

ISSN 1400-5751

***Rapport O 1999:01***

**Olycka med gasollastat tankbilssläp  
den 13 februari 1998  
på Tegeluddsvägen i Stockholm  
Stockholms län**

**O-01/98**

1999-06-22

O-01/98

Statens räddningsverk

### **Rapport O 1999:01**

---

Statens haverikommission har undersökt en olycka som inträffade den 13 februari 1998 på Tegeluddsvägen i Stockholm, Stockholms län, med ett gasollastat tankbilssläp.

Statens haverikommission överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

Statens haverikommission emotser tacksamt besked senast den 17 januari 2000 om hur de i rapporten intagna rekommendationerna följs upp.

Ann-Louise Eksborg

Jan Mansfeld

Likalydande till  
Länsstyrelsen i Stockholms län

# Innehåll

	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>FAKTAREDOVISNING</b>	<b>9</b>
1.1	Redogörelse för händelseförloppet	9
1.2	Räddningsinsatsen	10
1.2.1	Larmning och utryckning	10
1.2.2	Ledning	10
1.2.3	Åtgärder på platsen	11
1.2.4	Åtgärder för att skydda befolkningen	12
1.2.5	Sjukvårdsberedskap	13
1.3	Personskador	14
1.4	Skador på fordonet	14
1.5	Andra skador	14
1.6	Föraren	14
1.6.1	Kompetenskrav	14
1.6.2	Förarens kompetens	14
1.7	Meteorologisk information	14
1.8	Färdskrivaren	15
1.9	Olycksplatsen och det skadade fordonet	15
1.9.1	Olycksplatsen	15
1.9.2	Det skadade fordonet	16
1.10	Medicinsk information	16
1.11	Brand/Explosion	16
1.11.1	Allmänt om gasol	16
1.11.2	FOA:s undersökningar	17
1.11.3	En antändnings inverkan på räddningsinsatsen	19
1.12	Överlevnadsaspekter	20
1.13	Gasolhantering	20
1.13.1	Lagstiftningen om brandfarliga varor	20
1.13.2	Regler för och tillsyn av gasoltransporter	21
1.13.3	Transportvägar och transportmängder i Stockholms län	22
1.13.4	Rampanläggningen vid gasverket i Värtan	22
1.14	Gasolfordonet	23
1.14.1	Regler för och tillsyn av gasolfordon	23
1.14.2	Fordonet	25
1.14.3	Tanken, armatur, röranslutningar och slang	26
1.14.4	Slanguppläggningsen	27
1.15	Särskilda prov och undersökningar	27
1.15.1	Metallurgisk undersökning av T-röret	27
1.15.2	Rörbrotsventilen	29
1.16	Företagets organisation och ledning	29
1.17	Förslag om kylda gasoltransporter respektive transporter i värmeisolerade tankar	30
1.18	Förändringar efter olyckan	30
<b>2</b>	<b>ANALYS</b>	<b>31</b>
2.1	Olyckshändelsen	31
2.1.1	Allmänt	31
2.1.2	Slanguppläggningsen	31
2.1.3	Ventilarrangemanget	32
2.1.4	Fordonet i övrigt	34
2.2	Riskerna för och effekterna av en antändning	34
2.3	Bekämpning av gasolutsläpp	36
2.3.1	Inledning	36
2.3.2	Släckning av gasolbrand	36

2.3.3	<i>Behovet av kylvatten vid stark upphettning av en tank</i>	<b>37</b>
2.3.4	<i>Försök att styra gasmoln med hjälp av vatten</i>	<b>37</b>
<b>2.4</b>	<b>Räddningsinsatsen</b>	<b>38</b>
2.4.1	<i>Allmänt</i>	<b>38</b>
2.4.2	<i>Ingripanden på olycksplatsen</i>	<b>38</b>
2.4.3	<i>Säkerheten för människorna</i>	<b>39</b>
2.4.4	<i>Information till allmänheten</i>	<b>40</b>
<b>2.5</b>	<b>Företagets ledning</b>	<b>40</b>
<b>2.6</b>	<b>Gasoltransporter i Stockholmsområdet</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>UTLÅTANDE</b>	<b>41</b>
3.1	<b>Undersökningsresultat</b>	<b>41</b>
3.2	<b>Orsaker till olyckan</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>REKOMMENDATIONER</b>	<b>42</b>

## **BILAGOR**

*Ej bilagor i internetutgåvan / webmaster*

## Rapport O 1999:01

O-01/98

Rapporten färdigställd 1999-06-22

---

<i>Fordon</i>	Gasolsläpvagn med registreringsnummer JBG 044. Dragfordonet hade registreringsnummer NHT 698.
<i>Ägare</i>	Davéns Åkeri AB
<i>Tidpunkt för händelsen</i>	1998-02-13 omkring kl. 06.25 under mörker <i>Anm.:</i> All tidsangivelse avser svensk normaltid (SNT) = UTC + 1 timme
<i>Plats</i>	Tegeluddsvägen i Stockholm, Stockholms län,
<i>Verksamhet</i>	Transport av gasol i lastbilssläpvagn
<i>Väder</i>	Kl. 07.00 Vind NW 5 m/s, -1,1 °C, 1019 hPa; Kl. 13.00 Vind W 7 m/s, +1,6 °C, 1024 hPa. Ingen nederbörd och god sikt.
<i>Personskador</i>	Inga
<i>Skador på fordonet</i>	Begränsade
<i>Andra skador</i>	Inga
<i>Förarens ålder; behörighetsbevis</i>	33 år, körkort klass A BE CE giltigt till år 2006; intyg om utbildning som förare av tankfordon som transporterar ADR-gods samtliga klasser, giltigt till 2001-03-08.
<i>Förarens erfarenhet</i>	2 år som förare av gasolbil.

---

Den 13 februari 1998 omkring kl. 06.25 inträffade en olycka med ett fordon på Tegeluddsvägen i Stockholm, Stockholms län.

Olyckan har undersökts av Statens haverikommission (SHK) som företrätts av Ann-Louise Eksborg, ordförande, och Jan Mansfeld, utredningschef.

SHK har biträtts av Stefan Lamnevik som expert på antändlighet och energiutveckling hos gasol, Erik Nilsson som expert på brandfarliga varor, Håkan Hermansson som expert på teknisk kontroll av tankar och Lennart Munkby som tankteknisk expert.

Undersökningen har följts av Statens räddningsverk genom Lena Tistad.

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser skall undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

### SAMMANFATTNING

En gasoltankbil hade lastat sju ton gasol i dragfordonets tank och lika mycket i släpfordonets tank vid SE Gas AB:s läktringsanläggning i Hjorthagen, dit gasolen hade kommit med järnväg.

Under färd på Tegeluddsvägen i norra Stockholm den 13 februari 1998 strax före kl. 06.30 lossnade en slang från släpet på gasoltankbilen och hamnade mellan däcken på det ena av släpets främre hjulpar. Härvid bröts anslutningsröret till släpets tank sönder mellan tankväggen och den yttre avstängningsventilen och

gasol började strömma ut. Eftersom brottet uppstått mellan tankväggen och ventilen, fanns det ingen möjlighet för föraren att hejda utsläppet. Med hjälp av utomstående personer stoppade han i stället trafiken i båda färdriktningarna och larmade SOS Alarm. Den första styrkan från Stockholms Brandförsvär kom till platsen efter cirka fem minuter.

Räddningstjänsten lät spärra av delar av Tegelluddsvägen samt riktade en kraftig, spridd vattenstråle längs fordonets sida och bidrog på det sättet till att förhindra att gasolmolnet spred sig till bostadshuset väster om Tegelluddsvägen. Dessa hus utrymdes inte. Däremot utrymdes så småningom – efter påpekanden om gaslukt - kontorshuset öster om Tegelluddsvägen. Trafiken på tunnelbanan i området stoppades och tre tunnelbanestationer stängdes och utrymdes. Även järnvägstrafiken var avstängd mellan Värtahamnen och Frihamnen. Via radio och TV varnades allmänheten för explosionsrisk och uppmanades att hålla sig inomhus. Anordningarna för utomhusvarning användes inte, eftersom det saknas möjlighet att ge selekterat larm för ett visst område.

Ungefär kl. 10.30 skruvades den sönderbrutna rörstumpen bort och sattes i stället en spadfläns in. Därmed var tanken försluten. Fordonet transporterades sedan bort till ett inhägnat område, där det tömdes på resterna av gasol.

Räddningstjänsten avslutade insatsen med att undersöka om gasol trängt ner i källare, avloppsledningar, kulvertar och liknande. Man kunde successivt konstatera att så inte skett och hävde avspärningarna.

Enligt den metallurgiska undersökningen av anslutningsröret mellan tanken på släpet och avstängningsventilen hade rörväggen försvagats betydligt genom korrosion och utmattning av metallen. Vid den dragkraft som uppstod när slangen kilades fast mellan dubbeldäcken brast röret vid den svets som utgjorde dess svagaste del.

Man har inte kunnat finna några orsaker till att slangen lossnade från sin uppläggningsanordning. Mest sannolikt är därför att slangen inte varit fastspänd på korrekt sätt.

Huvudavstängningsventilen skulle enligt reglerna vara anbragd så nära tankväggen som möjligt. När tanken tillverkades år 1976 placerades huvudavstängningsventilen enligt handlingarna på korrekt sätt. Vid olyckan var den dock monterad 35-40 cm från väggen och monteringen var därför inte i enlighet med de krav som gällde. Det har inte gått att fastställa när eller av vem som förändringen gjordes.

Den rörbrottsventil som fanns innanför tankväggen fungerade inte på avsett sätt och förmådde inte hindra eller ens minska utsläppet. Vid undersökning efter olyckan visade sig rörbrottsventilen vara skadad. Det har inte gått att fastställa om skadan funnits före olyckan eller uppstått under denna. På nyare tankar tillåts inte denna typ av ventil.

Utströmmande gasol kan antändas av t.ex. gnistor från en bils elektriska utrustning eller av värmen från en bils katalysator eller turboaggregatet på en dieselmotor. Det var därför av synnerlig vikt att all biltrafik stoppades vid olycksplatsen. Om olyckan hade inträffat på en plats eller tid med stark trafik, hade risken för antändning varit mycket stor. En annan stor risk utgjordes av möjligheten att gasolen kunde tränga ner i och fylla ett källarplan. Antändning skulle i ett sådant fall mycket väl ha kunnat ske genom gnistor från elektrisk utrustning eller den fasta elinstallationen. Även dagvattenbrunnar med ledningssystem och tunnelbanan utgör

klara risker i detta sammanhang. Det finns inga möjligheter att avvärja en brand eller explosion, när antändning väl har skett.

En antändning under den fas då gasolen läckte ut i vätskeform skulle ha inneburit att personer på ett avstånd av upp till 50 meter från tanken skulle ha drabbats av dödliga brännskador. Sannolikt hade även sekundära bränder uppstått. Efter att flödet ungefär kl. 08.00 övergick från vätske- till gasfas minskade snabbt riskerna för de närboende. Faran var dock inte helt avvärjd.

En särskild risk utgjorde möjligheten att en antändning av den utläckande gasolen från släpet lett till att all gasol i dragfordonets tank frigjorts och förbränts på en gång. Vid ett sådant scenario skulle såväl människor som vistades ute i det fria som de som fanns inne i de närmast olycksplatsen belägna bostadshusen kunnat få allvarliga brännskador. I värsta fall kunde en sådan förbränning av dragfordonets gasol ha lett till att strax därefter även den gasol som fanns kvar i släpets tank frigjorts och förbränts på samma sätt.

Räddningstjänsten lyckades begränsa spridningen av gasolen med hjälp av vattenbegjutning med strålrör. Metoden är emellertid inte helt invändningsfri, eftersom den kan öka risken för antändning. Det finns därför skäl att för framtiden närmare studera denna bekämpningsmetod.

Det finns även i vissa andra avseenden skäl för säkerhetsmyndigheterna att i det framtida säkerhetsarbetet närmare undersöka hur gasolutsläpp bäst bör bekämpas.

Enligt SHK:s mening var beslutet att inte utrymma bostadshusen det från säkerhetssynpunkt lämpligaste. Beslutet att – efter rapport om gaslukt – utrymma kontorshusen var nödvändigt med tanke på personsäkerheten. SHK anser att tunnelbane- och järnvägstrafiken borde ha stoppats tidigare än vad som skedde.

Räddningstjänsten höll inte någon styrka i beredskap i skydd. Enligt SHK:s mening kunde detta ha medfört en väsentlig försening av en effektiv insats i händelse av en antändning.

Alltför få närboende människor nåddes av meddelandena i radio och TV om olyckan. SHK anser att det är angeläget att man inför ett system med selekterad utomhusvarning som verkligen kommer till användning i kritiska situationer. Enligt SHK:s uppfattning meddelade räddningstjänsten dessutom media alltför sent.

Det vid olyckan förhärskande systemet att med järnväg transportera gasol rakt igenom Stockholm till Hjorthagen för att sedan läktra över den till tankbil för transport tillbaka genom de norra delarna av Stockholm till olika användare i Mellansverige har inneburit onödiga risker. Numera transporteras ingen gasol med tankbil från anläggningen i Hjorthagen utan dit tas med järnväg endast den gasol som behövs för SE Gas AB:s anläggning där.

## **Orsaker till olyckan**

Olyckan orsakades av att den fria änden på gasolslangen på släpfordonen hamnade mellan dubbeldäcken på ett av släpfordonets hjulpar, varvid röret som slangen var kopplad till slets av mellan tanken och avstängningsventilen. Bidragande till att gasolen läckte ut var att rörbrottsventilen inte fungerade på avsett sätt.

## **Rekommendationer**

SHK rekommenderar

1. Statens räddningsverk att verka för att rörbrottsventilerna ersätts med invändiga avstängningsventiler på fordon med tankar för transport av gasol och liknande gaser (*O 1999:01 R1*).
2. Statens räddningsverk att undersöka vilka metoder och vilka släckmedel som erfordras för släckning av olika typer av gasollågor samt i vilken utsträckning kraftiga gasollågor kan släckas med de metoder och släckmedel som i dag står till räddningstjänstens förfogande (*O 1999:01 R2*).
3. Statens räddningsverk att undersöka vilka kylbehov som föreligger för att effektivt skydda en tank mot farlig upphettning och om den utrustning som finns ute hos räddningstjänsterna är tillfyllest för att man skall kunna klara kylbehovet vid en kraftig jetflamma (*O 1999:01 R3*).
4. Statens räddningsverk att undersöka i vad mån vatten från räddningstjänstens strålrör kan ge upphov till farliga uppladdningar och – om så skulle visa sig vara fallet – försöka finna säkrare bekämpningsalternativ (*O 1999:01 R4*).
5. Statens räddningsverk att pröva lämpligheten av att transporter av gasol och bensin sker med ekipage där såväl dragbilen som släpfordonet innehåller sådan last (*O 1999:01 R5*).
6. Statens räddningsverk att undersöka metoder att skydda gasoltankar mot stark upphettning (*O 1999:01 R6*).
7. Statens räddningsverk att verka för införandet av en möjlighet att ge selekterade utomhusvarningar (*O 1999:01 R7*).
8. Länsstyrelsen i Stockholms län att undersöka vilken transportväg som för framtiden är den säkraste när det gäller järnvägstransporter av gasol i Stockholm (*O 1999:01 R8*).



# 1 FAKTAREDOVISNING

## 1.1 Redogörelse för händelseförloppet

På eftermiddagen torsdagen den 12 februari 1998 lastade föraren sju ton gasol i dragfordonets tank och lika mycket i tanken på släpvagnen. Lastningen skedde vid SE Gas AB:s läktringsanläggning i Hjorthagen. Föraren lät det lastade ekipaget stå parkerat över natten på gasverkets inhägnade område. Strax efter kl. 06.00 den 13 februari hämtade han fordonet och körde därifrån. Det var ännu mörkt och solen skulle inte gå upp förrän om drygt en timme. Föraren svängde in på Norra hamnvägen, passerade Silja-terminalen och körde vidare på Södra hamnvägen och uppför backen mot Tegeluddsviadukten. Efter att ha passerat över Tegeluddsviadukten svängde föraren till höger ut på Tegeluddsvägen, se karta i *bilaga 1*. Enligt polisrapporten såg ett vittne där en slang släpa på marken. Slangen hamnade efter ett par hundra meter mellan dubbeldäcken på ett hjulpar på släpet. Föraren har uppgivit att han uppfattade detta som att han körde på ett gupp. Detta hände när han kom ner i en svacka, alldeles före korsningen med Öregrundsgatan vid Sandhamnsplan. Strax därefter kände han ett ryck i fordonet och hörde ett väsende ljud. När han tittade i backspeglarna, såg han ett dimmoln bildas omedelbart bakom bilen och han insåg då att han fått en gasolläcka.

Föraren stannade fordonet, bröt strömmen på huvudströmbrytaren, tog med sig ett par handskar och mobiltelefonen samt hoppade ur fordonet. Han sprang runt sitt fordon och konstaterade snabbt att tankens anslutningsrör och slang var borta på släpvagnen. Det fanns därmed inte någon ventil som han kunde stänga av för att hindra gasolutströmningen. Han satte i stället genast igång med att försöka stoppa trafiken. Bakom hans fordon kom en dansk långtradare. Föraren av denna ställde sitt fordon tvärs över gatan ca 150 m före olycksplatsen och stoppade därmed effektivt trafiken i den riktningen. Föraren av gasolfordonet fick också snabbt kontakt med en taxichaufför och denne stoppade trafiken i den motsatta köriktningen. Föraren av gasolfordonet ringde på sin mobiltelefon SOS Alarm.

SOS Alarm larmade direkt Brandförsvaret i Stockholm, som ryckte ut med tre fordon från Östermalms brandstation och tre fordon från Farsta brandstation. Från Johannes brandstation åkte tjänstgörande överbrandmästare och vakthavande brandingenjören i var sin bil med chaufför. Som förstärkning larmades även Lidingö Brandförvar.

Räddningsledarens första rekognosering gav som resultat att det var släpvagnen som läckte ut gasol i vätskefas, framåt i färdriktningen. Han bedömde att en antändning av gasolmolnet skulle medföra att en gasollåga snabbt skulle nå läckagestället och att den kraftiga låga som då skulle komma att riktas direkt mot dragfordonets gasoltank skulle kunna utlösa en explosion. Vid en sådan skulle ytterligare sju ton gasol frigöras och antändas. Räddningsledaren bedömde vidare att det inte var möjligt att vidta några effektiva åtgärder för att stoppa utströmningen. Han beslöt därför att hålla en släckningsstyrka i beredskap framme vid fordonen och se till att vattenförsörjningen för släckning av eventuella bränder var tryggad. En av de insatta styrkorna fick i uppgift att ombesörja detta. I övrigt skulle det farliga området runt fordonen spärras av och järnvägs- och tunnelbanetrafiken stoppas.

Vinden drev i första hand ut gasen över spårområdet, ner mot hamnområdet och bort från bostadshuset. Räddningsledaren beslutade att man med hjälp av

en kraftig spridd stråle från Brandförsvarets strålrör riktad parallellt med Tegeluddsvägen skulle skapa en vattenridå som hindrade gasmolnet från att nå bostäderna. Detta lyckades. Han räknade med att tanken snart skulle vara tom, eftersom utströmningsöppningen utgjordes av ett 75 mm rör.

Ca kl. 08.00 började gasolen läcka ut i gasfas och därmed uttunnades det vita molnet vid fordonet. Kl. 08.10 anlände en räddningsstyrka från Kista. Den fick i uppgift att utrymma byggnaderna öster om Tegeluddsvägen. I dessa byggnader inrymdes huvudsakligen arbetsplatser. Den mest hotade byggnaden utrymdes, ca 80 personer berördes. Bostadshuset väster om Tegeluddsvägen utrymdes inte. Besluten om utrymning togs av räddningsledaren.

Kl. 10.32 skruvade en montör bort den sönderbrutna rörstumpen och satte i stället in en spadfläns. Därmed var tanken försluten.

Efter förslutningen var det möjligt att transportera bort fordonet och placera det på inhägnat område, där det kunde tömmas på resterna av gasolen genom avfackling; dvs. resterande gas fick brinna bort under kontrollerade former. Här efter fylldes tanken med kvävgas, så att ingen brännbar blandning skulle kunna uppstå ens om vissa mindre rester av gasol fanns kvar.

## 1.2 Räddningsinsatsen

### 1.2.1 *Larmning och utryckning*

Kl. 06.28.52 kom larmet från föraren av gasolfordonet in till SOS-centralen, som inom en minut larmade Stockholms Brandförsvär. Kl. 06.45.21 larmades även Lidingö Brandförsvär.

Insatsstyrkan från Östermalms brandstation var framme kl. 06.33 och det första ledningsfordonet från Johannes brandstation fem minuter senare. En minut därefter rapporterade insatsstyrkan från Farsta att den var på väg. Denna station har specialutrustning för olyckor med farligt gods och larmas alltid vid denna typ av olyckor. Farstastyrkan kom fram kl. 06.52. En ambulans kallades till platsen och kom dit kl. 06.41.48. Styrkan från Lidingö Brandförsvär kom fram kl. 06.52. Kl. 07.55 inkallades även stationen i Kista och den kom på plats efter 15 minuter. I ett senare skede inkallades även personal och fordon från brandstationerna Brännkyrka och Hägersten.

Luftfartsverkets räddningskår på Bromma larmades kl. 07.30.

### 1.2.2 *Ledning*

Vid Stockholms Brandförsvär tillämpas tre beredskapsgrader för stabsberedskap - grön, gul och röd. Innebörden och användningen av dessa beredskapsgrader regleras i en särskild instruktion daterad den 7 maj 1992.

Grön beredskap innebär ordinarie bemanning i såväl inre som yttre ledning. Gul beredskap innebär viss förstärkning av den inre ledningen. Vid röd stabsberedskap förstärks såväl inre som yttre ledning. I instruktionen har angetts kriterierna för när stabsberedskapen bör höjas. Beslut om att höja stabsberedskapen fattas av jourhavande brandchef.

Vid denna olycka intogs gul stabsberedskap. Det finns ingen anteckning om när detta beslut fattades. Vid gul stabsberedskap är staben indelad i två sektioner - en ledningssektion och en underhålls- och personalsektion. Förstärkningen av den inre ledningen består i jourhavande brandchef, analysbefäl (helst fridygnsledig

vakthavande brandingenjör eller jourhavande brandchef), jourhavande brandinspektör, ett underhålls/personalbefäl, en extra ledningsoperatör och ett pressbefäl. Staben skall biträda den jourhavande brandchefen i utövandet av den normativa och strategiska ledningen av räddningstjänsten i Stockholmsregionen. Den skall även biträda enskilda räddningsledare i dessas utövande av operativ ledning. Från staben utsänds också pressmeddelanden till massmedia med uppgifter om vad som inträffat, besked om försiktighetsåtgärder som bör iakttas av allmänheten och åtgärder som vidtagits av räddningstjänsten.

I staben fattades beslut om att beredskapsnivån skulle upprätthållas; dvs. inom hela regionen skulle finnas tillgång till räddningstjänstresurser. Räddningsledaren ute på plats på Tegeluddsvägen skulle dock få de resurser som han behövde.

Den jourhavande brandchefen bedömde att en katastrof kunde ha inträffat endast under de tio första minuterna efter utsläppets början. Därefter hade man – enligt hans bedömning – tillräckligt med vatten för att kunna klara av att kyla ner dragfordonets tank, om gasolmolnet hade antänts. En antändning dessförinnan kunde däremot ha lett till att dragfordonets tank uppvärmts så mycket att den brustit på grund av invändigt övertryck. Den frigjorda gasolen skulle då momentant ha gått över i gasfas och ett stort eldklot hade bildats; en s.k. BLEVE<sup>1</sup> hade uppstått. Se närmare härom i avsnitt 1.11.

### 1.2.3 Åtgärder på platsen

Räddningstjänstens första åtgärd var att låta avspärra Tegeluddsvägen mellan Värtavägen och Sandhamnsplan. Därefter försökte räddningsstyrkan begränsa gasolutfloppet. Det fanns emellertid ingen ventil att stänga och räddningsledaren bedömde att det skulle vara alltför riskabelt att täta det avbrutna röret. Om gasolen hade antänts under en sådan operation, skulle det ha inneburit ett direkt livshot för dem som höll på med arbetet. Trycket och därmed utströmningshastigheten gjorde även själva arbetet mycket vanskligt. Räddningsledaren bedömde därför att det inte gick att effektivt begränsa utflödet förrän större delen av gasolen avgått.

För att hindra gasolmolnet att sprida sig till bostadshusen väster om Tegeluddsvägen riktade brandförsvaret en kraftig, spridd vattenstråle längs fordonets sida. Gasmolnet kunde inte genomtränga denna vattenridå utan styrdes av vinden bort mot hamnområdet. Strålrören riktades sålunda vid sidan av gasmolnet. Strålen drog med sig omgivande luft och det var denna verkan som utnyttjades. För att vid en eventuell antändning av gasolen kunna skydda den brandman som höll i strålröret, var rökdykarledaren beredd att med ett annat strålrör täcka brandmannens reträtt och släcka eventuell brand i kläderna på honom. Efter ett tag övergick man till låta en fast uppställd vattenkanon ombesörja vattenbegjutningen.

För att säkerställa vattenförsörjningen vid en eventuell antändning av gasen fick insatsstyrkan från Farsta i uppgift att bygga upp ett vattensystem, där längre bort belägna brandposter utnyttjades. Brandvattentillgången på vattenledningsnätet är så god i området att ytterligare åtgärder inte ansågs erforderliga. Räddningstjänsten hade visserligen dragit fram en stor brandpump med en kapacitet av 10.000 l/min, men den blev inte kopplad. Räddningsledaren bedömde att avståndet till öppet vatten var för stort.

---

<sup>1</sup> BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, då den kondenserade gasolen omedelbart förångas och antänds och bildar ett eldklot, där all gas förbränns inom loppet av några sekunder.

Den jourhavande brandchefen bedömde att brandmännen på platsen kunde kyla tanken så mycket att en BLEVE kunde förhindras.

Fram till ca kl. 10.30 hade Brandförsvaret i Stockholm tre stationer i aktion på skadeplatsen med sammanlagt åtta fordon och 23 man. Förstärkningsstyrkan från Lidingö bestod av två fordon med sex man. Som ytterligare förstärkning kallades även stationerna i Kista, Hägersten och Brännkyrka in. Även statliga resurser utnyttjades genom att två fordon från Bromma flygplats larmades och kom till platsen för att vara i beredskap, om gasolen skulle antändas.

Inom räddningsledningen diskuterades hur man skulle kunna få gasolfordonet i sådant skick att det kunde bärgas från platsen och transporteras till ett ställe där den kvarvarande gasen kunde oskadliggöras

Räddningsledningen rådgjorde med gasolleverantören och en tillkallad service-montör. Genom att lossa skruvarna i flänsförbandet mellan den sönderbrutna ledningen och stosen på tanken kunde man avlägsna röret. I flänsförbandet sattes i stället in en spadfläns. Detta arbete påbörjades kl. 10.32 och var avslutat efter 24 minuter och därmed var tanken tillsluten. Fordonet transporterades bort från platsen till ett inhägnat område, där gasolresterna kunde avlägsnas så att tanken blev gasfri.

När det primära hotet avtog genom att mängden frigjord gasol minskade, fortsatte räddningstjänsten att med hjälp av gasdetektorer undersöka om gasol trängt ner i källare, avloppsledningar, kulvertar och liknande. Man kunde successivt konstatera att så inte skett. Efter hand kunde avspärningarna hävas.

#### 1.2.4 *Åtgärder för att skydda befolkningen*

Den första åtgärden vidtogs av föraren av det gasollastade ekipaget genom att han med hjälp av den danske långtradarföraren och taxichauffören stoppade trafiken. Härigenom förhindrades i första skedet antändning av den utströmmande gasolen. Räddningstjänstens åtgärd att omedelbart låta spärra av området hade bl.a. även detta syfte.

Enligt dagrapporten från SL Tunnelbanan AB fattade trafikledningen beslut om att stoppa trafiken kl. 07.15. Det sista tåget från Ropsten söderut avgick kl. 07.30. På order av räddningsledaren stängdes och utrymdes stationerna Karlaplan, Gärdet och Ropsten. Hans syfte var att undvika att flera människor kom in i riskområdet. Tågen till Ropsten omdirigerades till Tekniska Högskolan, där de vände. Bussar upprätthöll trafiken till Ropsten från Stadion.

Enligt SJ:s terminalområdeschef i Stockholm var järnvägstrafiken avstängd mellan kl. 07.30 och kl. 13.30 mellan Värtahamnen och Frihamnen. Däremot pågick trafiken mellan Värtahamnen och Centralen.

Via massmedia, radio och TV, uppmanades så småningom allmänheten att hålla sig inomhus. Det första meddelandet till massmedia gick från räddningsledningen kl. 07.25 ut till TV och kl. 07.30 ut till radio. Av meddelandet framgick att det förelåg stor explosionsrisk och allmänheten uppmanades att hålla sig inomhus. Enligt larmjournalen hade SOS Alarm kontakt med massmedia första gången kl. 06.43.47.

Skandinavisk opinion AB, SKOP, gör regelbundna undersökningar bland svenska medborgare bosatta i Stockholms län. Mellan den 18 februari och den 18 mars 1998 intervjuades drygt 1.100 personer bosatta i Stockholms län på uppdrag av bland andra Statens räddningsverk. Av undersökningen framgår att 52 procent hörde om gasololyckan på morgonen innan man gick hemifrån. Un-

der förmiddagen nåddes ytterligare 22 procent av information om olyckan. På eftermiddagen, efter kl. 12.00, fick 17 procent vetskap om olyckan och 4 procent fick reda på den först dagen efter. Det var 5 procent som inte kände till den.

Signalen VM, viktigt meddelande, med användande av anordningarna för utomhusvarning kom inte till användning vid denna olycka. Anledningen till detta har uppgivits vara att larmet för närvarande inte går att selektera. Stockholms län indelas i söder och norr om Slussen. I norra länsdelen är det endast kommunerna Norrtälje, Sigtuna och Upplands Bro som inte ingår i det larmade området. Signalen VM skulle således ha gått ut över mycket stora områden som över huvud taget inte var berörda av olyckan.

De byggnader som låg invid olycksplatsen och öster om Tegeluddsvägen utrymdes strax efter kl. 08.00 då räddningsledaren underrättades om att man kände gasollukt från källaren; sammanlagt berördes ca 80 personer av utrymningen. I dessa byggnader inrymdes huvudsakligen arbetslokaler. Slutlig kontroll av att byggnaden var tom var avslutad kl. 09.40.

### 1.2.5 *Sjukvårdsberedskap*

Stockholms läns landsting har en central medicinsk katastrofplan. SOS Alarm har uppdrag att larma jourhavande tjänsteman inom Centrala avdelningen för Ambulanssjukvård och Katastrofmedicinsk planering (CAK) dygnet runt vid olyckor och tillbud, där antalet inblandade är eller kan uppskattas bli över fem personer. Bedömningen skall SOS Alarm göra redan vid inkommande larm eller efter lägesrapport från ledningsambulans eller räddningstjänst.

Vid denna olycka larmades jourhavande tjänsteman planenligt via personsökare kl. 07.00 och hon tog direkt kontakt med driftledaren på SOS Alarm. Denne rapporterade att en tankbil läckte gasol på Tegeluddsvägen och att avspärningar skulle göras. Ambulans fanns på plats, men i övrigt var läget oklart. Samtalet avslutades utan att beslut om åtgärder från sjukvårdens sida fattats. Driftledaren ombads återkomma med ny lägesrapport så snart som möjligt.

Efter samtalet med driftledaren förberedde jourhavande tjänsteman följande åtgärdsplan. Karolinska sjukhuset och Södersjukhuset skulle i första hand vara mottagande sjukhus. Sjukvårdsgrupp skulle skickas ut från Danderyds sjukhus och Karolinska sjukhuset vid en eventuell explosion. Vidare vidtog hon förberedelser för höjd stabsberedskap gällande hälso- och sjukvården.

Jourhavande tjänsteman informerade driftledaren om vidtagna åtgärder vid nästa kontakt kl. 07.30. Denne å sin sida kunde meddela vilken mängd gasol det gällde och att avspärningarna var genomförda. Ca en gång i halvtimmen hade jourhavande tjänsteman förnyade kontakter med driftledaren för att få lägesrapport. I samband med dessa samtal hade hon ibland direktkontakt även med en ledningsoperatör på Stockholms Brandförsvaret. Kl. 13.03 hade hon en sista kontakt med driftledaren, som då meddelade att uppdraget avslutats på skadeplatsen.

## 1.3 **Personskador**

Inga.

## 1.4 **Skador påfordonet**

Skadorna på fordonet utgjordes av det sönderbrutna anslutningsröret, ett punkterat däck och den sönderlitna gasolslangen. Rörbrottsventilen visade sig vara skadad såtillvida att ventilkäglan, som normalt är plan, hade fått en kupad form. Det har dock inte gått att avgöra när och hur denna skada uppstått. Vid provning i samband med besiktning den 2 september 1997 hade ventilen befunnits vara utan anmärkning.

## 1.5 Andra skador

Andra egendomsskador direkt föranledda av olyckan har inte rapporterats. Gasolen är flyktig och har ingen direkt giftverkan utanför det primärt gasbelagda området. Den skada i miljön som ett oavsiktligt, plötsligt utsläpp av gasol innebär kan inte motverkas genom insatser från räddningstjänsten eller på annat sätt.

## 1.6 Föraren

### 1.6.1 *Kompetenskrav*

Förutom körkort gällande för framförande av ifrågavarande fordonskombination skall varje förare av gasolfordon ha godkänts vid särskild av Statens räddningsverk godkänd utbildning för förare av fordon som transporterar ADR-gods, dvs. farligt gods som skall hanteras enligt de internationellt gällande reglerna för dessa transporter.

En förare som skall köra tankfordon med farligt gods måste först genomgå en förstagångsutbildning som omfattar en grundkurs på tre dagar och därefter en tilläggsutbildning om två dagar för tankfordon. Repetitionsutbildning skall genomgåas innan gällande intyg gått ut och omfattar två dagar för förare av tankfordon. För att få behörighet krävs utbildning och examination även om man varit yrkesverksam hela tiden.

### 1.6.2 *Förarens kompetens*

Föraren var vid tillfället 33 år och hade gällande körkort A BE CE samt hade intyg om genomgången utbildning för transport av ADR-gods gällande till den 8 mars 2001.

## 1.7 Meteorologisk information

På SMHI:s väderstation Observatorielunden i Stockholm mättes nedanstående väderdata vid för olyckan två aktuella tidpunkter - dels kl. 07.00, dels kl. 13.00. Ingen nederbörd föll under denna tid och det var god sikt och ringa molnighet.

*Kl. 07.00*

Lufttemperatur -1,1 °C, vilket var den lägsta temperaturen det dygnet. Vinden var nordvästlig 5 m/sek. Lufttrycket 1018,6 hPa, 61 % relativ fuktighet, ångtryck 3,7 hPa.

*Kl. 13.00*

Lufttemperatur 1,6 °C. Vinden var västlig 7 m/sek. Lufttrycket 1023,9 hPa, 52 % relativ fuktighet, ångtryck 3,9 hPa.

## **1.8 Färdskrivaren**

Dragfordonets färdskrivardiagram tillvaratogs av polisen och visar att dragfordonet höll en hastighet av ca 50 km/h vid olyckstillfället.

## **1.9 Olycksplatsen och det skadade fordonet**

### **1.9.1 Olycksplatsen**

Olyckan skedde på Tegeluddsvägen mellan Sandhamnsplan och Värtavägen. Olycksförloppet inleddes med att den slang som i sin ena ände var kopplad till ett anslutningsrör på främre delen av släpets tank och som var upphängd längs sidan på släpvagnen föll ned på marken och släpades med. Efter det att slangen hakat fast mellan dubbeldäcken på det ena av de främre hjulparen drogs ett rör som ledde från tanken till en yttre avstängningsventil sönder. Undersökning på platsen strax efter olyckan gav vid handen att det inte fanns några större ojämnheter i gatan. Beläggningen var utan större hål och det fanns inga upphöjningar med skarpa kanter.

Till höger om vägbanan i färdriktningen sett finns en större sammanhängande byggnad med främst arbetsplatser. Denna byggnad utrymdes så småningom på order av räddningsledaren. Till vänster om körbanan finns inom ett avstånd av ca 25 - 60 meter tre punkthus med bostäder. Här uppmanades de boende att stanna kvar inomhus.

Tegeluddsvägen är en livligt trafikerad gata och ingår i den gängse färdvägen från Frihamnen till Europavägarna genom Stockholm via Lidingövägen och Valhallavägen.

Gasolfordonet kördes denna väg i stället för den kortare vägen via Gasverksvägen förbi Tennisstadion, eftersom bron över järnvägen på den vägen har så låg bärlighet att fordonet inte fick passera över den.

### 1.9.2 *Det skadade fordonet*

Det skadade fordonet betecknas Tankmobil T2 LS 122. Det är en släpvagn med registreringsnumret JBG 044 försedd med en tank med identitetsbeteckningen Y-3546. Släpvagnen besiktigades senast av AB Svensk Bilprovning den 2 september 1997, varvid ett påpekande gjordes om lösa skruvar i kulvändkrans. Den samtidigt genomförda återkommande besiktningen enligt ADR (beträffande ADR se avsnitt 1.13.2) föranledde ingen anmärkning och certifikatets giltighetstid förlängdes till den 20 augusti 1998. Se i övrigt avsnittet 1.14 Gasolfordonet.

Den slang som behövdes för att koppla ihop tanken på släpet med pumpen på dragfordonet var vid färd upplagd längs med släpfordonet på två enkla byglar. Slangen hölls på plats med lösa gummiremmar som spändes fast vid krokar på byglarna. Slangens andra ände var fast inkopplad på anslutningsröret till släpfordonets tank. Enligt vid olyckstillfället gällande regler skulle slangar vara säkrade under transport.

## 1.10 **Medicinsk information**

Ingenting har framkommit som tyder på att förarens psykiska eller fysiska kondition varit nedsatt före körningen.

Ingen skadades vid olyckan.

## 1.11 **Brand/Explosion**

### 1.11.1 *Allmänt om gasol*

Gasol är det allmänt vedertagna namnet på ett antal kolväten som vid atmosfärstryck och normal rumstemperatur är gaser, men som vid förhållandevis låga tryck kan bringas att övergå i vätskeform. Vanligen består gasol av en blandning av gaserna propan, propen och butan. I detta fall bestod gasen till 97,5 procent av propan. Som vätska förvaras och transporteras gasol i tryckkärl som kan utgöras av cisterner, tankar eller flaskor. Såsom brandfarlig vara går gasol i många sammanhang under benämningen kondenserad petroleumgas. Den internationella benämningen är Liquefied Petroleum Gas, vanligen förkortat LPG.

Då gasol förångas tar den i första hand den förångningen erforderliga värmen från gasolvätskan och det kärl vari den förvaras. Gasolvätskan och kärlet kan därvid kylas ner så kraftigt att förångningen i det närmaste upphör.

Gasol i gasfas bildar tillsammans med luft en brännbar blandning om volymen gasol i gasluftblandningen är i storleksordningen 2 till 10 procent. Propan som gas är 1,5 gånger tyngre än luft och butan cirka 2 gånger tyngre än luft. Särskild uppmärksamhet bör därför vid gasolläckage ägnas åt lågt liggande utrymmen; exempelvis källare, kulvertar och avloppsbrunnar. Gasol i vätskefas som förångas bildar en gasvolym som vid atmosfärstryck är 200 à 250 gånger större än vätskans volym. Ren gasol har ingen lukt men för att eventuellt utläckande gas skall kunna spåras har ett karaktäristiskt luktämne (etylmerkaptan) tillsatts.

Vid rådande utetemperatur och ifrågasvarande sammansättning av gasolen var trycket i tanken ca 4 bar.

Att följderna av olyckan i detta fall inte blev så stora beror på att gasolmolnet inte antändes. För att kunna göra en bedömning dels av hur stora riskerna var för



en antändning vid den använda bekämpningsmodellen med vattenbestrålning från strålrör, dels av vad som skulle ha blivit följderna om gasolen hade antänts har SHK med hjälp av expertis från Försvarets forskningsanstalt (FOA) låtit göra två undersökningar. Den ena undersökningen består av en beräkning av hur vattenstrålarna påverkade gasolmolnet. Den andra undersökningen utgörs av en studie av ett scenario där gasolen antänts.

FOA:s undersökningar utgår från följande förutsättningar.

Vid olyckan på Tegelluddsvägen strömmade gasol i vätskefas ut ur en skadad rörbrottsventil. Gasol i vätskefas lagras under tryck. Detta övertryck leder till att strömningshastigheten blir mycket hög vid ett läckage. Gasolen kommer att delvis förångas i luften, delvis bilda en aerosol - små vätskedroppar som ser ut som dimma.

Flödet – källstyrkan<sup>2</sup> - ut ur tanken har beräknats till 4 kg/s, vilket motsvarar de 500 liter vatten per minut som angivits av SAQ<sup>3</sup> för den aktuella ventilen. Detta är det högsta möjliga värdet för flöde för ventilen. Vid olyckan var flödet troligen mindre.

Vid blandning med luftens syre bildas ett brännbart gasmoln i tankens närhet. Gasmolnet får dock en begränsad storlek, eftersom det späds ut efterhand, dels till följd av sin egen strömningshastighet, dels av vind och diffusion. Vid det aktuella läckaget har molnets maximala utsträckning beräknats till 50 meter från läckagepunkten.

### 1.11.2 FOA:s undersökningar

#### *Bekämpning av gasolutsläpp med strålrör*

Vätskeformig gasol som strömmar ut ur en tank kokar när den kommer ut i det fria. Ångbildningsvärmerna tas från gasolvätskan själv, vilket gör att dess temperatur successivt sjunker från omgivningstemperaturen ned till kokpunkten, -42 °C. I början av förloppet då kokningen är intensiv övergår ca 30 procent av den utströmmande mängden vätskeformig gasol till gasol i gasform. Samtidigt genereras genom utströmningsprocessen en aerosol. Man brukar bedöma att lika mycket aerosol som gasformig gasol bildas, dvs. initialt 30 procent.

Ut i luften går följaktligen ca 60 procent av den utströmmande mängden vätskeformig gasol som gas och aerosol vid utsläppets begynnelse. Temperaturen på gas och aerosol är -42 °C, vilket gör att luftens vattenånga kondenserar så att man ser gasens och aerosolens konturer som ett vitt moln. Vattenångans kondensation ger värme för avkokningen av en del av gasolaerosolens små vätskedroppar. Ca 40 procent av utsläppet är vätskeformigt vid utströmningens början och hamnar på marken. Allteftersom utsläppet fortgår, ökar andelen vätskeformig gasol och bildar pölar på marken. Avkokning av gasol från marken sker genom att värme tas från markskiktet under gasolpölen, men kokningen avtar snabbt i och med att marken avkyls.

I avsikt att styra bort gasolmolnet från bostäderna använde sig räddningstjänsten av ett strålrör av typ TFT.

<sup>2</sup> Med källstyrka avses den per sekund utläckande mängden av exempelvis gasol.

<sup>3</sup> SAQ är ett ackrediterat företag som är behörigt att utföra den obligatoriska kontroll som föreskrivs i ADR för fordon och behållare med tillbehör.

När vattnet från ett strålrör riktas mot gasmolnet suges genom jet-verkan luft och eventuellt gasol in från sidorna på grund av att vattnet har hög hastighet framåt. Ett strålrör av typ TFT kan ge upp till 1300 liter vatten per minut. Vattnet kan avges i en sluten stråle för maximal kastlängd eller som en konformad stråle med en konvinkel på upp mot 100 grader.

För beräkningen av hur stor energimängd som tillförs genom vattnet har förutsatts att vattnet har en utgångstemperatur av +10 °C, vilket är det normala för vattenledningsvatten. Vattnet har då en uppvärmningsförmåga av 8300 kW vid ett flöde av 1300 liter/min. Allt vatten som hamnar i en pöl av gasol fryser till is med en temperatur av 0 °C. Den tillförda vattenmängden räcker till att per sekund förångar 19,5 kg flytande gasol som håller -42 °C. I praktiken innebär detta att träffade aerosoldroppar av gasol i molnet omedelbart förgasas. Detta skulle kunna innebära att man får en förhöjd koncentration av gasol längs strålriktningen, i synnerhet om strålmunstycket är nära det synliga gasmolnet. I det fallet suges nämligen maximal mängd gasol och aerosol in från strålens sidor.

Nedfallande vatten, som hamnar i gasolpölen på marken, ger en omedelbar avkokning av gasol och därmed en ökning av gasmolnets koncentration och storlek. Varje kilogram nedfallande vatten förångar 0,9 kg flytande gasol. Det kan vara vanskligt att välja plats för strålrören så att nedfall av vatten i gasolpölen säkert undviks, i synnerhet vid orolig väderlek.

Då vattnet lämnar strålröret alstras små vattendroppar. Vid de tryck som är aktuella inom brandförsvaret, ca 10 bar, blir droppstorleken 0,75-2,0 mm med en utgångshastighet av något tiotal meter per sekund. Friktionen i munstycket ger upphov till en statisk laddning till varje vattendroppe och till munstycket om detta ej är jordat. Detta sätt att generera statisk uppladdning är väl känt i litteraturen.

Urladdning kan ske från vattendimma till jordat föremål, från munstycket till jordat föremål (vid ej jordat strålrör) eller från munstycke till vattendimma.

Gasol/luft kräver ringa energi för tändning; 0,3 mJ vid 5 volymprocent propan. Erforderlig energi för tändning ökar till ca 10 mJ vid nedre och övre brännbarhetsgränsen (2,1 respektive 9,4 volymprocent).

#### *Konsekvens av antändning av gasolmolnet*

För att antändning skall ske krävs att det brännbara molnet utsätts för en gnista eller kommer i kontakt med en mycket het yta. En gnista kan uppstå genom statisk elektricitet, i elektrisk utrustning eller genom slag eller rivning av metallföremål. För antändning genom kontakt med en het yta erfordras en temperatur av åtminstone +500 °C.

Vid antändning av ett brännbart gasmoln bildas först ett eldklot, som sedan följs av en brinnande jetstråle vid läckagepunkten. För att det skall uppstå en gasmolnsexplosion med åtföljande tryckvåg krävs mycket stora utsläpp och något som hindrar gasen från att expandera. I detta fall var gasmolnet relativt litet och hindren få. Det var därför inte sannolikt att någon tryckvåg skulle ha bildats. Däremot drabbas personer som befinner sig i eldklotet, i detta fall upp till 50 meter från tanken, av dödliga brännskador, samtidigt som brännbart material antänds. Verkningarna utanför eldklotet är begränsade på grund av den korta varaktigheten. Om antändningen skett i ett tidigt skede, hade troligen lastbilar med presenningsöverbyggnad eller träöverbyggnad antänts på ett avstånd av upp till 60 meter från eldklotets centrum.

Den brinnande jetstråle som följer efter det att eldklotet brunnit ut har en längd av 20 meter och en bredd av 5 meter. Personer som befinner sig inom cirka 10 meter från flamman riskerar livshotande brännskador.

Den brinnande jetstråle som skulle ha uppstått vid antändning av gasolen skulle ha kommit att successivt värma dragfordonets tank och dess innehåll. Då temperaturen hos den flytande gasolen inuti tanken ökar stiger trycket i tanken. När trycket i tanken stigit till säkerhetsventilens öppningstryck så öppnar den. Om tillförseln av värme är större än säkerhetsventilens avlastningskapacitet så ökar trycket ytterligare. Dessutom minskar hållfastheten hos tanken med ökande temperatur. Om temperaturen blir tillräckligt hög, kan tanken brista. I så fall bildas ett stort eldklot där hela tankens innehåll brinner upp inom några sekunder, en så kallad BLEVE.

Ett sådant eldklot skulle i detta fall ha fått en maximal diameter om 115 meter och en varaktighet av 8 sekunder, om tankens totala innehåll om 7 ton förbränts. Personer på ett avstånd av 250 meter från tanken skulle ha drabbats av andra gradens brännskador på oskyddad hud. Sådana skador kan vara livshotande och kräver omedelbar vård. Brännbart material inuti eldklotet och nära intill skulle ha antänts. En BLEVE av detta slag ger inga tryckskador på människor och små byggnadsskador; fönsterrutor kan gå sönder.

I de fall där BLEVE inträffat har den brinnande flamman oftast varit riktad direkt mot tankens ovansida, som inte är kyld av vätskan inuti. Hållfastheten har då minskat kraftigt och BLEVE har inträffat 10 till 15 minuter efter brandens start, om ingen yttre kylning skett. I det aktuella fallet skulle lågan i stället ha riktats mot kortändan av dragfordonets tank. Eftersom branden - med hänsyn till det beräknade utsläppet - skulle ha varat i ca 45 minuter, skulle en BLEVE ändå ha kunnat uppstå.

### 1.11.3 *En antändnings inverkan på räddningsinsatsen*

Med utgångspunkt från FOA:s undersökningar lämnas här uppgifter om hur räddningsinsatsen skulle ha påverkats om en explosion inträffat.

Om en antändning skett i ett tidigt stadium, hade bl.a. fordonsbränder kunnat begränsa räddningstjänstens rörelsefrihet.

Den brinnande jetstrålen skulle ha varit riktad mot dragfordonets tank, så att den kunde ha givit upphov till en BLEVE med de resultat som beskrivits i avsnitt 1.11.2. Det kan inte i så fall helt uteslutas att ytterligare en BLEVE, släpets tank, skulle ha uppstått. Effekterna av dessa båda explosioner hade dock inte adderats, utan det hade blivit två från varandra skilda explosioner.

Vid en BLEVE hade det blivit maximal strålningsvärme genom de fönster i det närmaste bostadshuset som låg närmast eldklotets centrum. På grund av det i detta sammanhang korta avståndet hade det uppstått ett antal lägenhetsbränder genom antändning av gardiner och liknande omedelbart innanför fönstren. Räddningstjänstens möjligheter till snabbt ingripande mot dessa bränder hade varit begränsade.

Ett antal lägenhetsbränder som startar samtidigt i ett bostadshus medför att de drabbade i ett första skede tvingas till egna initiativ. Något som troligen leder till en massutrymning från bostadshuset, även om brand endast uppstått i vissa lägenheter. Med avseende på tiden på dygnet skulle ett stort antal människor ha samlats utanför byggnaderna på kort tid. Eftersom eldklotets varaktighet skulle ha varit begränsad, innebär inte detta någon omedelbar risk för brännskador. I sämsta fall

kunde dock en andra BLEVE ha uppstått strax efter det att människor börjat samlas ute i det fria, vilket skulle kunna leda till många brännskadade.

Verkningarna i form av lägenhetsbränder skulle troligen ha begränsats till enbart de närmaste byggnaderna. Bostadshusens inbyggda brandmotstånd hade förmodligen skyddat mot omfattande byggnadsskador. Däremot hade skador på heminredningen hos enskilda kunnat bli omfattande. Under utrymningsskedet skulle riskökningen för brandspridning kunna bli betydande, om de som flydde från sina lägenheter hade lämnat dörrarna till trapphusen öppna.

## 1.12 Överlevnadsaspekter

Brandmännen bar sin normala utryckningsklädsel, som i sig ger ett gott skydd mot antändning även vid höga temperaturer. Inandning av het luft kan dock medföra omedelbara skador i de övre luftvägarna. Enligt uppgift från Stockholms Brandförsvaret bar all brandpersonal i närheten av fordonen andningsskydd, vilket skulle ha skyddat dem. Likaså skulle andningsskyddet ha varit ett skydd mot skador på huden i ansiktet.

För de boende i närliggande hus som befann sig i lägenheter med fönster som vette direkt mot det eldklot som skulle ha bildats vid en BLEVE förelåg risk för omedelbara brännskador genom strålning. Därutöver fanns risk för sekundära brand- och rökskador genom de lägenhetsbränder som kunde ha vållats genom värmestrålning.

För dem som skulle blivit sittande i sina bilar vid en BLEVE fanns på motsvarande sätt risk för brännskador genom strålning från eldklotet, men i ett senare skede även genom de sekundärbränder som kunnat uppstå på och i bilar. Risken för att panik skulle ha uppstått efter en BLEVE får inte underskattas. En andra BLEVE skulle ha drabbat särskilt dem som snabbt lämnat sina bilar eller bostäder och oskyddade utsatts för värmestrålningen.

## 1.13 Gasolhantering

### 1.13.1 *Lagstiftningen om brandfarliga varor*

Brandfarliga varor regleras utifrån sina brandfarliga egenskaper av lagen (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor, förordningen (1988:1145) om brandfarliga och explosiva varor samt föreskrifter från Sprängämnesinspektionen. Regelverket innehåller bl.a. bestämmelser om allmänna skyldigheter för hanteraren, tillståndsplikt och tillsyn.

Den som hanterar brandfarliga varor över en viss mängd skall ha tillstånd till det. Tillståndsmyndighet för civila hanterare är den eller de kommunala nämnder som fullgör uppgifter inom plan- och byggnadsväsendet

Ett tillstånd skall gälla för en viss tid, normalt inte längre än 12 år, och innehålla nödvändiga villkor. Innan en anläggning får tas i bruk skall avsyning ske.

### 1.13.2 *Regler för och tillsyn av gasoltransporter*

Varor eller ämnen som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods måste transporteras under hänsynstagande till dessa

risker. Vissa ämnen har så farliga egenskaper att de över huvud taget inte kan transporteras på ett säkert sätt. Andra ämnen är kanske mindre farliga men kräver speciella åtgärder om en olycka inträffar, där transportmedlet eller emballaget skadas.

Mot bakgrund härav finns numera omfattande regelverk om hur transporter av farligt gods skall utföras. Eftersom dessa transporter många gånger sker över gränser mellan olika stater, finns internationella avtal härom. Oavsett vilket transportmedel (bil, tåg, fartyg, flygplan) som används skall transporten följa reglerna. FN:s rekommendationer är grunden för de regler som finns inom området. Rekommendationerna har på olika sätt bearbetats för att passa till väg-, järnvägs-, sjö- och lufttransporter. Ett stort antal länder i Europa har förbundit sig att följa de bestämmelser för internationella transporter av farligt gods på landsväg, som finns i den s.k. ADR-överenskommelsen. Motsvarande överenskommelse om internationell järnvägsbefordran av farligt gods kallas RID.

För att underlätta hanteringen delas farligt gods in i olika klasser. Klassificeringen grundar sig på den huvudrisk som föreligger vid transport av ett visst ämne. Ämnena i varje klass har ämnesnummer. Oftast finns flera olika ämnen under samma ämnesnummer. Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser hänförs till klass 2. I denna klass hör således gasolprodukter hemma. De har ämnesnummer 2F.

Vid transport av farligt gods är det flera som har ansvar för att transporten blir utförd enligt bestämmelserna. Sammanfattningsvis gäller följande ansvarsfördelning för transport av gasol. Avsändaren skall överlämna vissa angivna handlingar om godset till transportören, bl.a. transportkort. Transportören skall å sin sida se till att föraren har rätt utbildning för transporten samt att fordon och utrustning är rätt. Han skall också ge uppgift om vägvalsstyrning. Föraren slutligen skall kontrollera att de erhållna handlingarna stämmer med godset. Han skall se till att han har transportkortet lätt tillgängligt i förarhytten. Dessutom skall föraren se till att fordonet har rätt märkning och att rätt utrustning finns med. Lasten skall vara säkrad och han skall välja väg som rekommenderas för transport av farligt gods. Föraren får inte lasta fordonet om transporthandlingarna saknas eller inte är rätt ifyllda.

Av transportkortet framgår vilka åtgärder som föraren skall vidta om en olycka inträffar. Han skall bl.a. göra följande.

- Larma polis och räddningstjänst.
- Stänga av motorn.
- Ej använda öppen låga.
- Markera riskområdet och varna andra trafikanter.
- Informera allmänheten och uppmana dem att gå mot vindriktningen.

Enligt lagen (1982:821) om transport av farligt gods skall tillsynen över efterlevnaden av lagen och de med stöd av lagen utfärdade föreskrifterna utövas av den myndighet som regeringen bestämmer. I förordningen (1982:923) om transport av farligt gods anges att polismyndigheten skall utöva denna tillsyn lokalt. Polisens tillsyn av farligt gods är ett led i den trafikövervakande verksamheten och utförs i huvudsak på väg och i terminaler.

### 1.13.3 *Transportvägar och transportmängder i Stockholms län*

Länsstyrelsen i Stockholms län har med stöd av 147 § tredje stycket vägtrafik-

kungörelsen (1972:603) den 13 januari 1997 fastställt en föreskrift om transport av farligt gods i Stockholms kommun, 01FS 1997:20 01-01:20. I denna har angivits ett inre trafikområde som innefattar de centrala delarna av staden med följande ytterområden: Östermalm, Vasastan, Stadshagen, Hornsberg, Fredhäll, Lilla Essingen, Långholmen, Reimersholme, del av Årstadal, Södermalm och Djurgården (se karta i *bilaga 2*). I det inre trafikområdet råder förbud mot transport av farligt gods med undantag för bl. a. följande genomfartsvägar: Tegeluddsvägen, Lidingövägen, Valhallavägen mellan Lidingövägen och Roslagstull, Cederdalsgatan, Sveavägen mellan Sveaplan och Norrtull samt Essingeleden. Något allmänt undantag för transport av gasol inom det inre trafikområdet görs inte. Ansökningar om undantag från föreskrifterna i enstaka fall prövas av länsstyrelsen

Av uppgifter som SHK fått del av framgår att antalet transporter med gasol vid tidpunkten för olyckan uppskattades till tio per vecka i Stockholm från läktringsanläggningen vid gasverket. Till detta kommer ett stort antal bensintransporter från hamnområdet i norra Stockholm, som uppskattas till i genomsnitt 118,8 fordon per dygn motsvarande cirka 6000 m<sup>3</sup>. Mängden transporterad flygfotogen från hamnområdet uppskattas till 20 – 30 fordon per dygn och mängden flygbensin till cirka 1 m<sup>3</sup> per dygn.

#### 1.13.4 *Rampanläggningen vid gasverket i Värtan*

Stockholms stads gasverk har sedan lång tid tillbaka bedrivit gasverksamhet i Värtan/Hjorthagen i norra Stockholm. År 1979 ansökte Stockholms Energiverk enligt lagen (1975:69) om explosiva och brandfarliga varor om tillstånd att utöka verksamheten med gasol. Ansökan avsåg ett områdestillstånd för högst 1500 m<sup>3</sup> gasol. Gasolen skulle förvaras i fem stålcisterner om vardera 300 m<sup>3</sup>. Den skulle levereras med järnvägstankvagn från Västkusten och transporteras via Norra station till Värtahamnen och vidare till gasverket. Det angavs i ansökan att avsikten var att sedan lagret fyllts en första gång, skulle det fyllas på med cirka en järnvägstankvagn per dygn. Ansökan remitterades till brandförsvaret i Stockholm och Sprängämnesinspektionen, som båda tillstyrkte under vissa villkor. Den 9 september 1980 utfärdade Stockholms Stadsbyggnadskontor tillstånd för gasolverksamheten.

Inom gasverkets område anordnades en avtappningsramp för gasolen. Vid rampen lossades järnvägstankvagnarna med hjälp av fast monterade pumpar, som pumpade gasolen vidare in i förrådscisternerna.

I början av 1990-talet kontaktades Stockholm Energi av Svenska BP AB, BP GAS angående möjligheten att använda rampen för utlastning till tankbil. Stockholm Energi ställde sig positivt. Stockholms Brandförsvaret tillfrågades under hand och stadsbyggnadskontoret tillskrevs slutligen i tillståndsfrågan den 6 november 1990. I skrivelsen omnämns att nyssnämnda samråd indikerade att några kompletterande tillstånd inte erfordrades, vilket gasverket ville få bekräftat. Såvitt SHK kunnat finna fick inte Stockholm Energi något skriftligt svar på denna skrivelse. Ett nytt nyttjanderättsavtal skrevs år 1992 mellan OK och Stockholm Energi. I samband med att OK GAS AB:s verksamhet överfördes till Preem Gas AB överfördes också avtalet.

Den 1 juli 1989 trädde den nya lagen (1988:868) och förordningen (1988:1145) om brandfarliga och explosiva varor i kraft. I övergångsbestämmelserna till denna lagstiftning angavs att den som innehade tillstånd tills vidare enligt tidigare bestämmelser var skyldig att göra anmälan härom, om vederbörande ville fortsät-

ta hanteringen. I 46 § förordningen anges att en innehavare som efter den 30 juni 1994 vill fortsätta att utnyttja ett tillstånd som enligt äldre bestämmelser gällde tills vidare skulle före den 1 juli 1994 till tillsynsmyndigheten anmäla att tillståndet fortfarande nyttjades. På basis av en sådan anmälan utfärdade stadsbyggnadskontoret den 30 september 1996 ett tillstånd för verksamheten vid gasverket. I detta anges särskilt att tillståndet för läktring av gasol från järnvägstankvagn till tankbil skall upphöra att gälla den 1 januari 2000.

Vid tidpunkten för olyckan distribuerade Preem Gas AB ungefär 90 ton gasol i veckan från läktringsanläggningen vid gasverket, vilket motsvarade ett eller två fordon per dag. En stor del av dessa transporter var avsedda för en kund i Gustavsberg, vilket innebar att gasol först fördes på järnväg tvärs igenom de centrala delarna av Stockholm och därefter med tankbil tillbaka genom staden, delvis parallellt med den tidigare transporten.

Gasverket håller sitt förråd av gasol som reserv om det skulle bli störningar i gastillverkningen. Förbrukningen är därför sporadisk. Under år 1997 inköptes ingen gasol, under år 1998 blev det 132 ton och under innevarande år har till mitten av maj inköpts 44 ton gasol.

## 1.14 Gasolfordonet

### 1.14.1 *Regler för och tillsyn av gasolfordon*

För att ett fordon med gasoltank skall kunna bli godkänt krävs dels att fordonet uppfyller de fordonstekniska kraven, dels att tanken med tillhörande utrustning blir godkänd för transport av gasol. För att tanken skall kunna bli godkänd krävs att en ackrediterad besiktningsman gör en kontroll av hållfasthetsberäkningar och använda materialkvaliteter samt gör ett tryckprov på tanken. Därefter utfärdar besiktningsmannen ett intyg om att tanken uppfyller ställda krav för transport av gasol. Med stöd av detta kan sedan fordonsägaren få fordonet godkänt vid bilbesiktningen för transport av gasol.

I avsnitt 1.13.2 beskrivs kortfattat reglerna för gasoltransporter. Länderna inom EU har beslutat att dessa ADR-regler från och med år 1997 skall gälla även för nationella transporter. Sverige införde dock redan år 1987 huvuddelen av de internationella reglerna för inrikes transport och har sedan gradvis anpassat de nationella reglerna så att det nu finns få avvikelser. Regelverket för transporter inom Sverige kallas ADR-S.

Före år 1987 tillverkades tankar för transport av gasol enligt Cisternnormer VI som hade gällt från år 1964. Cisternnormer utgavs av Tryckkärlskommissionen, som ursprungligen var ett samarbetsorgan bildat av Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) för att utarbeta normer för beräkning, utrustning, provning och besiktning av olika tryckkärl. Kommissionen omvandlades år 1948 till en ideell förening med samma namn, fortfarande med nära samarbete med IVA.

I samband med införandet av de nya bestämmelserna år 1987 föreskrev Statens räddningsverk att tankar som var tillverkade enligt de gamla reglerna skulle få fortsätta att användas t.o.m. år 1999 eller längst i sjutton år efter tillverkningsåret, dvs. längst t.o.m. år 2004. Återkommande besiktningar av tankarna skulle utföras vart tredje år enligt de nya bestämmelserna. Kravnivån skulle dock anpassas till de regler som tankarna tillverkats efter.

När det gäller själva tankarna är skillnaden mellan de gamla och de nya reglerna inte så stora. I dag tillverkas dock tankarna av bättre utprovat stål, som uppfyller ställda krav i temperaturområdet +50 till - 40 °C. Den största skillnaden avser dock utrustningen. För att kunna lasta och lossa den kondenserade gasen krävs ventiler och rörledningar. Kvaliteten på dessa delar har höjts och ADR reglerna ställer hårdare krav på placering och skydd av utrustning.

Utrustningskravet enligt ADR-S genomfördes ej fullt ut från starten år 1987, bl.a. beroende på att det var svårt att få fram passande utrustning, men framförallt för att tankarnas utrustning måste passa till befintliga last- och lossningsdepåer.

När ADR-S kom i bruk och användningen blev allmän, upptäcktes snart att det var svårt att tillämpa en del bestämmelser. Reglerna byggde också på existensen av en nationell teknisk norm. Eftersom en fullvärdig sådan saknades, togs Anvisningar för transportbehållare för farligt gods, TBA fram i SIS Tryckkärlskommissionens regi. Publikationen kom ut i september 1991.

Enligt Cisternnormer VI skulle utrustningen vid fyllnings- och tömningsledningarna bestå av en utvändigt placerad avstängningsventil anbragd så nära tanken som möjligt. Denna ventil skulle dessutom vid tankvolym överstigande 3 m<sup>3</sup> kombineras med backventil alternativt rörbrottsventil.

ADR/ADR-S anger rent allmänt att tömningsrör i tankar skall kunna förslutas med blindflänsar eller annan lika tillförlitlig anordning. Dessutom anges där att tankar med botten tömning skall vara försedda med invändiga avstängningsanordningar (marginalnummer 211 131). I TBA 530, som bl.a. utgör en tillämpning av 211 131, anger man att back- eller rörbrottsventiler ej godtas som invändiga avstängningsanordningar. Regler om avstängningsutrustning för klass 2 gaser står i marginalnummer 211 232 (1) – (3) med krav på säkerhetsanordningar. Där har gjorts små ändringar genom åren. I huvudsak har dock reglerna varit desamma. Det har varit problem med tillämpningen av dessa bestämmelser.

Utdrag ur ADR-S/ADR, bilaga B, del III/Bihang B.1a/sid. 24, daterad den 1 januari 1997.

Marginalnummer 211 232

- (1) Fyllnings- och tömningsöppningar i tankar för transport av kondenserade, brandfarliga och/eller giftiga gaser skall ha en inre säkerhetsanordning som med omedelbar verkan automatiskt stängs så snart tanken råkar i oavsedd rörelse eller i händelse av brand. Anordningen skall även kunnas stängas genom fjärrkontroll.
- (2) Varje öppning, med undantag av sådana som har säkerhetsventiler och stängda pysöppningar, i tankar för transport av kondenserade brandfarliga och/eller giftiga gaser skall, om öppningens nominella diameter överstiger 1,5 mm, ha en inre avstängningsanordning.
- (3) Oaktat (1) och (2) får tankar för transport av kylda, kondenserade, brandfarliga och/eller giftiga gaser vara utrustade med yttre i stället för inre anordningar om de yttre anordningarna har ett skydd som är likvärdigt med det som tankväggen ger.

SHK finner att en rimlig tolkning är att 211 232 (1) och (2) gäller för gaser med följande ämnesnumren 2T, 2F, 2TF, 2TC, 2TFC, 2TO och 2TOC. Alla de gaser som ingår i gasol har ämnesnummer 2F. Punkten 3 avser endast kylda, kondense-



rade gaser, som under transport till viss del är flytande på grund av sin låga temperatur. I avsnitt 1.17 behandlas ett förslag om transport av gasol, där gasen hålls nedkyld till -42 °C. Vid en sådan transport skulle denna regel vara tillämplig.

Bestämmelserna i 211 131 och 211 232 innebär således att back- eller rörbrottsventiler numera inte godtas som inre avstängningsanordning på tankar för transport av gasol.

Vid förfrågan hos gasoldistributörerna om tillämpning av dessa avsnitt har SHK dock funnit att det råder osäkerhet beträffande om det krävs en invändig ventil eller ej på tankbilar som transporterar gasol. En av distributörerna har berättat att i offerter från tillverkare av tankar så sent som långt in på 1990-talet angavs utrustningsalternativen ”Invändig avstängningsventil eller alternativt likvärdig utrustning, rörbrottsventil + utvändig avstängningsventil”. En invändig ventil betingade ett pris av 25000 kronor mer än alternativet. Detta kan vara skälet till att förhållandevis nya tankar för transport av gasol har olika utrustningsnivåer.

Innan ADR-S kom i bruk koncentrerade sig besiktningsverksamheten på tankarna. Väl inne i ADR regelverket började besiktningsmännen att arbeta mer med sambandet mellan transporterat ämne/tank/utrustning. Enligt TBA 700 skall det underlag som skall skickas in till en besiktningsorganisation för konstruktionskontroll bl. a. innehålla ”konstruktions-, svets-, rördragnings- och utrustningsritning”. Besiktningsorganisationerna tog fram ett besiktningsintyg för farligt godstankar som innehåller en sida avsedd för information om tankens befintliga utrustning. Denna redovisningsmodell kom igång år 1993. Från och med januari det året har alla nytillverkade tankar en redovisning, som anger all den ämnesberörda utrustning som var monterad på fordonet i färdigt skick.

#### 1.14.2 *Fordonet*

Det dragfordon som användes var av fabrikat Scania typ R 1124 6x2 46 med registreringsnummer NHT 698. Det hade senast besiktigats av AB Svensk Bilprovning den 2 september 1997 i Mölndal och därvid blivit godkänt. Dragfordonets gasoltank hade tanknummer Y-4111. Av tillhörande certifikat och bevis om godkännande av fordon för transport av visst farligt gods i Sverige framgår att detta utfärdats av AB Svensk Bilprovning den 6 september 1988 och efter återkommande besiktningar förlängts att gälla till den 20 augusti 1998. Gasoltanken som är monterad på fordonet tillverkades år 1976 och har varit föremål för besiktning enligt ADR-S övergångsbestämmelser den 30 augusti 1988 och godkändes utan anmärkningar av AB Statens Anläggningsprovning (SA) och har därefter varit föremål för återkommande besiktningar med fastställda intervall. Det framgår vidare av det senaste godkännandet som utfärdats med stöd av övergångsbestämmelsen till Statens räddningsverks föreskrifter ADR-S Inrikes transport av farligt gods på väg och i terräng, (SRVFS 1996:2), Bilaga B/Del III, Bihang B.1a) att godkännandet inte får förlängas efter den 31 december 1999.

Av bilaga till godkännandet framgår att tanken godkänts för transport av farligt gods klass 2 ämnesnummer 2 F.

Släpvagnen, som läckte gasolen, har beteckningen Tankmobil T2 LS 122 med registreringsnummer JBG 044 och godkändes vid den senaste besiktningen den 2 september 1997 vid AB Svensk Bilprovning i Mölndal. Tanken som är utrustad för botten tömning har nummer Y-3546 och är tillverkad år 1976. Det äldsta för SHK företedda certifikatet och beviset om godkännande av fordon för transport av visst farligt gods i Sverige utfärdades den 26 november 1987 av AB Svensk Bilprovning.

Det ursprungliga intyget, utfärdat den 23 maj 1977, över besiktning av tryckkärl för tanken utfärdades av AB Sveriges Tekniska Kontrollinstitut (STK), ett företag som bildats genom sammanslagning av Ångpanneföreningen (ÅF) och Tekniska Röntgencentralen. Giltigheten på AB Svensk Bilprovnings certifikat hade efter återkommande besiktningar förlängts till den 20 augusti 1998. Även i detta fall har godkännande skett med stöd av ovan angivna undantagsbestämmelse, dvs. giltigheten fick inte förlängas efter den 31 december 1999.

Vid en flygande inspektion som genomfördes av polisen efter olyckan framgick att på det högra hjulparet på släpets första axel hade ytterhjulet ett 15 cm långt jack på däckets insida och var däckets på innerhjulet blankslitet.

### 1.14.3 *Tanken, armatur, röranslutningar och slang*

Släpfordonets tank tillverkades år 1976 enligt då gällande Cisternnormer VI. Hållfasthetsberäkning och besiktning utfördes av STK. Skylten på tanken utvisande att normkravet var uppfyllt är stämplat ÅF. Vid den första besiktningen gjordes inget driftprov. I intyget angavs dock genom ett kryss i en ruta att tryckkärlet med tillhörande utrustning motsvarade föreskrifterna till alla delar, men det angavs samtidigt som en kompletterande uppgift att armaturen ej varit monterad vid besiktningstillfället. Detta tillvägagångssätt vid redovisning av besiktningresultatet var inte ovanligt vid denna tidpunkt.

När tanken tillverkades år 1976 var placeringen av den yttre avstängningsventilen enligt befintlig ritning tätt intill tankväggen i enlighet med kraven i Cisternnormer VI. Vid olyckan fanns emellertid mellan den yttre avstängningsventilen och tankväggen ett eftermonterat T-rör och på det avgrenade röret en mindre ventil. Huvudavstängningsventilen på rakdelen satt 35 – 40 cm från tankväggen och hade dessutom tillmonterat ett tryckluftsmånövrerat vriddon. Enligt uppgift från ägaren har detta montage gjorts under en tid då fordonet var stationerat i södra Sverige. Bakgrunden till denna ändring var att den ramp som användes för påfyllning av gasol inte hade tillräcklig längd. Vid fyllning av tanken på släpvagnen användes det extra påsticket (stapeln på T-röret) för anslutning till påfyllningsrampen.

Trots efterforskningar genom kontroll av handlingar och förfrågan hos ägare, besiktningsmän och verkstäder som använts i samband med besiktningarna har det inte gått att fastställa när eller av vem som denna komplettering utförts. Det fanns tidigare inte heller något krav på redovisning av rörledningar och ventiler på tanken. Numera finns uppgifter på rörarrangemang och ventiler med redan från tillverkningen. Dessa används som underlag vid varje besiktningstillfälle.

Invändigt i tanken fanns en rörbrottsventil. Dess funktion är att bromsa upp gasolflödet i en rörledning då gasolens hastighet blir för hög, exempelvis vid ett brott på ledningen efter ventilen. Vid olyckan slöt inte ventilen tätt utan gasen fortsatte att strömma ut. Med anledning härav blev rörbrottsventilen föremål för en särskild undersökning, se avsnitt 1.15.2.

### 1.14.4 *Slanguppläggningsen*

I samband med leverans till kund måste slangen på släpvagnens tank användas, eftersom släpvagnen saknar pump. Utlastningen från denna tank går sålunda genom rörsystemet, räkneverk och pump på dragfordonet. Eftersom gasol lossas under visst tryck, måste slangen ha viss tryckhållfasthet. I detta fall var den dessutom försedd med en utvändig spiral av rostfri ståltråd. Detta gör att slangen blir ganska otymplig. Den måste dessutom kunna hanteras av föraren ensam.

I detta fall lades slangens upplängs med fordonet i två böjda plattstål; ett monterat omedelbart på den bärande balkens främre ända och det andra ca 1,2 m därifrån. De krokarna som bildas på detta sätt var anpassade till slangens diameter. För att hålla kvar slangens under transporten användes två gummistroppar, en vid varje bärjärn. Gummistropparna, som vanligen används för att spänna fast exempelvis presenningar på bilar, var försedda med ett antal hål. Bärjärnen hade i vardera änden formats till en krok som passade in i stropparnas hål. Härigenom kunde stropparna spännas så att slangens hölls i läge. Eftersom kroken på det främre bärjärnets insida skadats, hade gummistroppen trätts in bakom en ledning och den andra änden av gummistroppen trätts genom det hål som var närmast bärjärnet. Den ögla som härigenom bildades medförde att stroppen var fästad till fordonet. I det andra bärjärnet var gummistroppen krokad i hålen. Vid olyckan hade denna gummistropp helt lossnat och låg på marken strax bakom fordonet. Gummistroppen var helt utan skador och var av liknande typ som den som satt kvar på fordonet.

Mellan de båda bärjärnen fanns ingen fast ränna eller liknande. Genom slangens styvhet låg den dock rak mellan hållarna. Den andra änden av slangens var ständigt kopplad direkt till tankens stora fjärmanövrerade avstängningsventil. Det har inte gått att fastställa hur väl förankrad slangens blev. Slangens styvhet medför att den bildar en bukt med något större diameter än avståndet mellan centrumlinjerna mellan ventilen och bärjärnen.

## 1.15 Särskilda prov och undersökningar

### 1.15.1 Metallurgisk undersökning av T-röret

Det brutna T-röret mellan tanken på släpvagnen och avstängningsventilen har undersökts för att klarlägga brottförloppet och fastställa eventuella material- eller svetsbetingade faktorer som kan ha bidragit till brottet. Vid undersökningen har förutsatts att den primära orsaken till brottet är känd, se avsnitt 1.9.1.

En okulär granskning av brottet gjordes samma dag som olyckan inträffade. En mera omfattande undersökning genomfördes senare när röret i sin helhet demonterats och fanns på laboratorium. Här granskades samtliga brottytor i låg förstoring. Metallografisk undersökning gjordes av kritiska tvärsnitt genom primärbrottet och en kemisk analys utfördes av materialet i flänsen. Dessutom har genomförts en brottmekanisk beräkning med syfte att fastställa nödvändig yttre last för att åstadkomma det inträffade brottet.

Ytterdiametern i den brutna flänsen uppmättes i brottområdet till ca 93 mm. Godstjockleken i brottet är ca 6,5 mm. Rörväggen i anslutande T-rör uppmättes till 3 – 4 mm.

