa kan föreligga. Personal bör inte vistas här mer än nödvändigt. Utöver personlig skyddsutrustning bör dessutom skydd mot splitter användas om risk finns för tryckkärls-explosion eller gasmolnsexplosion i slutet utrymme.	Minst följande skyddsutrustning bör användas i normalfallet: Brandskyddsdräkt (SS-EN 469 eller motsvarande) med underställ. Skyddsskor med spiktrampskydd och tåskydd (till exempel skyddsklass S3 eller S5 enligt SS-EN 15090:2012). Hörselkåpor som uppfyller lägst bullerklass M i SS-EN 352-3:2002 alternativt öronproppar enligt SS-EN 352-2:2020. Hjälm (SS-EN443 eller motsvarande). Skyddsglasögon enligt SS-EN166 klass 1FT eller högre. Varselkläder (lägst skyddsklass 2 enligt SS-EN ISO 20471). Visselpipa eller motsvarande varningsanordning.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG

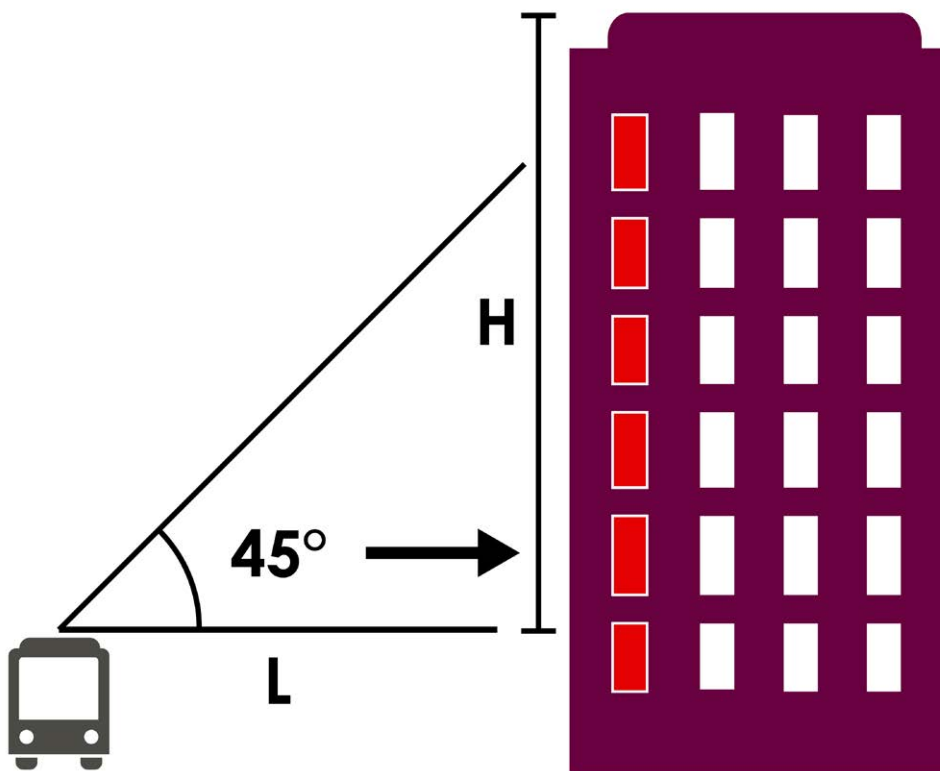


CNG

LNG



Figur 139. Skydd bakom byggnader



$$H = 3 \text{ meter} \times \text{antal våningar}$$

Skydd bakom byggnader medger att riskavståndet kan halveras i den riktningen där byggnaden står. För att tillgodogöra sig skydd från byggnader får avståndet mellan fordon och byggnaden inte överstiga höjden på byggnaden, se bild. Beakta att ytterväggar till de brandceller i en byggnad som vetter mot olycksplatsen, som träffas av delar från tryckkärl, kan brista och risk finns även att oförbränd gas där efter kan komma att förbrännas i brandcellen. Utrymning av *het zon*, öppna ytor samt brandceller som vetter mot olycksplatsen inom *varm zon* är därför lämpligt.

För skydd mot splitter ger 25 mm stålplåt tillräckligt skydd om den är förankrad så den står emot luftstötvågslaster. Även minst 1.3 meter tjock vattentank ger ett likvärdigt skydd så länge tanken är vattenfylld.



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG



CNG

LPG

CHG



CNG

LNG

CHG



CNG

LNG





Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap