

Insatsutredning

(olycksutredning)

Utredare: Brandmästare Mattias Sjöström
Brandingenjör Anders Persson

Räddningstjänsten Halmstad
Räddningstjänsten Halmstad

Explosion av ammoniakgasflaska på AGA Gas i Växjö



Uppdragsgivare: Räddningschef Jörgen Waldén vid Värends räddningstjänstförbund,
Uppdrag: Insatsutredning med inriktning på risk, kem och ledningsperspektiv.
Undersökningen utförd: 2009-06-12 tom 2010-03-08
Bilagor: 6 st

Upplysningar om branden

Larmtid: 2009-04-16 kl 17.51.44
Adress: Arabygatan 35, Växjö
Olyckstyp: Explosion och utsläpp av farligt ämne
Objektstyp: Industri (fyllning och distribution av gas)
Startutrymme: Gallerförsatt skjul utomhus
Startföremål: Gasflaska (ammoniak)
Orsak Troligen stumfylld flaska i kombination med starkt solsken.
Insatsrapport nr: 2009/00262
SOS nr: 090416-1527038

Innehållsförteckning

• <u>Uppdrag och upplysningar om olyckan</u>	Sid 1
• <u>Innehållsförteckning</u>	Sid 2
• <u>Sammanfattning och erfarenhet</u>	Sid 3
• <u>Goda exempel</u>	Sid 4
• <u>Förbättringsförslag</u>	Sid 5
○ <u>Prioriterade förbättringsförslag</u>	Sid 5
○ <u>Önskvärda förbättringsförslag</u>	Sid 6
• <u>Uppdrag, bakgrund, syfte och metod</u>	Sid 7
• <u>Platsbeskrivning AGA Gas i Växjö</u>	Sid 8
• <u>Vattenfri ammoniak (fakta)</u>	Sid 10
• <u>Beslutsstöd farliga ämnen</u>	Sid 11
• <u>Händelse- olycksförlopp</u>	Sid 12
• <u>Genomförande av insats</u>	Sid 13
• <u>Intervjuer</u>	Sid 19
• <u>STEP-matris</u>	Sid 19
• <u>Avvikelseutredning</u>	Sid 20
• <u>Kommentarer rörande ledning, beslut och samverkan</u>	Sid 21
○ <u>Ledning på station</u>	Sid 21
○ <u>Ledning under framkörning</u>	Sid 21
○ <u>Ledning vid framkomst</u>	Sid 21
○ <u>Ledning på skadeplats</u>	Sid 22
○ <u>Öppning av gallerbur</u>	Sid 22
○ <u>Bombrobot</u>	Sid 22
○ <u>Riskbedömningar allmänt</u>	Sid 23
○ <u>Skadeplatsorganisation</u>	Sid 23
○ <u>Ledningsstöd till räddningsledaren</u>	Sid 24
• <u>Kommentarer rörande risker ammoniak, bedömning och beslut</u>	Sid 24
○ <u>Riskbedömning ammoniak</u>	Sid 24
○ <u>Enkel fältmodell</u>	Sid 25
○ <u>Gasspridning enligt modell från FOA:s handbok</u>	Sid 27
• <u>Kommentarer i allmänhet</u>	Sid 28
• <u>Undersökning, underlag och förutsättningar för utlåtande</u>	Sid 31
• <u>Bild- tabell- och diagramförteckning</u>	Sid 32
• <u>Bilagor</u>	Sid 32

Sammanfattning och erfarenhet.

En explosion av en ammoniakgasflaska äger rum på AGA Gas anläggning i Växjö. Anläggningen utryms och räddningstjänst, polis och ambulans kallas till platsen via 112.

En lång och förhållandevis statisk insats påbörjas strax innan 18-tiden på kvällen och avslutades inte förrän framåt tidig morgon dagen efter.

Räddningstjänst och polis genomför avspärning av området och genomför också kontroll i intilliggande verksamheter samtidigt som kylning och temperaturmätning genomförs på ytterligare två flaskor vilka bedöms som osäkra.

Polisens gasflaskskytt samt polisens bombgrupp från Malmö kallas till platsen och genomför tillsammans med räddningstjänsten utplockning av osäkra flaskor för beskjutning (punktering) av desamma på skyddad plats inom anläggningen.

Man använder sig bland annat av polisens bombrobot för sortering och upphållning av gasflaskor för beskjutning av polisens skytt medan räddningstjänstpersonal stod för beredskap och nedtvättning av de ammoniakmoln som bildades efter beskjutning.

Orsak till olyckan är inte utredd i denna utredning men tar sin grund i den bedömning som AGA:s platschef och räddningsledaren gjorde, vilket var 3 st stumfyllda ammoniakgasflaskor som utsattes för solsken med hydraulisk sprängning som följd i en av flaskorna.

Resultatmässigt genomförs insatsen på ett bra sätt. Genom utredning av insatsens genomförande konstateras att det finns förbättringspotential inom ett antal områden. Främst rör det ledningsorganisation och ledningsstöd till räddningsledaren samt bedömning av risker kopplat till ammoniak.



Goda exempel

Under utredningens gång har ett antal riktigt bra saker noterats. Av skäl såsom uppdragsbeskrivning och utredningsinriktning kan ytterligare bra saker skett som utredarna inte noterat eller berört då det legat utanför själva grundinriktningen.

1. AGA Gas i Växjö:s märkning vid viktkontroll

Den viktkontroll som gjordes av AGA och som platschef skrev med kulspetspenna direkt på gasflaskorna fick ett stort värde senare under själva insatsen. Vetskap om vilken av dem som exploderade.

2. AGA Gas i Växjö:s egen evakuering

Platschef och skiftledare agerade förtjänstfullt bra efter explosion. Snabbt intryckt larmknapp för utrymningslarm och snabb evakuering/utrymning av anläggningen.

3. AGA Gas i Växjö:s larm till SOS

Platschef larmade SOS via 112 snabbt. Gav bra uppgifter för utlarmning av räddningstjänsten.

4. AGA Gas i Växjö:s information till räddningstjänsten

Platschef mötte tydligt upp räddningstjänsten och gav bra uppgifter för vidare bedömning av räddningsledaren. Ett bra stöd till räddningsledaren under hela insatsens genomförande.

5. Polis och ambulans tidigt på brytpunkt

Att polis och ambulans tidigt fått vetskap om var brytpunkten var och att det också tidigt var på plats är intressant och roligt att notera.

6. Starkt beslut av IL/RL

Starkt beslutat av IL/RL att inte tillmötesgå AGA Gas centrala organisations uppfattning om åtgärder inledningsvis med rejält ökad risk som följd.

7. Bra möjliga polisiära resurser

Att polis kunde ställa upp med så pass omfattande personalresurser. Såväl för bevakade avspärningar som gasflaskskytt och bomgrupp är både intressant och roligt att notera.

8. Bra samverkansklimat

Räddningstjänst, ambulanssjukvård, polis, gasflaskskytt, bombgrupp och AGA gas lokalt har samverkansmässigt fungerat riktigt bra.

9. Stort engagemang och mycket olika förslag till lösningar

Det fanns ett stort utbud av idéer och förslag om lösningar under insatsens gång. Det inkom från många olika håll och organisationer. Det stora antalet är i grund och botten riktigt bra. Det gäller bara att räddningsledaren kan hantera mängden. Vikten av att ha en organisation som kan hantera, sortera och prioritera mellan alla förslag så att en bra åtgärd blir resultatet blir extra viktigt med många olika förslag på åtgärder.

10. En i stort fungerande och i resultat väl genomförd insats

Som alltid är det lättare i efterhand att se alternativ, hitta möjliga förbättringar etc. Med insikten om den information som fanns inledningsvis och som också inkom under insatsens gång har insatsen genomförts med ett lyckat resultat.

Prioriterade förbättringsförslag

Det är alltid lättare att i efterhand med all fakta på bordet och under lugna former finna alternativ och förbättringsåtgärder. Det är viktigt att inte glömma att insatser ofta sker helt utan förberedelser, med till en början liten eller begränsad information under ofta stressade och pressade former. Att de bedömningar och beslut som sker på en olycksplats tar sin grund i den information som fanns tillgänglig just då, när beslutet fattades. Sedan är det givetvis viktigt att notera vad som kan förbättras i syfte att träna, öva och utrusta samt förbereda organisationen och dess personal inför nästkommande liknande olycka.

Utförligare kommentarer finns längre fram i rapporten under delarna ”kommentarer”

1. Rutiner vid skiftbyten

Skapa rutiner för kvalitativt bra skiftbyten främst befäl emellan. Kopplingen till systemledande funktion och de begränsningar som finns operativt måste beaktas vid skiftbyten.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

2. Framkomst- och lägesrapportering

Framkomst- och lägesrapportering bör ges större vikt framöver, genom att ni inom er organisation klargör när, hur, varför och till vem ni skall genomföra lägesrapportering. OSHBIP är en bra metod för tydliga lägesrapporter.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

3. Vid speciella beslut som öppning av gallerbur (giftgasbur)

Räddningsledaren måste göra en tydlig riskbedömning och därefter besluta sig för hur problemet skall lösas. Därefter informera om riskbedömningen och tilldela uppgiften till den personal eller enhet som bäst löser den.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

AGA måste se över placeringen av denna typ av gallerbur (giftgasbur) och placera den på bäst tänkbara plats inom anläggningen ur riskhänseende. Möjlighet till säker öppning av gallergrind likväl som övervakning på distans är en klar fördel.

Förslagsmottagare är AGA Gas i Växjö

4. Dokumentation av riskbedömningar

Grundfakta, spridningsmodell och riskbedömning bör dokumenteras och kopplas till insatsrapport. AFS 2007:7 och allmänt råd om tillämpning av föreskrift.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

5. Riskbedömning- riskområde- och skyddsnivåer

Räddningsledaren måste tydligt ange vilket riskområde som gäller och därtill koppla korrekt skyddsnivå. Zonindelning (het- varm- och kall) kan med fördel användas. Information till all personal på skadeplats är viktig.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

6. Ledningsstöd till räddningsledaren

Räddningsledaren måste avgöra och tydligt skapa den organisation som krävs för insatsen. Ledningsstödet bör organiseras och få en tydlig uppgift som stöd till chefen som i detta fall är räddningsledaren.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

7. Riskbedömning ammoniak

Att efter en första initial avspärrning tillsätta en funktion (ledningsstöd) som får till uppgift att verifiera att satt riskområde är det som även bör gälla längre in i insatsen. Denna funktion kan initialt använda enkla fältmodeller eller, om tid och utrustning finns tillgänglig, mera precisa modeller.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

8. Faktiska risker (fältmodell)

Att använda sig av en fältmodell vilken går ut på att i förväg anta ett gasmolns geometriska utbredning i såväl form som i längd- och höjdled ger ett grovaxat resultat. Tillsammans med kompletterande vittnesuppgifter kan den dock användas för att bedöma risken för kringliggande verksamheter.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

Önskvärda förbättringsförslag

Utförligare kommentarer finns längre fram i rapporten under delarna ”kommentarer”

1. Fasta brytpunkter

Gå igenom kommunen och utse ett antal lämpliga fasta brytpunkter. Se till att brytpunkterna är väl dokumenterade och väl kända av personalen och då främst befälen.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

2. Att hantera ett stort antal olika förslag

Öva och utbilda förbundets befäl i hur ni bygger er skadeplatsorganisation och hur ni gör detta på ett tydligt sätt. Använd er av tydligt utsedda ledningsstöd med tydliga uppgifter att stödja räddningsledaren genom bra förslag till åtgärder att ta ställning och besluta sig för. Ledningsstöd skall vara just ett stöd och inte en belastning.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

3. Polisens bombrobot

Räddningstjänsten måste vara tydlig med vad som förväntas av utrustning som tas i anspråk och också informera sig om denna utrustnings kapacitet redan vid förfrågan.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

Polisen bör utveckla bombroboten för fler sysslor inom olika områden om man skall kunna vara en bra hjälp till tex räddningstjänsten. Tex att både kunna hålla en gasflaska och aptera en laddning samtidigt. Att kunna ta och sätta ner material i rätt vinkel mot underlaget.

Förslagsmottagare är polisens bombgrupp i Malmö

4. Skadeplatsorganisation

Öva och utbildar era operativa befäl i vikten av en god skadeplatsorganisation. Underlättar såväl ledning som bedömning av risker, val av åtgärder samt information såväl internt som externt i samband med insats.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

5. Faktiska risker (djupgående modell)

Att använda sig av en mer djupgående modell tex FOA:s handbok. Bör endast användas då olyckan blivit statisk och då vikten av att kunna förutsäga händelseförloppet överstiger behovet av skadeavhjälpande åtgärder.

Förslagsmottagare är räddningschefen Värends räddningstjänstförbund

Uppdragsgivarens uppdrag och begränsningar

Uppdrag (mål)

Genomföra fördjupad insatsutvärdering av räddningstjänstens insats vid AGA Gas i Växjö 2009-04-16 till 17. Värends räddningstjänst vill nu göra en utvärdering av sin insats utifrån risk, kem och ledningsperspektiv, särskild vikt bör läggas på ledningsförhållanden, beslutsfattande och samverkansfrågor.



Syfte

Syftet med utredningen är att lära och återföra positiva och negativa erfarenheter för att förbättra sin verksamhet. Utvärderingen skall utföras i enlighet med kraven om undersökning i lagen om skydd mot olyckor, 3 kap, 10§ avseende insatsens genomförande. Undersökningen avser inte orsakerna till olyckan och olycksförloppet, dess faktorer bör endast belysas översiktligt som bakgrund.

Bakgrund

Samarbete mellan räddningstjänster

Räddningstjänsten i Halmstad och Värends räddningstjänstförbund har i utbyte med varandra avtalat att genomföra för varandra varsin insatsutredning. Räddningstjänsten i Halmstad har fått i uppdrag att genomföra en insatsutredning rörande en olycka vid AGA Gas anläggning i Växjö 2009-04-16.



Lagstiftning

Lag om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) LSO, Efterföljande åtgärder 3 kap, 10§ anger att när en räddningsinsats är avslutad skall kommunen se till att olyckan undersöks för att i skälig omfattning klarlägga orsakerna till olyckan, olycksförloppet och hur insatsen genomförts.



Utredningsgruppens syfte:

Denna utredning syftar endast till att utreda räddningstjänstens genomförande av insats och berör bara kort orsak och förlopp utifrån hur de bedömts av insatspersonalen och AGA Gas personal själva.

Räddningstjänst, polis, försäkringsbolag, arbetsmiljöverk, haverikommission m.fl. har alla sina olika utgångslägen och syften för sina utredningar och arbetet på och efter en brand eller olycka. Beviskraven för räddningstjänsten i detta sammanhang är inte att jämställa med en utredning som ligger till grund för en rättsprövning i t.ex. brottsmål eller liknande. Det är därför viktigt för de instanser som sedan tar del av en av räddningstjänsten genomförda utredningar i annat syfte än att just lära av olyckan. Att vara medveten om vad grundsytet för utredningen är.

Räddningstjänsten i Halmstad vill här påpeka att en straffande kultur mycket sällan leder till bra lärande. Det är därför viktigt att ta del av räddningstjänstens utredningar med fokus på lärande och inte i straffande syfte.

Utredningsmetod

Utredningen var inledningsvis planerad till att genomföras innan sommaren 2009. Då uppdraget rent formellt kom till skott så pass sent att det i praktiken blev omöjligt att genomföra intervjuer innan sommarsemestrarna har hela utredningen flyttats framåt i tiden. Därmed försvann också undertecknades möjlighet att nyttja den tid som var planerad under sommarmånaderna. Hela projektet har därför såväl dröjts av sen uppstart som av ren tidsbrist och möjlighet för utredarna att träffas och arbeta tillsammans senare under hösten 2009.

Dock har den grovplanering rent kronologiskt som sattes i början av utredningen följts (2009-06-12)

—————> Faktainsamling —————> STEP —————> Avvikelseutredning —————> Rapport

Se mer detaljerad information under rubriken "undersökning" sidan 31

Platsbeskrivning AGA Gas i Växjö

AGA Gas i Växjö ligger i ett industriområde relativt centralt i Växjö. Västra industriområdet som det heter ligger knappt 3 km körväg från brandstationen i centrala Växjö. AGA Gas ligger placerat i den östra kanten av industriområdet. Direkt öster om AGA-gas finns ett villaområde. Avstånd till närmaste villa är drygt 160 m fågelvägen. Röd pil anger AGA Gas, grön pil visar intilliggande villaområde och blå pil anger brandstation.

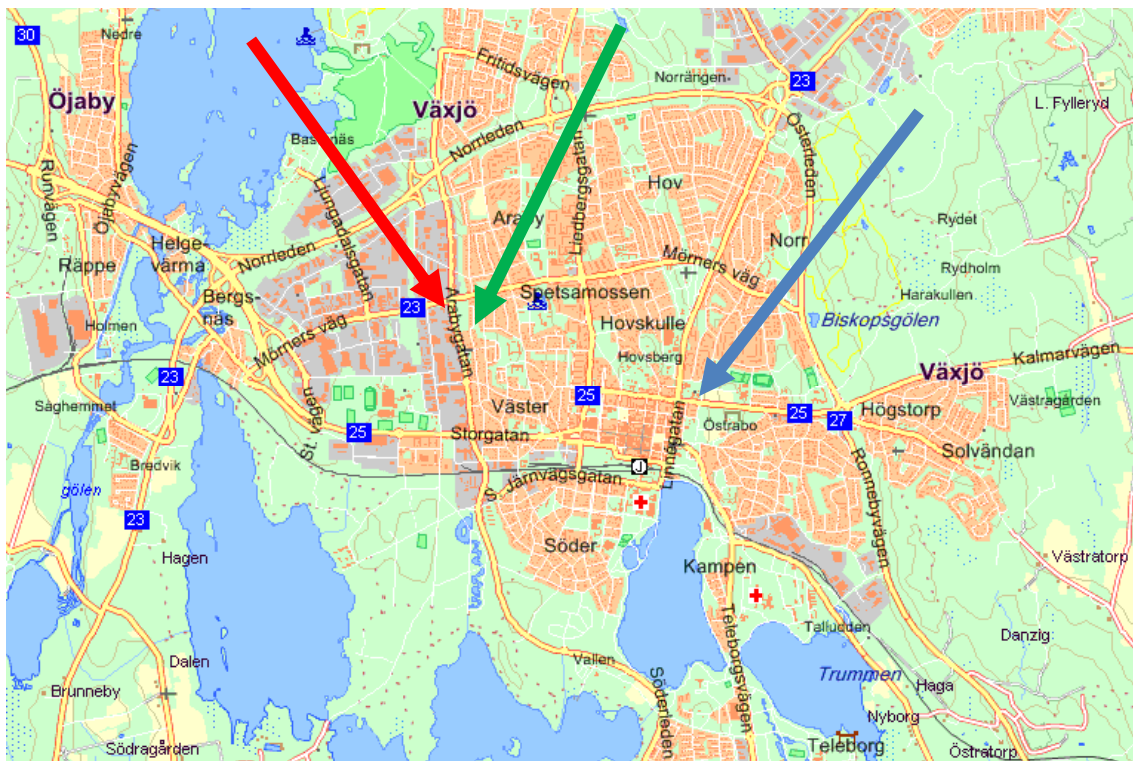


Bild 1. Kartbild över centrala Växjö.

AGA Gas område nedan markerat med rött. Blå pil nedan anger kontor och administration, gul pil visar byggnad för fyllning och hantering av gasflaskor och grön pil visar byggnad och skärmtak för lagerhållning av gasflaskor. Röd pil visar platsen där giftgasflaskorna förvarades (explosionsplats).

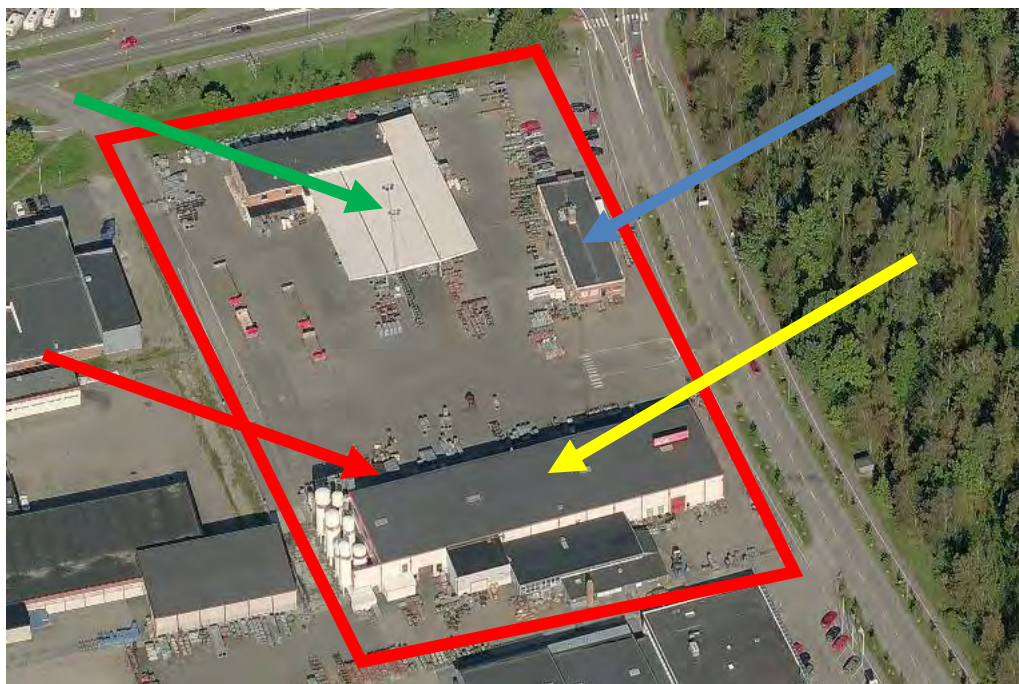


Bild 2. Översiktsfoto över AGA Gas i Växjö.

Fyllning av gas:

Vid anläggningen i Växjö hanteras i huvudsak industrigas men även lite livsmedelsgas i form av CO₂.

- | | Användningsområden allmänt för aktuell gas: |
|--|--|
| ➤ Oxygen (syre, O₂) | Används bl.a. vid gassvetsning, tillverkning av stål samt som syrgas inom medicin. |
| ➤ Nitrogen (kväve, N₂) | Används bl.a. som skyddsgas vid metallurgiska processer (tillverkning av legeringar och halvmetaller), och vid t.ex. tillverkning av vissa glödlampor. |
| ➤ Hydrogen (väte, H₂) | Används bl.a. i petroleumindustrin, vid produktion av ammoniak eller gödsel. |
| ➤ Koldioxid (CO₂) | Används bl.a. i livsmedelsindustrin, oljeindustrin och i den kemiska industrin. |
| ➤ Mison (blandgas) | En serie av skyddsgaser för gassvetsning och i svetsindustrin, (skyddar utrustning) |

Annan hantering av gas:

- | | |
|-----------------------|---|
| ➤ Gasol | Importerar från Arendal i Göteborg för vidare distribution. |
| ➤ Ammoniak | Importerar från Arendal i Göteborg för vidare distribution. |
| ➤ Specialgaser | Importerar för vidare distribution. |
| ➤ Acetylen | Importerar för vidare distribution. |

Personal

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| ➤ Produktion | 16 anställda samt ledning |
| ➤ Distribution | 4 anställda samt ledning |

AGA-gas farlig verksamhet :

Enligt länsstyrelsen i Kronoberg är AGA Gas anläggning i Växjö en så kallad farlig verksamhet enligt 2 kap 4§ i LSO. Nedan följer ett utdrag från *Risicanalys och statistik Värends räddningstjänstförbund 2008* om risk respektive skyddsobjekt i centrala Växjö. Området där AGA Gas finns är märkt med svart triangel och också med svart pil. Gröna cirklar är skyddsobjekt och röda cirklar är riskobjekt. Blå cirklar är risk och skyddsobjekt.

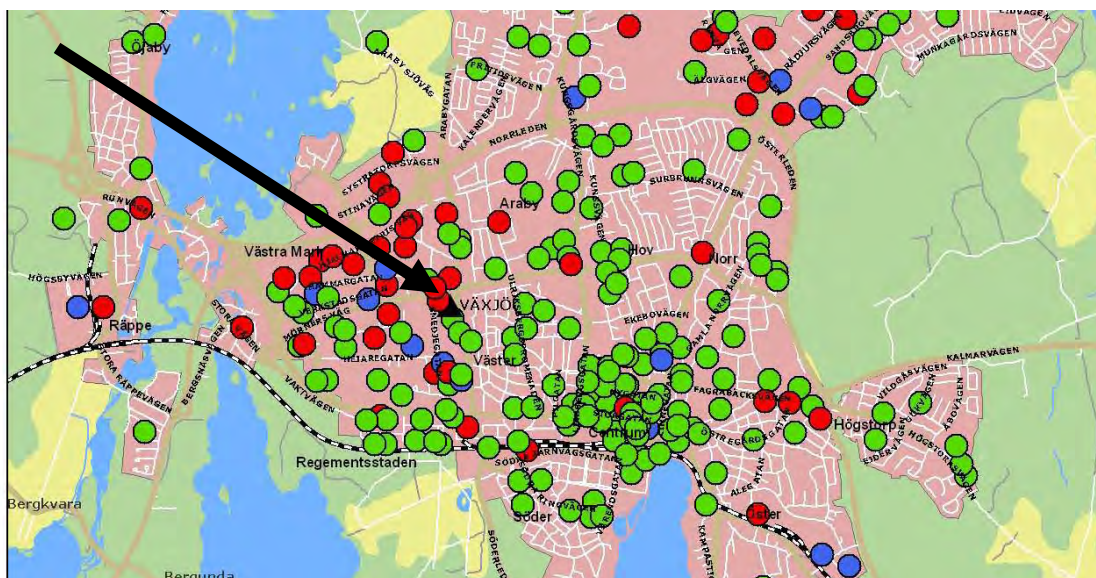


Bild 3. Bild över risk och skyddsobjekt samt farlig verksamhet i Växjö.

Vattenfri ammoniak

Allmänt:

Ammoniak, med kemisk formel NH_3 är en färglös gas med en mycket skarp karakteristisk lukt. Gasen som har en kokpunkt på $-33,4\text{ }^\circ\text{C}$ förvaras vanligen tryckkondenserad vid ett tryck på ca. 8,6 bar vid $20\text{ }^\circ\text{C}$. Trycket i gasflaskor varierar med ämnets ångtryck varpå trycket borde vara knappt 7 bar i en icke stumfylld flaska vid olyckstillfället. I en stumfylld flaska uppstår ett tryck orsakat av vätskans expansion som vida kan överskrida det tryck som uppstår till följd av ångtrycket. Ammoniak har en molekylvikt på 17 g/mol vilket är att jämföra med luft som väger 29 g/mol. Detta ger ett densitetstal på 0,6 vilket betyder att ammoniak är lättare än luft och ett ammoniakmoln vill således stiga om temperaturen på ammoniaken är densamma som för luften.

Gasspridning

Ett utsläpp av ammoniak i vätskefas kommer snabbt att förångas till följd att omgivningen och utsläppt gas kyls ner. Nedkylningen gör att ammoniaken initialt kommer att spridas som om det vore en tung gas, trots att den har en molekylvikt som understiger den för luft. Efterhand som gasen värms upp av den energi som tillförs från den varmare omgivningen (t.ex. genom vind) så kommer gasen mer och mer uppträda som en lätt gas och får motsvarande stigkraft. I samband med ett utsläpp uppträder ofta ett vitt moln av vattenånga. Detta uppstår pga. att ammoniaken kyler ner omgivningen så att luftfuktighet fälls ut och dessutom löser sig ammoniakgasen i vattnet.

Om ett utsläpp sker i vätskefasen eller i närheten av denna, så att ammoniaken flashar, och träffar ett hinder på vägen så kommer aerosoldropparna slås samman till större droppar med följd att ammoniakens yta till omgivningen minskar och därmed även möjligheterna att överföra energi som gör att ammoniaken kan byta aggregationstillstånd till gas istället för vätska. Denna metod är välbekant inom räddningstjänsten där man använder en så kallad impakteringsstrut för att impaktera de små vätskedropparna, eller som räddningstjänsten ofta benämnde det tidigare, att återkondensera ammoniaken. Ammoniak som har bildat en vätskepöl kommer att ånga av efterhand som ny energi tillkommer från omgivningen.

Risker

De största riskerna för människan med vattenfri ammoniak är att det är giftigt och frätande. Ammoniak är även brännbart, men vid de koncentrationer som ammoniaken uppnår undre brännbarhetsområdet ($15\text{ vol}\% = 150\ 000\text{ ppm}$) så har exponerade personer troligtvis redan omkommit om de inandats gasen. Utomhus kan ammoniak inte brinna utan stöd från annan låga. Slocknar denna stödlåga slocknar även ammoniakbranden.

Koncentration (ppm)	Effekter	Varaktighet av exponering
25	Inga skadliga effekter för genomsnittliga arbetare	Maximal tillåten koncentration för 8 timmars arbetsdag (Nivågränsvärde)
50	Inga skadliga effekter för genomsnittliga arbetare	Maximal tillåten koncentration för 5 minuters exponering (Takgränsvärde)
100	Besvärande att vistas i utan andningsskydd, lindriga ögonirritationer uppträder	
300	Maximalt tolerabel utan allvarliga störningar	1 timme
400-700 (500 = IDLH)	Irritation av näsa och hals. Ögonirritation med tårar.	Sällsynt, kort exponering (1 timme) orsakar vanligen ingen allvarlig påverkan
2000-3000	Krampaktig hostning, svåra ögonirritationer.	Ej tillåten koncentration
5000-10000	Krampaktig andning, snabb kvävning	Ej tillåten koncentration. Snabb dödande.

Tabel 1. Riktlinjer för sannolika effekter av olika ammoniakkoncentrationers påverkan på exponerade människor

Riskfraser

R 10	Brandfarligt
R 23	Giftigt vid inandning
R 34	Frätande
R 50	Mycket giftigt för levande vattenorganismer

Tänkvärt:

Vad är inte ett gift? Allt är gift och ingenting är utan giftighet. Enbart dosen avgör om något inte är ett gift. (Paracelsus, läkare 1493-1541)

Beslutsstöd farliga ämnen

Tillgängligt beslutsunderlag

Inom räddningstjänstverige finns det anpassat beslutsunderlag för kemolyckor med ammoniak tillgängligt och de mest använda torde vara farligt godspärmarna och RIB. Utöver detta kan man finna information som kan användas som underlag i samband med taktikupplägget på flera olika håll. Säkerhetsdatablad (SDB) finns i regel att få på anläggningen där ammoniaken hanteras, annars kan man få det från gasleverantören. Räddningstjänsten kan ha ett datorstöd som innehåller information om en mängd olika ämnen, som t.ex. databasen *Kemiska Ämnen*. Nedan redovisas kortfattat vilken information, från farligt godskort och RIB, som kan vara relevant att ta del av i den aktuella olyckan på AGA. För mer information hänvisas läsaren direkt till RIB alternativt farligt godspärmarna.

Farligt godspärmar och kort

I pärmarna finner man information som kan nyttjas tidigt i en insats då pärmarna är uppbyggda med generell information som är kopplad till respektive ämnesgrupp och med ämnesspecifika kort.

Kortet är uppdelat i 5 olika delar där den första delen innehåller viktig, men kortfattad information om bland annat vilken skyddsnivå som bör väljas och vilka de största riskerna är. Andra delen av kortet består av *Vissa viktiga data* där man kan få oerhört mycket information om ämnet under förutsättning att man kan läsa och förstå den redovisade datan. T.ex. kan det utläsas från ångtryck, kokpunkt och kritisk temperatur att gasen övergår från gas- till vätskefas då trycket ökas till ca. 8,5 bar vid en omgivningstemperatur på 20°C. Tredje delen innehåller information om akut skadeverkan, fjärde delen behandlar brand- och explosionsfara och den femte och sista delen tar upp information om utflöde.

RIB

RIB är ett datorstött verktyg som innehåller samma information som farligt godskorten, men på flertalet av områdena är informationen utökad och betydligt mer ingående. Vid en fri sökning på "ammoniak" i RIB XM visas 65 träffar i träfflistan. Av dess är flertalet irrelevanta vid den aktuella insatsen, medan några ger god information som kan användas som beslutsunderlag. Främst är det informationen under *Farliga ämnen* som kommer till användning.

I RIB:en finns beräkningsprogrammet *Spridning Luft*, med vilket man kan beräkna riskområden. Programmet kräver en del indata som kan behöva antas då det under en insats kan vara svårt att få tag på all nödvändig indata.

Information för räddningsbilden

Initial information

Ämnesbestämning: **Giftig och frätande gas (tryckbundsmedel)**

Intärl rekommelas:

	Vind 1 m/s (stabilitetsklass F)	Vind 5 m/s (stabilitetsklass D)
liten utsläpp (hållhöjd 10 mm, källastryk 0,4 kg/s)	300 m radi.	100 m i vindriktningen, 50 m mot vinden.
större utsläpp (hållhöjd 25 mm, källastryk 2,0 kg/s)	1,0 km radi.	300 m i vindriktningen, 50 m mot vinden.
momentanutsläpp (15 ton) brandluft gasfäsk	5,0 km radi.	0,0 km i vindriktningen, 300 m.

Skydd - inandning: **Branddräkt och tryckluftsapparat.**

Skydd - utsläpp: **Kemskyddsdräkt och tryckluftsapparat; komplettera med kölskydd vid risk för stänk.**

Skydd - släckmedel:

Riskfaktorer

Brändning av gasen leder till irritationscyttam och förgiftning. Höga koncentrationer irritera skötigt hud.

Lufkens fuktighet kan fräta läckageått större. Kalla stänk kan förorsaka kylskador. Fuktighet i tryckluftsapparaten tryckregulator eller andningsventil kan fräsa och förorsaka en funktionsstörning.

Observera att ammoniak är brännbar och kan vid koncentriserade orsaka nå brännbara koncentrationer.

Särskilt för Ammoniak, vattenfri:

- Vid brandutsläppning bildas nitraisa gaser.
- Reagerar häftigt med vatten.
- Kan under vissa omständigheter bilda antändbara luftblandningar.
- Reagerar häftigt med oxidationsmedel.
- Reagerar häftigt med syror.

Ämnets riskfaktorer:

- Brännfarligt
- Giftigt vid inandning
- Frätande
- Medelst giftigt för vattenlevande organismer



Bild 4. RIB XM Farliga ämnen, flik räddning.

Händelse- Olycksförlopp

Upptakt:

AGA vidardistribuerar ammoniak till en guldsmedshandlare, vilket vid leverans av en 20 liters gasflaska noterar att han får ut flytande ammoniak. Beställningen är gjord av AGA Gas och skickas därför åter till AGA Gas i Växjö efter anmälan till AGA:s reklamationsavdelning.

Säkerhetsavdelningen vid AGA Gas ger chefen vid AGA Gas i Växjö i uppdrag att kontrollera denna gasflaska.

Vid kontroll och mätning av gasflaskan noteras att den väger 13,6 kg vilket är rejält högre än det som är normalt 10,6 kg. Kontroll gjordes på lager och det fanns ytterligare fyra gasflaskor med ammoniak. Två utav dessa bedömdes också som osäkra och stumfyllda. Därav fanns tre gasflaskor som bedömdes som osäkra och stumfyllda.

- 13,6 kg Den återsända från guldsmedshandlaren
- 12,7 kg Från lager
- 13,8 kg Från lager (senare den som också exploderade)

Vid viktmatning skrev chefen med kulspetspenna på respektive flaska vilken vikt de hade, vilket tydligt underlättade arbetet senare under insatsen.

De osäkra flaskorna placerades i en så kallad giftgasbur (gallerförsedd plåtskjul) med låsbar grind (hänglås) vilket fungerar som mellanlager.

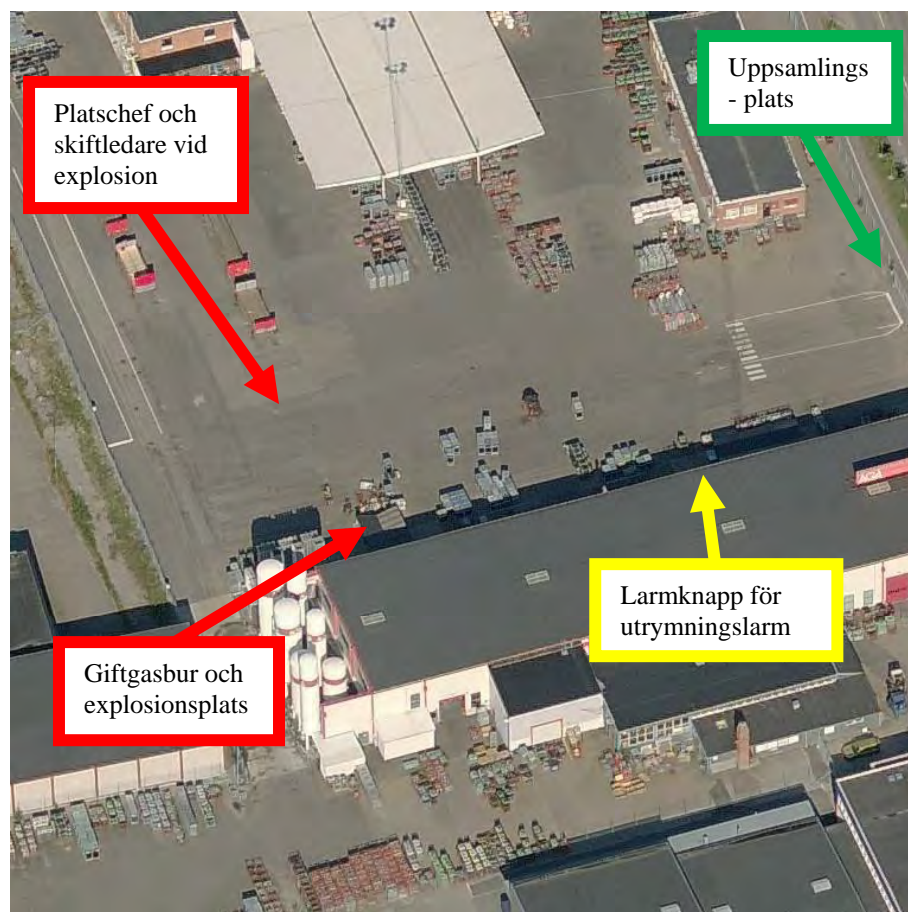


Bild 5. Översiktsfoto AGA Gas Växjö (explosionsplats, uppsamlingsplats etc)

Senare samma dag vid skiftbytet var platschefen och pågående skiftledare och tittade vid giftgasburen. Instruktionen till pågående skift var att inte röra aktuella gasflaskor.

När de två sedan lämnade giftgasburen och gick i nordlig riktning bort från den exploderade helt plötsligt en av flaskorna. De var ca 15-20 meter från giftgasburen då ammoniakgasflaskan exploderade.

En dov kraftig smäll följt av vit rök som breddade ut sig som ett moln, ca 10-15 m i diameter. De kände snabbt en svag sveda i svalg och en doft av ammoniak innan de skyndsamt lämnade området.

Platschefen tryckte in knapp för utrymningslarm, meddelade administrativ personal samtidigt som han ringde 112 (SOS Alarm) och meddelade vad som hänt. En gasflaska som sprängts, giftig gas och inga skadade. Skiftledare ombesörjde så övrig produktionspersonal evakuerades till uppsamlingsplats vid grinden där senare räddningstjänsten anlände (Arabygatan).

Genomförande av insats

Larm:

Inkommer till räddningstjänsten 2009-04-16 kl 17.51.44. Räddningstjänsten håller just på att avsluta en pågående insats rörande en skogsbrand. Dock finns ordinarie styrka på stationen för normal beredskap.

Räddningstjänsten har just haft skiftbyte och nattsiftet har gått på. Pågående insatsledare var dock sen efter ett uppdrag på räddningstjänstens övningsfält varför avgående insatsledare stannat kvar lite extra. Därav sker avlösningen för insatsledarna något senare än för övrig räddningspersonal.

Ny insatsledare (IL) får i princip telefonen i handen av avgående då larmet går. Larm om explosion på AGA Gas och att det var ammoniak inblandat samt att evakuering pågår. Osäkerhet råder om det är inom eller utomhus.

IL och styrkeledare (SL) konverserar snabbt (fordonståg, vägval, vind osv.) och beslut tas att åka med släckbil och tankbil. Då tankbilen inte finns tillgänglig på station då den är på skogsbrand utgår enbart släckbil med kemsläp och ledningsbil. Ledningsbilen är ett reservfordon då ordinarie ledningsbil är på skogsbrand.

Framkörning:

Kompletterande information inkommer om att explosionen skett i en bur utomhus.

Under framkörning begärs tankresurs ut till platsen samt plats för brytpunkt vilket blir vid Beijers. Vinden bedöms som svag och stadig.

Räddningstjänstens insats:

Då IL som är först utav räddningstjänstens enheter ankommer till brytpunkten finns redan polis och ambulans där. IL genomför vindruterapport på öppen kanal. Släckbil går direkt fram till AGA:s grind ut mot Arabygatan där också AGA Gas personalrepresentant möter upp.



2009-04-17 kl. 01.18

IL ger i uppdrag åt polis att inledningsvis spärra av Arabygatan. Vid utrymningslarm från AGA Gas öppnas alla grindar per automatik och IL:s bedömning var att göra det fritt ut men att man aktivt måste hindra infart på området.

Då IL ankommer till AGA Gas grind har SL redan upptagit samtal med AGA:s representant och samtliga anställda är evakuerade. IL gör kontroll med SOS om fler samtal inkommit om gaslukt eller liknande vilket det inte har till SOS.



2009-04-17 kl. 01.15

IL och AGA:s representant gör en visuell kontroll och ser då två gasflaskor kvar i buren. SL får i uppdrag av IL att genomföra kylning av dessa två flaskor från skyddad plats och också genomföra temperaturmätning med värmekamera.

Enligt uppgift skall det inte finnas några kvar i bakomliggande fastigheter. IL ger dock i uppdrag till polis att utöka avspärningarna och att göra kontroll så att ingen finns kvar i fastigheterna väster om anläggningen. Polis hade med sig egen skyddsutrustning i form av skyddsmasker.

Lägesrapport lämnas till SOS där RCB normalt hämtar sina uppgifter för

systemledning. Förstärkning med deltidspersonal till stationen i Växjö för att hålla beredskap genomfördes på beslut från IL (systemledande beslut). Likaså begärdes slangjeep fram till plats för slangdragning i samband med vattenförsörjning.

Någon ytterligare visuell kontroll av gasflaskorna gjordes av IL, SL och AGA:s representant. Bedömningen var att skylningen gav effekt utifrån de resultat som kunde avläsas på värmekameran.

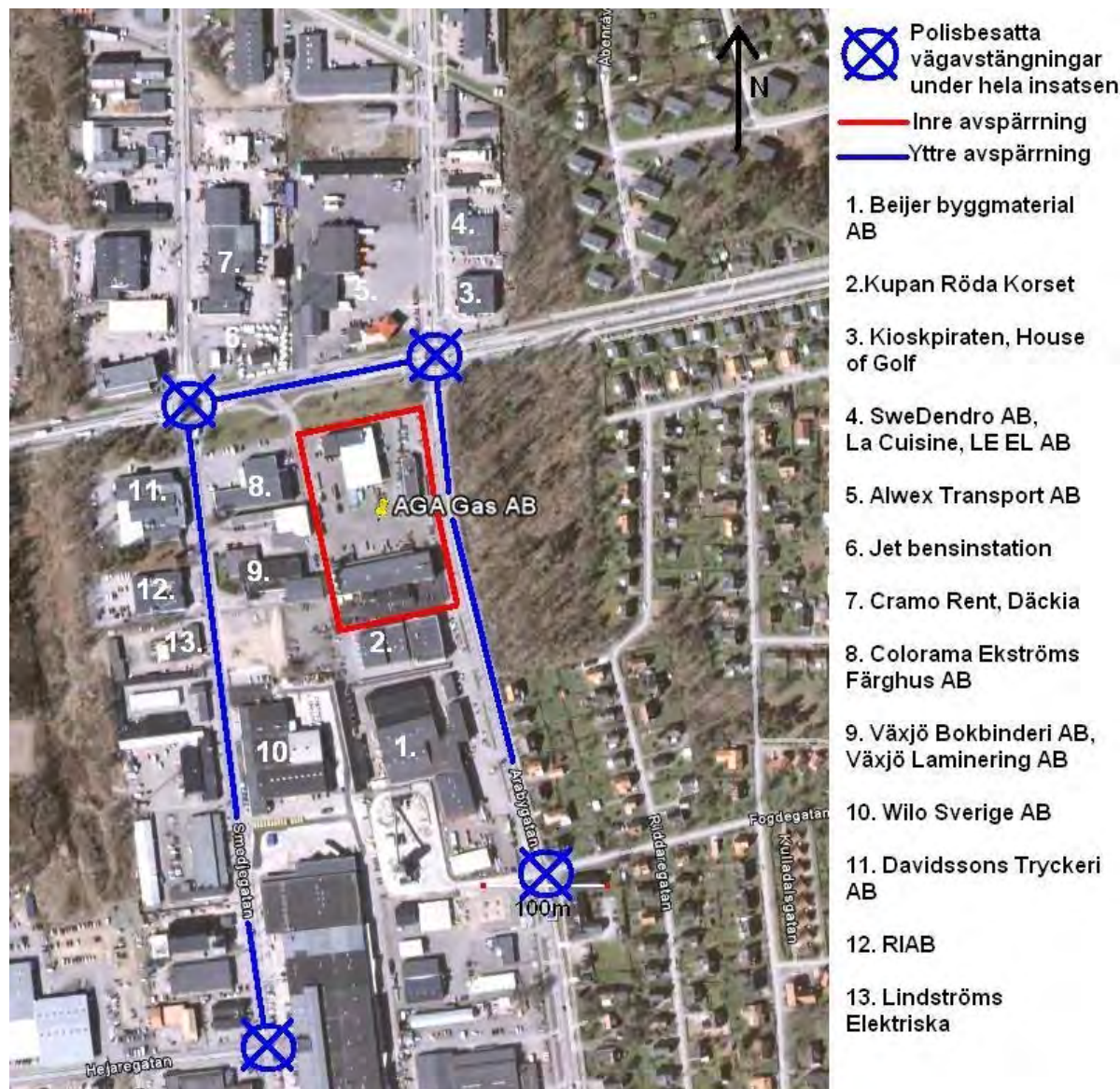


Bild 6. Översiktsfoto över AGA Gas Växjö (inre respektive yttre avspärningar)

Insatsledaren från skogsbranden fortsättningsvis kallad IL2 kontaktade IL. Det beslutades att denne skulle komma till platsen med ordinarie ledningsbil samt fungera som pressbefäl.

IL2 tog även kontakt med Leif Hylander i Perstorp samt Hans Svensson i Stockholm angående förslag till åtgärder (stöd inom farliga ämnen) vilket senare meddelas IL.

IL själv satt i telefonkonferens tillsammans med AGA Gas lokala representant och AGA Gas centralt en lång stund. Samtalet fördes delvis på andra nordiska språk vilket var svårt för IL att hänga med i. Dock var AGA:s representant i Växjö van och kunde förmedla. IL och AGA:s lokala representant var inte överens med övriga inom AGA koncernen om vilka åtgärder som var lämpliga.

AGA centralt ville ta hand om problemet själva och skicka fram någon ur personalen för att med handkraft flytta gasflaskorna till en vattentank och sedan öppna ventilerna på de osäkra gasflaskorna under vattenytan i syfte att lätta på trycket. IL beslutade dock att detta inte var en bra och säker åtgärd och diskussioner fördes om alternativa lösningar. IL:s beslut var att ingen fick gå nära flaskorna (10-15 meter). Att den troliga utlösande

faktorn var solsken och då kylning pågår är risken troligen mindre än tidigare. IL:s beslut grundade sig på de vittnesuppgifter som framkommit från AGA Gas lokala representant. Att det blir kväll medför också fördelar i detta sammanhang. Ingen kontroll är ännu gjord på vilken av gasflaskorna som exploderat.

RCB ankommer till platsen och fungerar som ledningsstöd tillika systemansvarig för räddningstjänstens verksamhet i förbundet. Under insatsens gång inkommer ytterligare två larm. En trafikolycka och ett drunkningslarm vilket hanteras av deltidstyrkan och annan inkallad insatsledare.

IL gör bedömningen efter samråd med övriga på plats såsom AGA:s representant, polis, SL, RCB och IL2 att bombgruppen från Malmö skall kallas till platsen. Samtidigt begärs också en gasflaskskytt från polisen ut till platsen. Syftet är att med bombgruppens hjälp plocka fram gasflaskorna och placera dem i deras kula och köra ut dem ur stan för eventuell beskjutning.

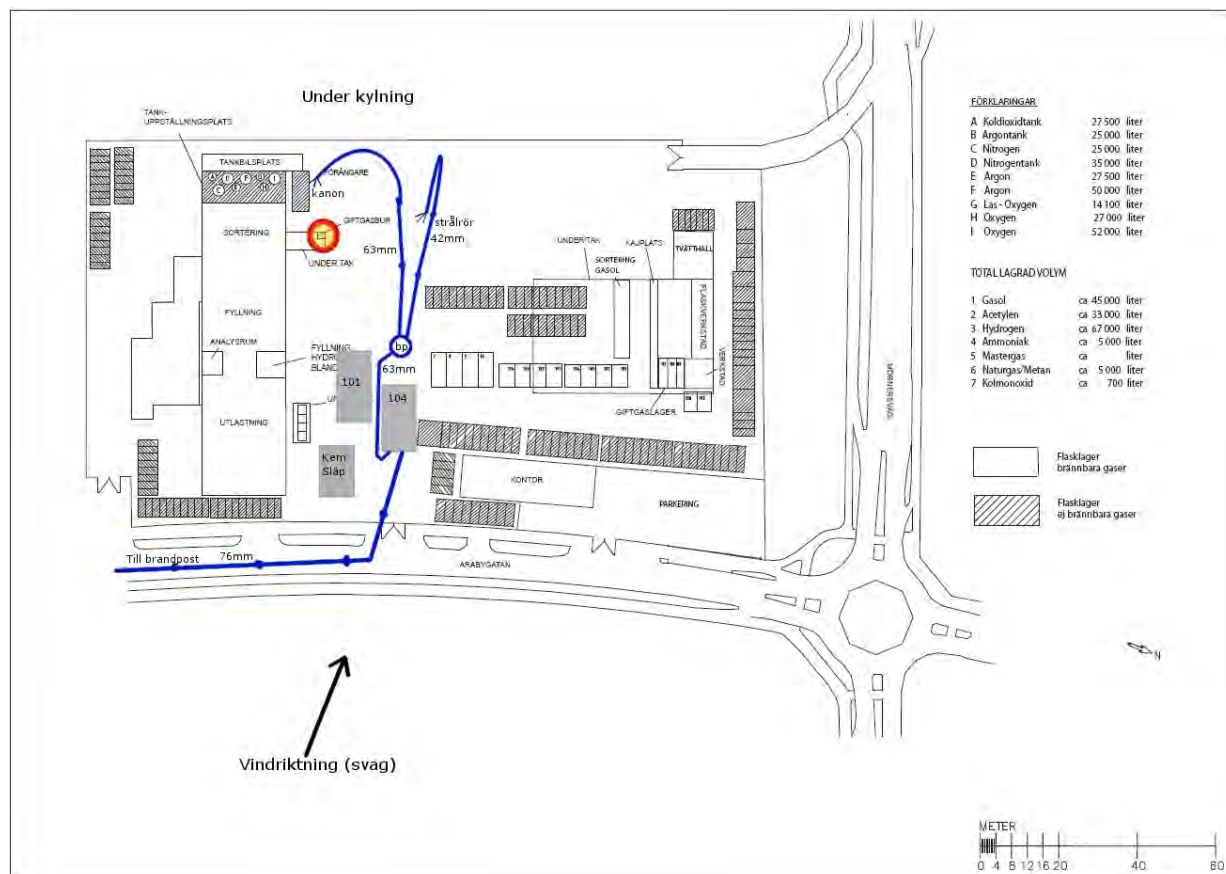


Bild 7. Översiktsskarta över AGA Gas i Växjö med explosionsplats och slangdragning vid insats.

Då läget var förhållandevis statiskt fanns utrymme för alla att fundera. Följden blev att det kom förslag på lösningar till IL från alla håll (SL, RCB, IL2, AGA:lokalt, AGA-centralt, Perstorp, Stockholm, polis mfl.

Omfallsplanering skedde av IL vilket handlade om att finna alternativa lösningar ifall bombgruppen inte skulle klara uppgiften. Exempel på omfall var att skjuta direkt på plats och köra gasflaskorna i en vattenfylld skopa ut ur stan. Beslut om omfall ledde till att en hjullastare rekvirerades ut till platsen.

IL beslutade att ta ett steg i taget och samlade därför ledningen för insatsen vid ledningsbilen som numera var framflyttat till grindarna till AGA Gas.

Polisens skytt ankommer platsen och gör snabbt bedömningen att det inte går att skjuta flaskorna som de är just nu. Risker runt omkring med andra gasflaskor är huvudskalet.

Ett bra samarbete finns hela tiden med polisens insatschef och det framkommer här att bombgruppen inte har sin transportkula med sig då gasflaskan inte får plats i denna och att roboten bara kan gripa om saker och kan därför inte låsa upp giftgasburens dörr.

IL beslutade att det inte fanns skäl i att informera aktivt i media då det närmade sig kväll och att detta mer skulle förstärka och utöka problemen. Det bedömdes inte finnas någon risk för omgivningen då kylning och nedtvättning av liknande utsläpp som från första explosionen kan hanteras med den personal som finns på plats. Denna bedömning gör IL utifrån de vittnesuppgifter som framkommit av AGA Gas lokala representant.

Deltidsstyrkan var på plats och beredda att agera på AGA Gas medan heltidsstyrkan var och åt på brandstationen.

För upplåsning av lås till giftgasbur fanns några olika alternativ. IL själv, SL eller brandmän. Efter en förfrågan av IL till personalen ställde 3 brandmän upp. De var klädda som rökdykare och hade en av polisens handburna splitterskydd framför sig. Åtgärden genomfördes snabbt.

Ambulansen stod lång tid vid brytpunkt men flyttades under insatsens gång fram till grindarna vid AGA Gas. RCB fungerade under insatsen som bollplank åt IL och hjälpe också till med information till egen personal om vidtagna och planerade åtgärder.

När bombgrupp ankom genomfördes upprepning och sortering av gasflaskorna i giftgasburen. Vid något tillfälle tappade roboten gasflaskorna i marken utan att något hände. IL uppfattade roboten som inte riktigt tidsenlig och även klumpig. Bland annat ramlade robotens videosystem av och fick tejpas på plats igen och möjligheten att se i vinkel då man skulle sätta ner gasflaskor på marken fanns inte.

Det noterades här att den exploderade flaskan var den som också vägt mest, vilket IL ansåg var ett bra besked för fortsatt arbete.

Ett test gjordes i syfte att se om det gick att spränga ett hål i gasflaskan i stället för att beskjuta den. Provet misslyckades så tillvida att roboten inte kan hålla gasflaskan samtidigt som den apterar en laddning. Dock gick det fint att spränga sig igenom gasflaskans gods. Testet gjordes på delar av den flaska som redan exploderat.



IL beslutade då att gasflaskorna skall plockas ut med roboten och hållas upp på säker plats för beskjutning av polisens gasflaskskytt.

Vid beskjutningen fanns även deltidstyrkan på plats mest av rent intresse då de inte hade någon direkt bevakande eller åtgärdande uppgift.

Polisen hade under insatsen god kontroll på samtliga avspärningar där man hade radiokontakt med polisinsatschefen (PIC)

Första beskjutning skedde kl 02.46 och föregicks av information till SOS. Scenariot var mycket likt den första explosionen enligt AGA-gas representant. Ett gasmoln om ca 10 * 15 meter vilket snabbt tvättades ner av räddningstjänstens personal.

Andra beskjutning skedde kl 04.11 och även detta med gott resultat. Ammoniakmolnet tvättades ner och var helt borta inom två minuter.



Förberedelser och beskjutning av gasflaskorna

Polisens bomgrupp och robot håller i gasflaskorna medan polisens gasflaskskytt genomför beskjutning. Räddningstjänsten har beredskap och genomför också nedtvättning av det gasmoln som uppstår då gasflaskorna punkteras. En flaska åtgången och första skottet kl 02.46 och andra skottet kl 04.11.



2009-04-17 kl. 02.24
Förberedelser

Polisens skytt förbereder sig för skott

Räddningstjänstpersonal förbereder sig



2009-04-17 kl. 02.46
Skott har just gått av



2009-04-17 kl. 02.47
Nedtvättning påbörjad
Skytt tar på skyddsmask



2009-04-17 kl. 02.47
Nedtvättning så gott som klar



2009-04-17 kl. 02.47
Nedtvättning helt klar

Avslutande nedtvättning och kontroll av gasflaskor:

Nedan syns det sista momentet vid respektive skjutning. Nedtvättning, rullning av gasflaska på marken så att all vätska kommer ut och slutligen kontroll.



2009-04-17 kl. 02.52



2009-04-17 kl. 02.55



2009-04-17 kl. 02.59



2009-04-17 kl. 03.01

Återställning av utrustning skedde samt kontroll i angränsande lokaler genomfördes innan insatsen avslutades av IL och en genomgång följde. Under genomgången medverkade räddningstjänsten, polisen och bombgruppen samt AGA Gas representant. Alla var nöjda med insatsens genomförande och resultat.

Avslut av räddningstjänst

Avslut av räddningstjänst skedde 2009-04-17 kl 05.09. AGA Gas lokala representant [REDACTED] tog vid där insatsen avslutades.

Bilaga 1. Insatsrapport

Intervjuer

En första intervju genomfördes per telefon med RCB under juni 2009. Även viss korrespondens har skett under sommaren mellan Växjö och Halmstad rörande dokumentation såsom insatsrapport, ledningsdoktrin, handlingsprogram etc.

För att komplettera de uppgifter vi kunnat ta del av genom insatsrapport, media och genom uppdragsbeskrivning genomfördes ett antal intervjuer med nyckelpersoner. Intervjuerna genomfördes av Mattias Sjöström och Anders Persson med respektive funktion enskilt. Respektive intervju tog omkring 1-1,5 timme. Intervjuerna av räddningstjänstpersonal skedde vid brandstationen i Växjö och intervju med AGA:s platschef skedde vid platsbesök på AGA Gas i Växjö. Samtliga intervjuer genomfördes 2009-09-18.

- **Räddningsledare/insatsledare (IL)** - Insatsledning (ansvarigt befäl på skadeplats)
- **Styrkeledare (SL)** - Uppgiftsledning
- **Räddningschef i beredskap (RCB)** - Systemledning
- **Ledningsstöd (IL2)** - Ledningsstöd till räddningsledaren (pressbefäl)
- **AGA:s platschef** - Lokal chef för AGA Gas i Växjö
- **Förebyggande brandingenjör** - Värends räddningstjänstförbunds tillsynsförättare för AGA Gas i Växjö

STEP-matris

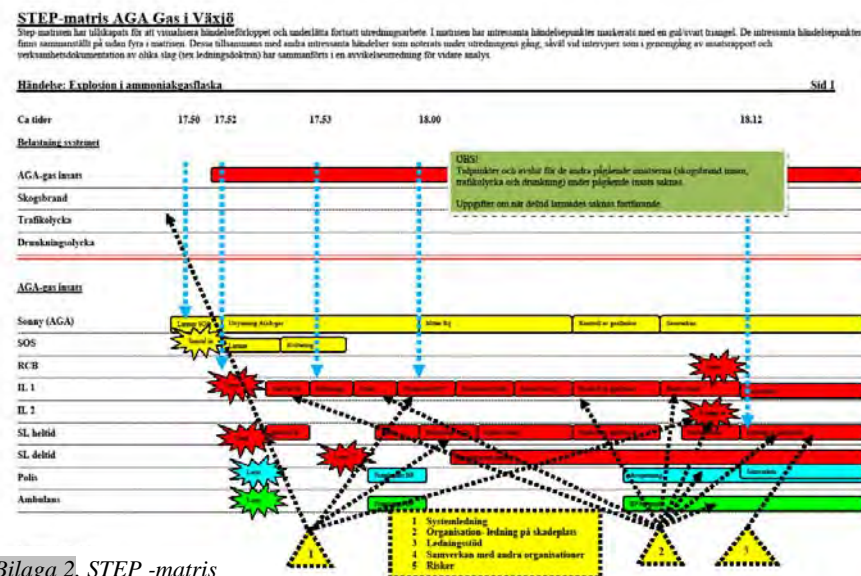
För att visualisera och tydliggöra olika enheters funktion och uppgift över tiden vid insatsen har en STEP-matris tillskapats. Fem olika intressanta händelsetyper framkommer.

- Systemledning
- Organisation och ledning på skadeplats
- Ledningsstöd
- Samverkan med andra organisationer
- Risker

Med anledning av uppdragsbeskrivning har det delar som berör systemledning prioriterats bort och berörs bara kort och övergripande senare i denna rapport.

Tolv tydliga och prioriterade intressanta händelsepunkter bedöms prioriterade. Dess lyftes därför över i en avvikelsetredning för vidare analys.

Övriga intressanta händelsepunkter kommer likt systemledning bara att kort och övergripande kommenteras senare i rapporten.



Bilaga 2. STEP -matris

Avvikelseutredning

De intressanta händelser som noterats och prioriterats från STEP-matris har samlats i en avvikelseutredning för vidare analys.

Ledning, beslut och samverkan

1. Ledning på station
2. Ledning under framkörning
3. Ledning vid ankomst
4. Ledning på skadeplats
5. Öppning av gallerbur
6. Bombrobot (samverkan)
7. Riskbedömningar allmänt
8. Skadeplatsorganisation
9. Ledningsstöd till räddningsledaren

Risker amoniak, bedömning och beslut.

10. Riskbedömning amoniak
11. Enkel fältmodell
12. Gasspridning enligt modell från FOA:s handbok

10-02-17



Avvikelseutredning AGA Gas i Växjö

Utförare kommentarer och förklaringar rörande respektive punkter finns i slutrapporten (insatsutredningen)

Nr	Intressant	Påverkan	Typ	Bed.	Åtgärdsförslag	Kom.
1	Ledning på station	En komplett samverkan				
2	Ledning under framkörning	Val av brytpunkt, taktik	YS	2	Brytpunkt bedöms vara lämpligare att ha ytterligare en bit från själva skadeplatsens riskområde.	Rutiner Skåpbym Brytpunkt halvhal
3	Ledning vid ankomst	OBBO- risker, åtgärder	YS	1	Enligt utredningen ska det vara tydligt att det inte ska vara någon risk för skadeplatsen.	OSERBP
4	Ledning på skadeplats	Valdigt många olika förslag. Särskilt viktigt för RL Stöd- belastning.	YOS	2	En tydlig skadeplatsorganisation med tydligt uttärt ledningsstöd underlättar för räddningsledaren. Ledningsstödet bör samla information, hantera information och utarbeta och prioritera, förslag till åtgärder för RL	Mar. 5-7 kontakt ytor
5	Öppning av gallerbur	Tydlig riskbedömning	YS	1	Enligt utredningen ska det vara tydligt att ledningsstödet ska ha en tydlig roll i att hantera information och utarbeta och prioritera, förslag till åtgärder för RL	Ledning
6	Bomb-robot (samverkan)	Levde inte upp till räddningstjänstens förväntningar	YOS	2	Räddningstjänsten måste vara tydlig med vad som förväntas av utrustning som tas i anspråk och också informera sig om denna utrustnings kapacitet vid förfrågan. Polisen bör utvärdera roboten för fler insatser inom fler områden om man skall kunna vara en bra hjälp till för räddningstjänsten. För att både kunna hålla och operera en ledning samtidigt, att kunna ta och sätta ner material i ett område med mark.	AGA gas
7	Risk- bedömningar allmänt	Val av teknik, omfattning, dokumentation.	YS	1	Enligt utredningen ska det vara tydligt att det inte ska vara någon risk för skadeplatsen.	AFS 2007:7
8	Skadeplatsorga nisation	Tydliggör och säkerställer en god ledning	YOS	2	Öva och utvärdera operativa behö i vägen av en god skadeplatsorganisation. Underlättar också ledning som bedömning av risker, val av åtgärder samt information skad. Interni som existerar i samband med insat. Risker- skyddsmed- åtg- beslut i stort (IDA).	Zonindel- ning
9	Ledningsstöd till RL	Stöd eller belastning	YS	1	Enligt utredningen ska det vara tydligt att det inte ska vara någon risk för skadeplatsen.	Lednings stöd

Bilaga 3. Avvikelseutredning

1

Rött = Prioriterad åtgärd
Gul = Önskvärd åtgärd

Kommentarer till respektive ovanstående punkter finns längre fram i denna rapport liksom de förbättringsförslag och de goda exempel som framkommit.

Kommentarer rörande ledning, beslut och samverkan

Nedanstående kommentarer har framkommit under utredningens gång och vid analysarbetet. De skall ses som en förklarande text till hur vi resonerat då vi kommit fram till de olika förbättringsförslagen. Rödmarkerade förbättringsförslag är av prioriterad art medan gulmarkerade är önskvärda. En sammanställning av själva förbättringsförslagen finns längre fram i denna rapport.

Rött = Prioriterade förbättringsförslag

Gul = Önskvärd förbättringsförslag

Ledning på station (innan larm)

Utredarna noterar att skiftbytet innan larm haltat något då pågående insatsledare varit på annat uppdrag och inte medverkat vid själva skiftbytet. Information från systemledande funktion har inte kommit den pågående insatsledare till del. Situationen förbättras inte av att ordinarie insatsledare är på skogsbrand och den avgående insatsledaren på station således är inkallad och inte genomför sitt ordinarie pass.

Det som synes brista är främst den pågående insatsledarens vetskap om att den operativa förmågan är begränsad pga pågående skogsbrand genom att den tankresurs som normalt enligt rutin skall med vid denna typ av kemlarm inte finns på stationen. Dessutom används en reservbil som ledningsbil för insatsledaren vilken inte till fullo är utrustad för detta ändamål.

Utredarnas åtgärdsförslag (förbättringsförslag):

Skapa rutiner för kvalitativt bra skiftbyten främst befäl emellan. Kopplingen till systemledande funktion och de begränsningar som finns operativt måste beaktas vid skiftbyten.



Ledning under framkörning

Val av brytpunkt lades tidigt av insatsledaren under framkörning. Utredarna finner dock att vald brytpunkt snarare fungerade som en så kallad halvhalt. Brytpunkt bör ligga på behörigt avstånd från ett riskområde och samtidigt så pass strategiskt att olika möjligheter till framkörningsvägar finns. Med fördel kan i förväg utsedda och fasta brytpunkter användas. Fasta brytpunkterna kan vara användbara vid alla typer av olyckor. Te.x. är kyrkor generellt en bra plats att ha en fast brytpunkt vid. Ofta en känd plats, finns på de flesta kartor, går att se på avstånd och har ofta någon form av parkeringsplats eller liknande.

Utredarnas åtgärdsförslag (förbättringsförslag):

Gå igenom kommunen och utse ett antal lämpliga fasta brytpunkter. Se till att brytpunkterna är väl dokumenterade och väl kända av personalen och då främst befälen.

Ledning vid framkomst

Det är av stor vikt för såväl ankommande enheter som för systemledande funktion att framkomst och lägesrapporter sker tydligt. Då ingen riktigt tydlig struktur för detta bedöms finnas och än mindre användas vill utredarna lyfta fram denna uppgift. Vi skönjer också ett visst mått av olika uppfattning om av vad, varför och till vem rapporterna egentligen syftar. Att aktivt rapportera med jämna mellanrum skapar också en struktur på olycksplatsen i form av återkommande tydliga OBBO. Detta ger såväl en tydlighet i vad uppgiften är som en återkommande bedömning av läget såväl taktiskt som riskmässigt. Det ger också skäl till att hela tiden följa upp vad som görs och om detta får avsedd effekt osv. Systemledningen tillsammans med andra aktörer kan jobba parallellt med frågor som stöttar räddningsledaren utan att denna ger direkta uppgifter. Sådana uppgifter kan vara avlösningsproblematik, beredskapshållning i övrigt, information till samverkande myndigheter osv.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Framkomst- och lägesrapportering bör ges större vikt framöver, genom att ni inom er organisation klargör när, hur, varför och till vem ni skall genomföra lägesrapportering. OSBIP är en bra metod för tydliga lägesrapporter.

Ledning på skadeplats

Att leda arbetet på en skadeplats är många gånger en svår uppgift. Det innebär såväl ledning av personal, val av taktik och viss mån teknik samtidigt som riskbedömning och skydds nivå skall klargöras. Information skall ske såväl inom egen organisation som till andra organisationer och externt till media. Samverkan med andra aktörer skall upprättas och fortgå. Upp till detta finns ofta ett antal och ibland ett mycket stort antal informationskällor att hantera för att kunna genomföra insatsen på ett bra, effektivt och säkert sätt.



Att vid en insats finna bra åtgärder och eventuella omfallslösningar är grundläggande för en räddningsledare. Det gäller att ha en ledningsorganisation som kan ta hand om de förslag som kommer in, beakta, sortera och eventuellt prioritera förslagen. Att ha ledningsstöd som formulerar förslag till åtgärder för räddningsledaren är att föredra före att räddningsledaren själv sitter med alla förslag att ta ställning till vid mer komplicerade insatser.

Under insatsen har en stor mängd förslag inkommit till räddningsledaren. En del bättre och en del riktigt dåliga. Vi noterar att räddningsledaren vid denna insats lyckats att sortera bort de rent av dåliga förslagen vilka skulle innebära en allt för stor risk för människors liv eller hälsa till förmån för bättre alternativ och bättre omfallslösningar.

Utredarna vill här peka på vikten av en tydlig skadeplatsorganisation, tydlig intern informations spridning och tydligt utsedda ledningsstöd med tydliga uppgifter som tex skapa förslag till beslut för räddningsledaren. Annars finns risken att ett dåligt förslag trots allt går igenom i den stress och press som en räddningsledare ofta hamnar i vid en olycka, även vid en statisk sådan.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Öva och utbildna förbundets befäl i hur ni bygger er skadeplatsorganisation och hur ni gör detta på ett tydligt sätt. Använd er av tydligt utsedda ledningsstöd med tydliga uppgifter att stödja räddningsledaren genom bra förslag till åtgärder att ta ställning och besluta sig för. Ledningsstöd skall vara just ett stöd och inte en belastning.

Öppning av gallerbur

Att behöva öppna gallerburen (giftgasburen) handgripligen innebär självklart en större risk än att inte behöva göra detta. Under aktuell insats gjordes en förfrågan från räddningsledaren till brandmän om de var villiga "frivilligt" att utföra momentet med att öppna buren. Indirekt framstår ju uppgiften som något riskabel i och med att räddningsledaren ställer frågan och också tydliggör att denna själv kan tänka sig att utföra uppdraget om ingen annan gör detta.