Brottytor i flänsen granskades ingående i låg förstoring i stereomikroskop. Inledningsvis konstaterades att den totala brottytan kunde delas in i två kategorier; dels brott som inträffat vid haveriet, dels sprickor och defekter som bildats före haveriet.

Av de brottytor som uppstått vid haveriet var cirka 90 procent av spröd karaktär, dvs. de uppvisade ett facetterat utseende och var orienterade i rät vinkel mot rörväggen. Övriga cirka 10 procent bestod av två flikar in i anslutande T-rör. Dessa

brott visar tydlig plasticering och uppvisar brottytor av skjuvkaraktär med matt yta, orienterade i sned vinkel mot rörväggen.

Sprickor och defekter som bildats före haveriet kunde särskiljas från nybildade brottytor på grund av att de förra mörkfärgats av korrosion. De äldre skadorna kan indelas i två typer; dels utmattningssprickor, dels rotfel från den ursprungliga svetsningen. Utmattningssprickorna har en finkornig yta och är orienterade i rät vinkel mot rörväggen, medan rotfelen har en grovkornig yta och en orientering som ofta avviker från rät vinkel.

Vid granskning av flänsen påträffades även, instämplat på flänsens kant, materialbeteckningen C 22.3 och chargenummer 355424. C 22.3 är beteckningen för ett olegerat kolstål och chargenumret är en identitet för den metallsmälta som använts vid tillverkningen av flänsen.

Undersökningen visade att brottet startat vid den första rundsvetsen mellan fläns mot tanken och T-röret. Det primära brottet följde zonen mellan svets och T-rör runt hela omkretsen. Området var försvagat av flera utmattningssprickor och rotfel med djup upp till halva godstjockleken. Primärbrottet har till största delen skett genom sprödbrott. Från primärbrottet utgick ett sekundärt instabilt brott ut i T-röret. Sprickornas försvagande effekt har kvantifierats genom en brottmekanisk beräkning, som visade att området för primärbrottet utsattes för ett globalt böjmoment av minst 6400 Nm, vilket motsvarar en nominell axiell spänning i brottområdet av ca 195 MPa på rörets utsida i området där brottet startat. En nominell spänning avsevärt lägre än materialets sträckgräns kan därmed ha varit tillräcklig för att utlösa brottet.

Vidare har framkommit att svetsfogen mellan fläns och T-rör vid haveritillfället innehållit försvagningar som inneburit att detta område utgjort den svagaste delen mellan slang och tankvägg. Brottet har därför startat i detta område och sprickorna har dessutom medfört att brottet fått ett utpräglat sprött förlopp.

Baserat på ovan redovisade observationer bedöms brottet ha startat vid rundsvetsen mellan fläns och T-rör. Från primärbrottet har ett instabilt brott fortskridit in i T-röret. Svetsdefekter på rundsvetsens rotsida har utgjort en försvagning av svetsen och dessutom, tillsammans med svängningar under körning av fordonet, medverkat till initiering av utmattningssprickor på insidan. Sprickorna har tillväxt successivt under det att fordonet varit i bruk. Sprickorna var sannolikt flera år gamla vid olyckstillfället. Någon möjlighet att mer noggrant bestämma deras ålder finns inte. Förekomsten av utmattningssprickor har medfört att rundsvetsen mellan fläns och T-rör utgjort den svagaste delen av de komponenter som utsattes för yttre tillskottslast vid haveriet. Förutom ovan nämnda defekter har inte några brister beträffande material eller svetsar observerats. Det använda materialet i flänsen, kolstål C 22.3, godtas i dag inte för användning i tankar med kondenserad gasol på grund av att materialets slagseghet inte är tillräcklig vid låga temperaturer.

Slutligen visar undersökningen dessutom på att ett brott i rundsvets mellan fläns och T-rör sannolikt skulle ha inträffat även utan yttre tillskottslast när sprickorna under normalt bruk nått kritisk storlek. Det kan inte uteslutas att liknande sprickbildning pågår i motsvarande T-rör på andra fordon, i de fall förutsättningarna varit liknande dem i den havererade komponenten.

### 1.15.2 Rörbrottsventilen

Vid det inträffade haveriet skulle den utströmmande gasen slå igen rörbrottsventilen och denna bromsa upp utströmningen. Helt tätt sluter inte en sådan ventil men enligt uppgifter från olycksplatsen verkade det som om ventilen överhuvudtaget inte aktiverats. Denna ventil hade vid provning med luft i samband med besiktning den 2 september 1997 befunnits vara utan anmärkning. Efter olyckan monterades rörbrottsventilen bort och undersöktes hos SAQ i Göteborg den 24 mars 1998.

Rörbrottsventilen var av typ AL 4151. Enligt broschyrblad från tillverkaren skulle ventilhuset vara av mässing med en ventilkägla av mässing och en fjäder av rostfritt fjäderstål och allt hållas samman av en rostfri låsmutter.

I originalutförande var, enligt SAQ, ventilkäglan fastlödd vid en ventilspindel av mässing. Undersökningen visade dock att denna rörbrottsventil, i likhet med andra av samma konstruktion, gjorts om på så sätt att ventilspindeln utgjordes av en rostfri skruv med skruvskallen vid käglan. Det hade visat sig att ventilen i originalutförande inte klarade påkänningarna.

Vidare framkom vid undersökningen att ventilkäglan, som normalt är en plan skiva, var kraftigt tillstuckad. Den hade fått en kupad form och kunde omöjligt utgöra något hinder för strömmande gas. SHK:s expert har trots lång erfarenhet som besiktningsman aldrig träffat på en ventil som varit skadad på detta sätt.

Det har inte gått att utreda om skadan på ventilen uppstått vid olyckan eller någon gång före denna men efter tankbesiktningen i september 1997.

## **1.16 Företagets organisation och ledning**

Åkeriföretaget har som en specialitet att transportera gasol. De är dock inte ensamma om detta utan transportererna sker i konkurrens med andra företag. Inom företaget finns en gasolavdelning som under verkställande direktören leds av en man som skall ansvara för transporter, orderhantering och tillhörande administrativt arbete. Han skall ansvara för att fordonen är besiktigade och utrustade enligt gällande ADR-bestämmelser och att depåerna sköts enligt beställarens föreskrifter. Vidare är han teknik- och serviceansvarig för alla åkeriets bilar, maskiner och dylikt.

SHK har tillgång till både intyg från kontrollbesiktning av de inblandade fordonen och certifikat för ADR-transporter av farligt gods i klass 2F. De anmärkningar som funnits har snabbt åtgärdats.

Föraren hade föreskriven utbildning för att utföra ADR-transporter och gavs dessutom tillfälle till fortbildning hos de gasolleverantörer som företaget arbetade för.

Föraren hade ett eget exemplar av Förarhandbok med de instruktioner som gäller för hanteringen av gasol - såsom uppställning av fordon, reparation och underhåll av gasolfordon, fordonsutrustning, rörschema, fyllnadsgrad, mätning av tankvolym, lastning och lossning – såväl vid fyllning från järnvägsramp som leverans till kund samt för åtgärder vid olycka.

## **1.17 Förslag om kylda gasoltransporter respektive transporter i värmeisolerade tankar**

I samband med att FOA gjorde sin undersökning, se avsnitt 1.11.2, framfördes att en väsentlig riskminskning skulle kunna uppnås vid transport av gasol om den transporterades som kyld gasol, dvs. vid -42 °C. Transporten skulle då ske i en välisolerad, ej trycksatt tank. Genom viss avkokning av gasol hålls temperaturen nere. För att undgå utsläpp av gasol till atmosfären kan kylfälla, kyld med t.ex. flytande kväve, användas. Detta innebär även tekniska fördelar, endast slang för flytande gasol behöver användas vid fyllning/tappning, slang för tryckutjämning via gasfasen behövs ej. Vid olyckshändelse skulle endast utströmning av vätska äga rum. Viss initial avkokning kommer att ske genom uppvärmning från mark, men denna avtar efterhand.

Härutöver har framkommit ett förslag om att gasoltankarna skulle kunna försees med obrännbar isolering som skyddar mot upphettning och därmed förlänger den tid som räddningstjänsten har till sitt förfogande innan en farlig situation uppstår.

## 1.18 Förändringar efter olyckan

Direkt efter olyckan föreskrev Statens räddningsverk att slangar inte får vara anslutna till tanken under transport. Denna föreskrift har senare ändrats så att det görs undantag för slang som är helt innesluten i ett särskilt utrymme så att full säkerhet mot att den kan lossna under transport erhålls. En demonterad slang skall säkras så att den inte kan lossna under transport.

Preem Gas AB använder sig inte längre av läktringsanläggningen i Hjorthagen utan lastar i stället om gasolen från järnvägstankvagn till lastbil i Västerås och Jordbro. Den 4 december 1998 avvecklade bolaget helt sin lastbilsverksamhet vid gasverket. Därefter sker således ingen omlastning från järnvägstankvagn till lastbil vid gasverket. Preem Gas AB levererar däremot fortfarande gasol för gasverkets behov med järnvägstankvagn till verket i Hjorthagen. Denna gasol pumpas över till gasverkets cisterner.

Färdvägen för järnvägsvagnarna till Västerås från Västkusten går via Hallsberg. I Västerås växlas de om och transporteras till omlastningsanläggningen. Färdvägen för tankbilarna till och från depån går från E 18, avfart Bäckbymotet, via Surahammarsvägen, Sjöhagsvägen och Cisterngatan.

Järnvägstankvagnarna till Jordbro från Västkusten växlas om i Älvsjö till Nynäshamnsbanan för att sedan i Jordbro växlas om till omlastningsanläggningen. Färdvägen för tankbilar till och från Jordbro går via Årstälänken, Huddingevägen, Örbyleden och Nynäsvägen. Vid leverans till Gustavsberg kör bilarna Nynäsvägen och, efter avfart vid Söderstadion, mot Hammarby fabriksväg.

## 2 ANALYS

### 2.1 Olyckshändelsen

#### 2.1.1 Allmänt

Under färd hoppade den slang som var kopplad till ett anslutningsrör på den främre delen av släpvagnens tank bort från sin uppläggningsanordning på släpvagnen. I samband med att slangen hamnade mellan däcken på ett av släpets främre hjulpar drogs det rör som ledde från tanken till den yttre avstängningsventilen sönder. Den

dragkraft som uppstod när slangen kilades fast mellan dubbeldäcken överfördes genom slangen till den relativt tunga avstängningsventilen och vidare till röret som ledde till tanken. Genom korrosion och utmattning av materialet hade rörväggen försvagats betydligt. Röret brast vid den svets som utgjorde dess svagaste del. Det kan inte uteslutas att ett rörbrott skulle ha uppstått även om materialet inte varit försvagat.

Av den metallurgiska undersökningen framgår att ett brott mycket väl så småningom skulle ha kunnat uppstå helt utan yttre påverkan, eftersom stålet i rörväggen var försvagat. Den tunga tryckluftsmånövrerade yttre avstängningsventilen gjorde att ledningen kom i svängning och därmed utsattes för belastning så snart fordonet var i rörelse.

### 2.1.2 *Slanguppläggnings*

Konstruktionen för uppläggning av slangen var godkänd enligt de regler som gällde för fordonet. Föraren lägger upp och fäster fast slangen längs med släpvagnen flera gånger varje dag. Det har inte gått att utreda om han vid det här tillfället verkligen hade fäst slangen med de gummistroppar som skall hålla den på plats och om detta i så fall skett på korrekt sätt. Vid undersökning av platsen för olyckan har man inte kunnat finna några ojämnheter i gatubeläggningen eller några andra omständigheter som skulle ha kunnat föranleda slangen att lossna om den varit ordentligt fastspänd. Det fel man funnit på själva fastspänningsanordningarna – en saknad krok på det främre bärjärnets insida – kan inte heller förklara varför slangen lossnade; den hade ju inte lossnat från det främre bärjärnet utan från det bakre som var helt intakt. Mest sannolikt är därför att slangen visserligen varit upplagd i sina hållare men antingen inte alls fastspänd med gummistropparna eller fastspänd men utan att stropparna dragits till sitt rätta läge.

Räddningsverkets omedelbart efter olyckan utfärdade föreskrift om att slangen alltid skall kopplas loss före transport medför vissa nackdelar, som att varje kopplingsmanöver innebär risk för läckage och slitage på de tätande elementen i kopplingen. Enligt SHK:s mening är det därför bra att man numera löst säkerhetsproblemet med slangen på ett annat sätt än genom att ställa krav på bortkoppling av slangen.

### 2.1.3 *Ventilarrangemanget*

Säkerheten mot gasolläckage byggde för det aktuella fordonet på två komponenter. Dels skulle huvudavstängningsventilen enligt föreskrifterna i Cisternnormer VI sitta så nära tankväggen som möjligt och risken för ett rörbrott mellan tanken och avstängningsventilen därigenom minimeras. Dels skulle rörbrottsventilen inne i tanken förhindra en större utströmning, om det ändå uppstod ett brott på ledningen innanför avstängningsventilen. Ett brott utanför huvudavstängningsventilen innebär ju inte samma risk, eftersom man då kan stoppa utflödet av gasol genom att stänga denna ventil.

#### *Huvudavstängningsventilen*

Huvudavstängningsventilen kan inte anses ha anbragts så nära tankväggen som möjligt, eftersom den var monterad 35-40 cm från väggen.

När det nu aktuella fordonet besiktigades första gången var – enligt den då rådande praxisen – avstängningsventilen inte monterad och därmed inte heller

rörarrangemanget i övrigt. Detta medförde att besiktningsmannen inte hade möjlighet att provtrycka tanken med tillhörande ventil och han kunde givetvis inte heller få någon uppfattning om vilken placering ventilen skulle få i förhållande till tankväggen. Denna praxis stod i överensstämmelse med de då gällande föreskrifterna.

I flertalet fall monterades sannolikt den yttre avstängningsventilen tätt intill tankväggen, eftersom det oftast inte fanns något hinder mot montage direkt in på rörstosen på tanken. Så skedde antagligen också från början med förevarande fordon. I ett senare skede, när ett särskilt T-rör monterades för att möjliggöra fyllning vid en viss ramp, valde man dock att av praktiska skäl montera avstängningsventilen längre ut. Detta medförde i sin tur att ledningen mellan tanken och ventilen blev längre och därmed påkänningarna på ledningen större. Ett säkerhetsmässigt bättre alternativ hade kunnat vara att man placerat ytterligare en ventil på huvudledningen utanför avgreningen men bibehållit huvudavstängningsventilen tätt invid tankväggen.

Enligt reglerna ställdes och ställs det inga specificerade krav på hållfasthet och kontroll av rörsystem. Vid ett eventuellt haveri har man räknat med att man kan stänga den yttre ventilen och således kan hålla gasolen innesluten i tanken. Denna möjlighet hade man i detta fall dock avhändert sig såvitt gällde den del av ledningen som låg mellan tankväggen och avstängningsventilen.

En svetsfog på det T-rör som avstängningsventilen var monterad på var undermålig. Det har inte gått att utreda när eller av vem detta T-rör tillverkats och monterats. Släpvagnen har besiktigats av SA/SAQ vid flera tillfällen. (SA bytte namn till SAQ år 1995.) Rörarrangemanget på tanken hade byggts om mellan två besiktningsningar utan att SA/SAQ fått kännedom om detta.

Fr. o. m. år 1993 kräver besiktningsorganen dock att det skall finnas en dokumentation hos såväl besiktningsorganet som ägaren avseende den kontrollerade utrustningen för att förhindra att besiktningsmannen missar väsentliga förändringar. Denna rutin tillämpas även på äldre tankar. Att SA/SAQ i detta fall inte upptäckt och besiktigat den förändrade rörinstallationen beror sannolikt på att förändringen gjordes före år 1993 och således aldrig har dokumenterats hos SA/SAQ. Enligt SHK:s mening borde man dock vid besiktning ha sett att avstängningsventilen inte satt vid tankväggen.

SA/SAQ har knappast haft möjlighet att upptäcka den undermåliga kvaliteten på svetsen. Den täthetsprovning som sker vid besiktning genom att tanken sätts under övertryck innebär inte någon sådan påkänning på konstruktionen att läckage uppstår vid en undermålig svetsfog. För att man skall kunna fastställa att en svetsfog är dålig krävs en annan typ av undersökning, t.ex. röntgenkontroll. En sådan undersökning skulle ha avslöjat bristerna hos T-röret. Det är dock knappast rimligt att kräva denna typ av ingående undersökningar vid besiktningsarna utan säkerheten bör i stället bygga på att ett eventuellt läckage från ledningarna alltid stoppas av ventilsystemen och gasolen således hålls kvar i tanken.

### *Rörbrottsventilen*

Det andra ledet i säkerhetssystemet för det aktuella fordonet utgjordes av den invändiga rörbrottsventilen som åtminstone kraftigt skulle minska ett eventuellt utsläpp. Efter olyckan visade sig dock rörbrottsventilen vara skadad genom att den tätande ventilkägglan fått en kupad form. Den har därför inte förmått strypa flödet i någon högre grad utan tillåtit gasen att strömma ut praktiskt taget fritt. Det har inte



med säkerhet gått att fastställa om skadan funnits före olyckan eller uppstått under denna.

En orsak till att ventilen inte kunnat stänga av flödet ens om den före olyckan varit hel kan ha varit att trycket i tanken genom den låga utomhustemperaturen inte gav den utströmmande gasolen tillräcklig hastighet. Det är hastighetstrycket som aktiverar ventilen. Ventilens enkla konstruktion med en genomgående sammanhållande skruv (ventilspindeln) samt mutter och en spiralfjäder runt ventilspindeln ger ventiltallriken en otillräcklig styrning, vilket skulle kunna ha bidragit till att den inte hamnade rätt på ventilsåtet. Om ventiltallriken vid anslaget träffade ventilsåtet i en liten vinkel, kan detta ha åstadkommit den deformation som efter olyckan fanns på ventilen.

Oavsett om skadan på rörbrottsventilen uppstått före olyckan eller om den är en följd av olyckan, kan den aktuella ventilkonstruktionen knappast anses ha tillräcklig tillförlitlighet för att kunna utgöra det andra ledet i det system som skall garantera att en rörskada på ett gasoltransportfordon inte leder till ett okontrollerat utsläpp av gasol.

En transporttank skall kunna tömmas så snabbt som möjligt. Det finns därför risk för att utströmningshastigheten även vid normal tömning blir så hög att ventilen aktiveras och stänger till. Genom den uppbromsning som sker när flödet avtar öppnar rörbrottsventilen igen och flödet fortsätter. Vid en viss kritisk strömningshastighet kan rörbrottsventilen hamna i en ständig fram- och återgående rörelse. Den otillfredsställande styrningen av ventilen kan därför medföra att en deformation uppstår vid en utpumpning utan att tömningen i sig kan betraktas som onormal.

En rörbrottsventil kan också upplevas som ett hinder i den normala dagliga hanteringen i och med att den begränsar flödet. Det kan därför föreligga viss risk för att man väljer en typ av rörbrottsventil som inte aktiveras vid de flöden som förekommer vid normal tömning eller som i vart fall snabbt återgår till ursprungsläget. Allt under förutsättning att rörbrottsventilen godkänns vid besiktningen. En sådan ”trögare” ventil kan innebära en ökad risk för utebliven aktivering även vid ett oavsiktligt utsläpp av gasol.

Mot bakgrund av ovanstående finner SHK att bestämmelsen i TBA 530 att inte godta rörbrottsventiler i detta sammanhang är väl grundad. Det bör ifrågasättas om rörbrottsventilerna inte skulle ersättas med en invändig avstängningsventil på alla nu i trafik varande fordon med rätt att transportera gasol och liknande gaser.

#### 2.1.4 *Fordonet i övrigt*

Såvitt SHK har kunnat finna hade fordonet inte i övrigt några sådana brister eller framfördes på sådant sätt att det hade någon inverkan på olycksförloppet.

## 2.2 Riskerna för och effekterna av en antändning

I Sverige har det inträffat ett antal olyckor där utläckande gasol har antänts. I ett fall var det en mindre industri som drabbades. Den gången rörde det sig om en fast tank. Vid installationen hade man använt sig av ett tätningsmaterial som löstes av gasolen, vilket fick till följd att gasolen läckte ut och spred sig i byggnaden. Den utredning som gjordes efter branden visade att antändningsorsaken med största sannolikhet var lågan i den värmepanna som användes för uppvärmning av bygg-

naden. Den explosion som följde demolerade byggnaden fullständigt, men eftersom explosionen inträffade nattetid kom ingen människa till skada.

Det finns även erfarenheter av att bilar antänd gasolmoln. Detta inträffade bl.a. den 8 maj 1981 på Hisingen i Göteborg, när en brandbil körde in i ett gasolmoln, som bildats genom att en grov ledning sprängts av. De två som befann sig i bilen försökte springande ta sig igenom eldhavet. Den ene dog av sina brännskador, medan den andre överlevde men med svåra brännskador. Vid detta tillfälle uppstod också ett antal sekundära bränder inne i byggnader i närheten.

Eftersom utströmmande gasol kan antändas av t.ex. gnistor från elektrisk utrustning under motorhuven på en bil eller av värmen från en bils katalysator eller turboaggregatet på en dieselmotor, var det av synnerlig vikt att föraren av gasolfordonet och den danske långtradarföraren omedelbart stoppade all biltrafik i båda riktningarna på Tegelluddsvägen. Härigenom minskades risken för antändning väsentligt. Det kan också konstateras att om olyckan inträffat på en plats eller tid med stark trafik hade risken för antändning varit mycket stor. Det finns inga möjligheter att avvärja en brand eller explosion, när antändning väl har skett.

En av de största riskerna för svåra skador utgjordes av möjligheten att gasolen kunde tränga ner i och fylla ett källarplan med en brännbar gasolluftblandning. Antändning skulle mycket väl ha kunnat ske genom gnistor från elektrisk utrustning eller den fasta elinstallationen. I så fall kunde byggnaden ha fått mycket svåra skador. Eftersom väggarna hindrar gasens expansion, stiger trycket mycket snabbt och en explosion inträffar som kan ge svåra konstruktiva skador på byggnaden. Antalet döda och skadade kunde ha blivit mycket stort.

En särskild risk för gasansamling utgör i detta sammanhang dagvattenbrunnar med ledningar som skall föra bort regnvatten och smältvatten, kabelbrunnar för el- och teleledningar, kulvertar för värmerör m.m. samt transformatorstationer och liknande för starkström. Den tryckvåg som uppstår vid antändning av gas i en ledning kan ge mycket höga tryck och skada byggnader långt från den ursprungliga skadeplatsen. Gasen kommer också att avgå till intilliggande utrymmen, vilket kan medföra att antändbar gasolluftblandning kan finnas exempelvis i en dagvattenbrunn ansluten till samma ledning. Det var därför av största betydelse att räddningstjänsten kontrollerade alla sådana utrymmen intill olycksplatsen. Genom att den enskilde inte alltid kan se något direkt samband mellan en gasololycka och den dagvattenbrunn som han står vid, ökar risken för antändning dramatiskt; behovet av försiktighet framstår inte lika tydligt.

Tunnelbanan kan ge upphov till snabb gasspridning genom att tågen skapar såväl över- som undertryck, vilket kan driva gasen långa vägar i tunnlar. Den snabba gasspridningen kan medföra att gasen antänds på relativt långt avstånd från olycksplatsen. Vid förevarande olycka var läget gynnsamt på det sättet att ingången till närmaste tunnelbanestation låg på en högre nivå än den gata där olyckan inträffat. Tunnelbanestationen Tekniska Högskolan, som är belägen längre bort längs med gasolfordonets planerade färdväg, kan från denna synpunkt däremot anses utgöra en speciell risk. Vid denna station har nämligen nedgångarna ett sådant läge att risken är stor för att utläckande gasol eller bensin från en olycka i närheten av någon av nedgångarna strömmar ner i tunnelbanan.

När ett gasolmoln antänds, sprider sig lågan snabbt i det gasskikt som har rätt blandning mellan luftens syre och gasolen. Den värme som härvid omedelbart frigörs förångar den aerosol som finns i molnet. Genom uppvärmningen tilltar gasolmolnets volym snabbt. De heta gaserna får en relativt lägre densitet gentemot

omgivande luft, vilket medför att eldklotet stiger uppåt. Genom den luftrörelse som uppstår kommer nytt syre att tillföras klotet och förbränning av ytterligare gasol kan äga rum.

Såsom framgår av avsnitt 1.11.2 skulle en antändning under vätskefasen ha inneburit att personer på ett avstånd av upp till 50 meter från tanken skulle ha drabbats av dödliga brännskador. Sannolikt hade även sekundära bränder uppstått.

När flödet av gasol ca kl. 08.00 övergick från vätske- till gasfas minskade snabbt riskerna för de närboende. En antändning då hade gett upphov till en stor flamma, men med betydligt mindre effekt. Faran var dock inte helt avvärjd, eftersom resterna av gasolen i tanken så småningom bildar en brännbar gasluftblandning, som måste oskadliggöras på ett säkert sätt. Verkningarna av en explosion i detta skede drabbar i första hand de som befinner sig i närheten av tanken.

En BLEVE innebär till skillnad från antändning av ett läckage att hela tankens innehåll frigörs på en gång och all gasol blir tillgänglig för förbränning. I detta fall skulle 7 ton ha förbrunnit inom loppet av 8 sekunder. Den som oskyddad på nära håll utsätts för värmestrålning från ett sådant brinnande gasklot har mycket små utsikter att klara sig. Det finns heller inga möjligheter att avvärja en antändning när den väl har skett. Såsom framgår av FOA:s undersökning (avsnitt 1.11.2) skulle såväl människor som vistades ute i det fria som de som fanns inne i de närmast olycksplatsen belägna bostadshusen i lägenheter som hade fönster vettande ut mot Tegeluddsvägen kunnat få allvarliga brännskador genom direkt strålning från en sådan BLEVE. Kläderna hade antänts på dem som vistats inom eller nära intill eldklotet. Verkningarna utanför eldklotet skulle ha begränsats genom att värmestrålning måste ha både viss intensitet och viss varaktighet för att antändning eller brännskador skall uppstå.

Det finns i dag stora möjligheter att göra beräkningar av verkningarna vid olika storlekar på eldklotet. Med utgångspunkt från tankarnas storlek kan man sedan göra en noggrann riskanalys. Genom att begränsa storleken på transporttankar kan man begränsa verkningarna av en BLEVE. Å andra sidan ökar då riskexponeringen, eftersom vid ett givet transportbehov antalet transporter ökar.

## 2.3 Bekämpning av gasolutsläpp

### 2.3.1 Inledning

SHK:s undersökning visar att det vad avser möjligheterna att bekämpa gasolutsläpp i det framtida säkerhetsarbetet finns skäl att särskilt fokusera på följande frågor:

- Är effektutvecklingen hos de gasolflammar med de källstyrkor som kan vara relevanta i detta sammanhang så stora att det inte går att bekämpa dem med de släckmedel som den kommunala räddningstjänsten förfogar över? Vilken källstyrka skall anses som kritisk?
- Hur mycket kylvatten krävs för att skydda en tank mot farlig upphettning, om den utsätts för en jetflamma på nära håll?
- Ökar risken för antändning i sådan utsträckning vid vattenbegjutning av ett gasolmoln att denna metod inte bör komma till användning?

Dessa frågor kan inte besvaras på annat sätt än genom tekniskt/vetenskapliga undersökningar och praktiska provningar. Det ligger inte inom ramen för SHK:s

verksamhet att bedriva sådant arbete utan det ankommer på säkerhetsmyndigheterna. Det kan dock finnas anledning att precisera frågeställningarna.

### 2.3.2 *Släckning av gasolbrand*

Fördelen med gasbränder är att det inte finns någon värme magasinerad i annat än sådant som blivit indirekt upphettat. När lågan släckts finns inga glödande rester eller ångor från upphettade vätskor kvar som kan ge upphov till återantändning. Nu tillgängliga högeffektiva pulversläckmedel anbringade med pulverkanon in i lågan har god släckeffekt. Om gasolavgivningen överstiger ett visst kritiskt flöde, uteblir dock släckning. Tillgången på lämpliga släckaggregat med pulver är idag starkt begränsad. Tidigare hade kommuner med flygplatser möjlighet att utnyttja de stora pulveraggregat som Luftfartsverkets räddningstjänst utrustats med för insats i samband med flygolyckor, där en stor brand i flygplanets bränsle kan uppstå vid ett haveri. Dessa räddningstjänster har dock inte längre sådana pulveraggregat.

Det är givetvis av stort värde om det finns möjlighet att släcka en jetflamma och på så sätt förhindra en förödande explosion. Vilken källstyrka ett utflöde har kan oftast bestämmas med viss säkerhet, eftersom det i allmänhet är frågan om läckage från en avbruten ledning, en öppen ventil eller liknande. Trycket och öppningens storlek bestämmer hur stort flödet blir. Trycket är i sin tur beroende av omgivningens temperatur. Erforderliga grunddata är därför tillgängliga relativt snabbt.

SHK anser att det finns anledning att närmare undersöka vilka strålrörsdimensioner och vattenmängder som erfordras för släckning av olika typer av gasollågor samt i vilken utsträckning kraftiga gasollågor kan släckas med de släckaggregat som i dag står till räddningstjänstens förfogande.

### 2.3.3 *Behovet av kylvatten vid stark upphettning av en tank*

En risk med tankar utformade som tryckkärl är att de kan bli utsatta för upphettning i samband med brand i närheten. Därför bör man närmare utreda vilka kylbehov som föreligger för att effektivt skydda en tank mot farlig upphettning.

För fasta tankar förlagda med iakttagande av föreskrifterna om skydds- och säkerhetsavstånd anges samstämmigt av flera oberoende källor och efter genomförda försök att för kylning krävs som regel inte mer än cirka 2 liter vatten per minut och kvadratmeter. Detta är tillräckligt för att kunna erhålla en yttemperatur understigande 100 °C vid strålningsnivåer upp till 25 kW/m<sup>2</sup>. Vid skonsam direktpåverkan stiger värmeflödet dramatiskt och i dessa fall anges kylningsbehovet av den exponerade ytan till 10 l/m<sup>2</sup> min. När de gäller transporttankar där man inte kan förlita sig på skydds- och säkerhetsavstånd kan förhållandet vara ett annat.

I samband med undersökningen har framkommit att en jetflamma med en källstyrka av 4,0 kg/sek avger så stor värmeeffekt att det kan ifrågasättas om man med den utrustning räddningstjänsterna förfogar över kan få fram tillräcklig kylvattenmängd för att hindra farlig upphettning av en intilliggande tank när en jetflamma riktas rakt mot den från nära håll.

Säkerhetsmyndigheterna bör därför också se över om den utrustning som finns ute hos räddningstjänsterna är tillfyllest för att man skall kunna klara kylbehovet.

#### 2.3.4 *Försök att styra gasolmoln med hjälp av vatten*

För att hindra gasolen från att strömma in mot bostadshuset använde sig räddningstjänsten av strålrör med spridd stråle. När en kraftig vattenstråle sprutas ut i luften med hög hastighet drar den med sig omgivande luft, dvs. utanför vattenstrålen rör sig en luftström i samma riktning som vattnet. Detta gäller även om strålen ges som spridd stråle. Den luftström som uppstod använde sig räddningstjänsten av för att styra gasen i önskvärd riktning, vilket lyckades.

Det är givetvis svårt att avgöra vad som skulle ha hänt om man inte använt sig av denna möjlighet. Om en antändbar gasluftblandning uppstått i de lägre delarna av ett bostadshus, hade dock med stor sannolikhet gasen antänts av en gnista från elektrisk utrustning eller den fasta elinstallationen. Eftersom gasen skulle ha saknat möjlighet att utbreda sig, skulle det ha skett en snabb tryckstegring i huset. Följden hade blivit en explosion inne i byggnaden. För att förhindra ett sådant scenario var det angeläget att hindra gasens utbredning i riktning mot bostäderna.

Metoden att spruta vatten med spridd stråle mot ett gasolmoln är emellertid inte helt invändningsfri, eftersom vattnet tillför värme till gasolmolnet och denna värme leder till att mer gasol kan förångas. Av utredningsmaterialet framgår att mängden gasol i luften ökar betydligt.

Bekämpningsmetoden innebär ökad risk i två avseenden. Dels ökar mängden brännbar blandning som lätt kan antändas. Dels skapar vattenstrålarna i sig även en antändningsrisk.

Risken för antändning genom statisk elektricitet har många gånger förbisetts, trots att de flesta människor ofta känner av de urladdningar som uppstår när man går över en heltäckningsmatta och sedan tar i ett dörrhandtag av metall. De som sysslar med bensin torde vara väl medvetna om risk för uppladdning, när man låter en bensinstråle falla fritt. Även strömmande vatten kan emellertid ge upphov till statisk uppladdning. Detta gäller särskilt om vattnet har hög hastighet.

SHK anser att antändning skulle ha kunnat ske om vattenbestrålningen medfört en urladdning där gasolkoncentrationen låg inom brännbarhetsområdet. Turbulens för förhindrande av spridning av ett gasolmoln i en viss riktning borde därför skapas på ett ofarligt sätt, dvs. ett sätt som inte ökar risken för antändning.

Ett förslag som kommit fram under undersökningen är att använda sig av kraftiga fläktar. Sådana fläktar har också diskuterats i andra sammanhang, bl.a. för att skapa övertryck i trapphus och korridorer för att hålla dessa rökfria under ett utrymningskedje vid brand. Om fläktarna skulle användas för att styra moln av brännbara gaser, måste givetvis motorerna vara kapslade med hänsyn till förekomsten av brännbara gaser. Det måste dock samtidigt beaktas att även damm kan ge elektrostatisk uppladdning och antändning.

SHK har inte försökt att utvärdera någon av dessa metoder. Det finns anledning att först undersöka i vilken utsträckning som vattnet från räddningstjänstens strålrör kan ge upphov till farliga uppladdningar. Om så visar sig vara fallet, bör man försöka finna säkrare bekämpningsalternativ.

## 2.4 **Räddningsinsatsen**

### 2.4.1 *Allmänt*

Vid denna olycka hade den kommunala räddningstjänsten tre uppgifter. Man skulle ingripa på olycksplatsen, se till att människor som var direkt utsatta för fara kom i säkerhet samt informera om att en fara förelåg och om att det rådde förbud mot vissa åtgärder. De två första uppgifterna ålåg räddningsledaren ute på plats. Den tredje uppgiften omhändertogs av ledningscentralen och jourhavande brandchefen.

Vid samtal med brandchefen i Stockholm har denne för SHK påpekat att risken för katastrof var störst under de första tio minuterna efter det att olyckan inträffat. Efter denna tidrymd var nämligen räddningspersonalen på plats och insatsen hade påbörjats. Det fanns därmed möjlighet till ett omedelbart ingripande om en antändning av gasolen hade skett. SHK delar uppfattningen att det hade varit betydligt svårare att få kontroll över situationen om en antändning inträffat dessförinnan. Men även senare kunde situationen ha blivit mycket svårbemästrad och omfattande personskador ha uppstått.

#### 2.4.2 *Ingripanden på olycksplatsen*

Räddningsledarens bedömning att utflödet inte kunde hejdas stöds av undersökningsresultatet. Brottet på ledningen skedde så nära tankväggen att den innanför liggande rörbrottsventilen hindrade en effektiv tätning genom insättning av träpropp eller liknande. Dessutom hade brottet en mycket oregelbunden form. SHK anser därför att räddningsledaren gjorde en riktig bedömning när han - främst med tanke på räddningspersonalens säkerhet - avstod från att söka hejda utflödet. Beslutet att låta gasolen fritt avgå är mot bakgrund härav helt försvarbart. Försök att tillvarata eller genom tätning stoppa flödet skulle ha inneburit ökad risk för personskador vid en antändning.

Såsom framgått av avsnitt 2.3 är det i dag svårt att ta ställning till om den använda metoden att begränsa spridningen av gasolen med hjälp av vattenbegjutning med strålrör kan anses lämplig. Som framhållits där anser SHK att det finns starka skäl att närmare studera denna bekämpningsmetod. Det kan dock konstateras att i detta fall har metoden fungerat på avsett sätt och medverkat till att förhindra att gasolen spred sig till bostadshusen.

På platsen fanns det inte någon ytterligare räddningsstyrka i beredskap i skydd för omedelbar insats om en antändning hade skett. Enligt SHK:s mening kunde detta ha medfört en väsentlig försening av en effektiv insats.

Den avslutande räddningsinsatsen att låta täta gasoltanken var en förutsättning för att arbetet skulle kunna anses som avslutat. Det var först efter att fordonet på ett säkert sätt förts bort som risken väsentligt minskade. Därutöver återstod att försäkra sig om att inte brännbar gasolluftblandning samlats i lågt liggande utrymmen inne i husen eller i dagvattenbrunnar eller andra brunnar i gatumiljön. Först därefter var räddningsinsatsen avslutad.

#### 2.4.3 *Säkerheten för människorna*

Beslutet att inte utrymma bostadshusen var från säkerhetssynpunkt det lämpligaste. Erfarenheterna från gasololyckor i andra länder visar att människor som vistas ute i det fria i samband med en BLEVE oftast får svåra brännskador, och att många avlider av skadorna. Risken för antändning ökar också i och med att flera personer uppehåller sig i närheten av en brännbar blandning.

Räddningsledaren valde däremot att utrymma de arbetslokaler som låg i omedelbar anslutning till olycksplatsen, eftersom han fått reda på att det luktade

gasol ifrån källaren. Utrymningen skedde först när lukten konstaterats, vilket inträffade i ett relativt sent skede. SHK finner att denna utrymning får anses ha varit nödvändig med tanke på personsäkerheten. Gasollukt kan innebära att det föreligger omedelbar risk för antändning.

I detta fall var risken för omfattande skador inte bara beroende av mängden gasol som läckte ut utan hänsyn måste också tas till att man i värsta fall kunde ha fått två BLEVE med bara några minuters mellanrum. En sådan olycka skulle förmodligen ha drabbat räddningstjänsten särskilt svårt. Beredskapen mot en första antändning kan anses ha varit tämligen god, eftersom rökdykarledaren med vatten från sitt strålrör kunde skydda den brandman som stod framme vid fordonet. Vid en BLEVE hade däremot förmodligen också rökdykarledaren drabbats.

I värsta fall kunde tiden mellan antändningarna ha varit precis så lång att de som flydde från sina hem och kanske också från arbetsplatserna i närheten skulle ha drabbats av en ytterligare antändning just när de kommit ut i det fria.

SHK anser att man – för att minska riskerna för BLEVE - bör pröva om transporter av gasol skall ske med ekipage där såväl dragbilen som släpfordonet innehåller sådan last. På samma sätt borde ifrågasättas om bensinlastade tankekipage bestående av dragbil och släpfordon är godtagbara.

Om olyckan inträffat på t.ex. Valhallavägen där bostadshusen ligger i omedelbar anslutning till gatan skulle självfallet effekterna av en antändning ha blivit ännu svårare. Här ökar också riskerna mot bakgrund av att det finns tunnelbanenedgångar, järnvägsstation och bussterminal i omedelbar anslutning till gatan. Allt platser där många människor rör sig ute i det fria och saknar tillgång till lämpliga skydd.

Enligt SHK:s uppfattning borde tunnelbane- och järnvägstrafiken ha stoppats tidigare än vad som skedde. Det dröjde nu ungefär en timme innan dessa stopp var genomförda.

#### 2.4.4 *Information till allmänheten*

Genom meddelanden i radio och TV varnades såväl de som bodde i området som allmänheten i övrigt, men eftersom någon utomhusvarning inte gavs nåddes endast de som råkade höra eller se utsändningarna. Enligt den intervjuundersökning som genomfördes strax efter olyckan var det endast ungefär hälften av befolkningen i Stockholms län som hörde eller såg utsändningarna. Det finns inte skäl att tro att procentsatsen skulle varit högre bland dem som bodde i närheten av olyckan. Det kan inte anses tillfredsställande att så många av dem som bodde i närheten av olycksplatsen inte var medvetna om den stora fara som fanns för handen.

Eftersom det för närvarande är omöjligt att selektera utomhusvarningen i Stockholms län så att endast ett visst område nås av varningen, har sådan varning inte givits i fredstid. I en nära framtid skall dock enligt uppgift utomhusvarningssystemet få en betydligt bättre selektering, så att exempelvis en enskild ljudsändare kan aktiveras för att ge ett lokal varning.

Vid denna typ av olyckor med utströmning av farliga ämnen är det av stor vikt att myndigheterna lämnar råd och anvisningar till allmänheten. För att detta skall fungera måste det finnas en signal som uppmärksammar dem som är mest berörda av olyckan på att ett viktigt meddelande kommer att lämnas. SHK anser det därför angeläget att man inför ett system med selekterad varning som verkligen används i kritiska situationer.

Enligt SHK:s uppfattning kom varningarna i media dessutom alltför sent. Först kl. 07.25 skickade räddningstjänsten det första meddelandet om olyckan till massmedia. Det hade då gått nästan en timme sedan olyckan inträffade. Att varningarna kom sent var särskilt allvarligt med hänsyn till att olyckan inträffade vid en tidpunkt på dygnet då människor lämnar sina hem för att bege sig till arbetet. Genom kontakt med SOS-centralen hade massmedia kännedom om olyckan. För att säkerställa att informationen till allmänheten får en lämplig omfattning och utformning krävs dock att räddningstjänsten förser media med korrekt information.

## **2.5 Företagets ledning**

Åkeriföretaget har haft en organisation och ledning som får anses tillfredsställande med avseende på säkerhetsfrågor. Man har även i samarbete med sina kunder bedrivit utbildning av förarna. Kommissionen finner inte att olyckan kan hänföras till några generella säkerhetsbrister hos företaget.

## **2.6 Gasoltransporter i Stockholmsområdet**

Den gasol som läktrades i Hjorthagen kom med järnväg från Göteborg och transporterades på det sättet rakt igenom Stockholm och via Norra station till Hjorthagen. Gasolen skulle sedan antingen användas för SE Gas AB:s egen verksamhet i Hjorthagen eller transporteras till olika användare i Mellansverige. En stor andel skulle ut till Gustavsberg öster om Stockholm. Detta innebär att gasolen i tankbil färdades tillbaka genom Stockholm i stort sett parallellt med den väg som den kommit med järnväg. Enligt SHK:s mening har detta system inneburit onödiga risker. Självfallet bör man inte i onödan ta in gasoltransporter i en tätort.

Numera har man slutat att transportera gasol med tankbil från anläggningen i Hjorthagen. I stället lastas gasolen om från järnväg till tankbil i Västerås för vidare distribution i Mellansverige eller i Älvsjö för leverans till t.ex. Gustavsberg. Till Hjorthagen tas numera med järnväg endast den gasol som behövs för SE Gas AB:s anläggning där. Detta innebär en väsentlig förbättring från säkerhetsynpunkt, eftersom man inte längre kör tankbilar med gasol genom norra delarna av Stockholms innerstad och dessutom har minskat mängden gasol som med järnväg körs rakt igenom Stockholm.

Järnvägstransporterna av gasol genom Stockholms innerstad skulle kunna försvinna helt om man i stället valde att köra transporterna norr respektive söder om Mälaren beroende på vart sluttransporten skulle gå. SHK anser att man bör överväga vilken järnvägstransportväg som är den säkraste för de framtida transporterna av gasol i Stockholm.

# **3 UTLÅTANDE**

## **3.1 Undersökningsresultat**



- a) Föraren hade behörighet att utföra transport av gasol.
  - b) Fordonet var inte belagt med körförbud.
  - c) Fordonet framfördes på trafikled där gasoltransporter var tillåtna.
  - d) Föraren iakttog gällande hastighetsbegränsning.
  - e) Den längs med släpfordonet upplagda slangen hoppade av och fastnade mellan dubbeldäcken på ett av fordonets hjulpar, varvid gasolledningen drogs sönder innanför avstängningsventilen.
  - f) En krok saknades på slanguppläggningsanordningens främre bärjärn.
  - g) Avstängningsventilen var monterad för långt från tankväggen på en undermålig ledning.
  - h) De mekaniska bristerna på ledningen kunde inte upptäckas vid besiktningen.
  - i) Rörbrottsventilen fyllde inte sin funktion.
  - j) Efter olyckan var rörbrottsventilen skadad.
  - k) Räddningstjänsten begöt gasolmolnet med vatten för att hindra det från att nå bostadshuset.
  - l) Tunnelbanetrafiken och järnvägstrafiken stoppades ca en timme efter det att olyckan inträffat.
- m) Radio och TV informerades om olyckan ca en timme efter det att olyckan inträffat.
- n) Signalen "Viktigt meddelande" via utomhusvarning användes inte.

### 3.2 Orsaker till olyckan

Olyckan orsakades av att den fria änden på gasolslangen på släpfordonet hamnade mellan dubbeldäcken på ett av släpfordonets hjulpar, varvid röret som slangen var kopplad till slets av mellan tanken och avstängningsventilen. Bidragande till att gasolen läckte ut var att rörbrottsventilen inte fungerade på avsett sätt.

## 4 REKOMMENDATIONER

SHK rekommenderar

1. Statens räddningsverk att verka för att rörbrottsventilerna ersätts med invändiga avstängningsventiler på fordon med tankar för transport av gasol och liknande gaser (*O 1999:01 R1*).
2. Statens räddningsverk att undersöka vilka metoder och vilka släckmedel som erfordras för släckning av olika typer av gasollågor samt i vilken utsträckning kraftiga gasollågor kan släckas med de metoder och släckmedel som i dag står till räddningstjänstens förfogande (*O 1999:01 R2*).
3. Statens räddningsverk att undersöka vilka kylbehov som föreligger för att effektivt skydda en tank mot farlig upphettning och om den utrustning som finns ute hos räddningstjänsterna är tillfyllest för att man skall kunna klara kylbehovet vid en kraftig jetflamma (*O 1999:01 R3*).

4. Statens räddningsverk att undersöka i vad mån vatten från räddningstjänstens strålrör kan ge upphov till farliga uppladdningar och – om så skulle visa sig vara fallet – försöka finna säkrare bekämpningsalternativ (*O 1999:01 R4*).
5. Statens räddningsverk att pröva lämpligheten av att transporter av gasol och bensin sker med ekipage där såväl dragbilen som släpfordonet innehåller sådan last (*O 1999:01 R 5*).
6. Statens räddningsverk att undersöka metoder att skydda gasoltankar mot stark upphettning (*O 1999:01 R 6*).
7. Statens räddningsverk att verka för införandet av en möjlighet att ge selekterade utomhusvarningar (*O 1999:01 R7*).
8. Länsstyrelsen i Stockholms län att undersöka vilken transportväg som för framtiden är den säkraste när det gäller järnvägstransporter av gasol i Stockholm (*O 1999:01 R 8*).