Utredarna anser dock att det något luddiga beslut om att genomföra öppning handgripligen var ett korrekt och väl avvägt beslut. Dock anser utredarna att räddningsledarens beslut skall ta sin grund i en bra riskbedömning och därefter skall uppgiften tilldelas den personal eller enhet som bäst löser uppgiften. Endast då momentet i sig blir bättre genomfört skall räddningsledaren erbjuda sig själv genomföra uppgiften. Det kan handla om uppgifter som är starkt kunskapskopplat eller erfarenhetskopplat. Om räddningsledaren själv utför uppgiften då risken bedöms som för stor för att beordra andra, är räddningsledarens agerande helt förkastligt.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Räddningsledaren måste göra en tydlig riskbedömning och därefter besluta sig för hur problemet skall lösas. Därefter informera om riskbedömningen och tilldela uppgiften till den personal eller enhet som bäst löser den.

Utredarnas åtgärdsförslag:

AGA måste se över placeringen av denna typ av gallerbur (giftgasbur) och placera den på bäst tänkbara plats inom anläggningen ur riskhänseende. Möjlighet till säker öppning av gallergrind likväl som övervakning på distans är en klar fördel.

Bombrobot (samverkan)

En god samverkan bedöms ha funnits mellan räddningsledare och polisinsatschef, polisens skytt och bombgruppens personal. Utredarna noterar dock att räddningstjänstens förväntningar på vad bombroboten och dess möjligheter inte stämde överens med vad den i verkligheten kunde utföra. Det finns skäl att utöka informationsutbytet genom att räddningstjänsten tydliggör vad syftet med hjälpen är och förhör sig om vilka möjligheter och begränsningar som finns med t.ex. bomroboten redan vid beställning.

Räddningstjänsten tycks inledningsvis ha bedömt att en gasflaska får plats i bomrobotens kula. Kulan kom inte med då polisen bedömde att gasflaskan var för stor. Likaså uppstod problem då roboten inte kunde klippa upp ett hänslås eller lyfta och hålla en gasflaska samtidigt som den apterade en sprängladdning. Att roboten inte kunde sätta ner en gasflaska i rätt vinkel mot underlaget medförde att gasflaskor välte med den risk som detta i sig kan innebära. Att robotens videosystem ramlade av och fick tejpas på plats ger inte en bra bild av bomroboten. Dock löstes uppgiften och bombgruppens personal bedömdes som mycket kunniga och bra att samverka med.

Utredarnas åtgärdsförslag::

Räddningstjänsten måste vara tydlig med vad som förväntas av utrustning som tas i anspråk och också informera sig om denna utrustnings kapacitet redan vid förfrågan.

Utredarnas åtgärdsförslag till polisens bombgrupp:

Polisen bör utveckla bomroboten för fler sysslor inom olika områden om man skall kunna vara en bra hjälp till tex räddningstjänsten. Tex att både kunna hålla en gasflaska och aptera en laddning samtidigt. Att kunna ta och sätta ner material i rätt vinkel mot underlaget.

Riskbedömningar allmänt

AFS 2007:7 tydliggör att riskbedömningar skall ske innan insats inom detta arbetsområde (rök och kemdykning). I arbetsmiljöverkets allmänna råd om tillämpning av föreskriften framgår att riskbedömningar bör dokumenteras. Under insatsens gång bör därför ett antal riskbedömningar har skett vilka inte tydligt dokumenterats i insatsrapport.

Grunder för riskbedömning kan vara allt från den bedömning som görs vid räddningsledarens orientering, räddningsledarens erfarenheter, beräkningar som är gjorda eller uppgifter från någon form av ledningsstöd i form av RIB eller expert etc. Räddningsledarens riskbedömning skall mynna ut i ett beslut om riskområde och skyddsnivåer vilket meddelas all inblandad personal. Het- varm- och kall zon kan med fördel användas och därtill koppla olika skyddsnivåer.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Grundfakta, spridningsmodell och riskbedömning bör dokumenteras och kopplas till insatsrapport. AFS 2007:7 och allmänt råd om tillämpning av föreskrift.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Räddningsledaren måste tydligt ange vilket riskområde som gäller och därtill koppla korrekt skyddsnivå. Zonindelning (het- varm- och kall) kan med fördel användas. Information till all personal på skadeplats är viktig.

Skadeplatsorganisation

Utredarna noterar att någon tydligt uttalad skadeplatsorganisation ej funnits. Den har liksom blivit som den blivit och varit mer informell. En i sammanhanget ganska begränsad och förhållandevis statisk olycka drar med sig ett enormt behov av ledningskapacitet. Utredarna har försökt att visualisera den skadeplatsorganisation som vi som utredare kan skönja vid aktuell insats.

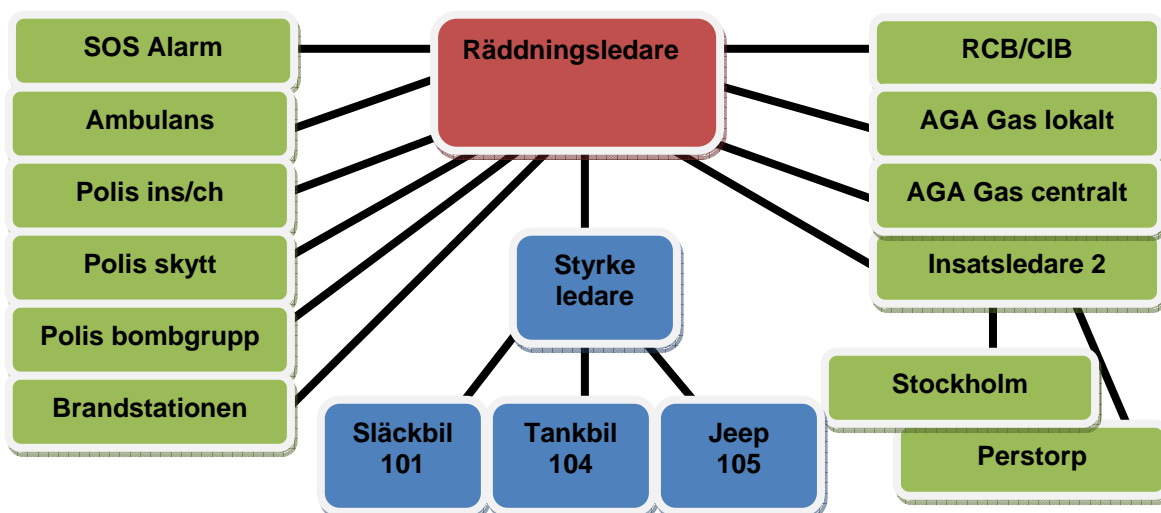


Bild 8. Bedömd skadeplatsorganisation vid insats på AGA Gas.

Vi konstaterar att räddningsledaren själv har ett stort antal kontaktytor. 11 olika kontaktytor att hantera mer eller mindre själv. Fem till sju kontaktytor anses mer hanterbart av en enskild människa och det finns därför skäl att fundera och utveckla ert sätt att arbeta med ledning och skadeplatsorganisation framöver.

Som synes finns ett behov av att förenkla och tydliggöra såväl sin egen roll (räddningsledare) som andra aktörers roller på en olycksplats. Det finns många olika modeller på hur detta kan ske och utredarna vill inte förespråka någon direkt då detta är en fråga för er egen organisation och ert eget sätt att bedriva operativ ledning.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Öva och utbildar era operativa befäl i vikten av en god skadeplatsorganisation. Underlättar såväl ledning som bedömning av risker, val av åtgärder samt information såväl internt som externt i samband med insats.

Ledningsstöd till RL (räddningsledaren)

Hur man definierar ett ledningsstöd kan självklart gå isär. Utredarna vill mena att ett ledningsstöd måste komma från egen organisation medan personer med god kunskap och specialistkompetens snarare är en informationskälla i olika delar. Ett ledningsstöd måste också vara och bli ett stöd och inte en belastning. Med ett eller flera ledningsstöd underlättas arbetet med att såväl inhämta information, sortera, prioritera och hantera de olika förslag som finns att tillgå. Ett eller flera ledningsstöd skall skapa ett antal olika förslag till lösning som sedan räddningsledaren har att ta ställning till. Med andra ord skall inte räddningsledaren vid komplicerade olyckor behöva sortera bort rent av dåliga och riskfyllda förslag utan dessa skall ha sorterats bort tidigare.

Vi utredare noterar att under aktuell insats har räddningsledarens möjligheter att fatta kloka och bra beslut och därmed göra ett bra arbete klart försvårats av avsaknaden av en tydlig skadeplatsorganisation och tydligt utsedda ledningsstöd med tydliga uppgifter ställda av räddningsledaren. Risken för att ett dåligt förslag går igenom blir större i den stress och press som en räddningsledare ofta är i vid dessa tillfällen.

En inriktning bör vara att räddningsledaren inte skall ha mer än maximalt 5-7 kontaktytor att hantera och att ledningsstöd med tydliga uppdrag utses ur egen organisation.

Att i förväg skapat någon form av lathund och uppstart för ledningsstöd kan med fördel användas likt det ofta finns i samband med bakre ledningsplatser (system och insatsledande staber). Där stabschef, insatsledning, information och logistic etc många gånger är tydliggjort i förväg.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Räddningsledaren måste avgöra och tydligt skapa den organisation som krävs för insatsen. Ledningsstödet bör organiseras och få en tydlig uppgift som stöd till chefen som i detta fall är räddningsledaren.

Kommentarer rörande risker ammoniak, bedömning och beslut

Riskbedömning ammoniak

Vid en olycka med kemikalier är det av största vikt att förstå hur omgivningen påverkar aktuell kemikalie vid rådande förhållanden. Först då man kan förstå detta samband kan man fatta beslut som är riktiga utan att behöva chansa.

Vid olyckan på AGA hade redan en explosion inträffat innan räddningstjänsten kom till platsen. Det fanns trovärdiga vittnen med god kännedom om de hanterade produkterna på plats som kunde återberätta händelsen för räddningstjänsten. Denna första input om händelsen och om hur fler explosioner av överfyllda ammoniakflaskor kommer att kunna te sig är ovärderlig initialt då insatsen handlar om att göra olyckan statisk. Då mer tid finns tillförfogande bör vidare analyser göras för att få bättre beslutsunderlag eller för att verifiera att det beslutsunderlag som man tidigare haft är bra nog. Analyserna kan vara kvalitativa där man genom ett logiskt resonemang utreder riskerna för olika tänkbara scenarion eller kan analyserna vara kvantitativa där man försöker värdera riskerna mer ingående. Även en kombination är vanligt förekommande.

I olyckan på AGA är det viktigt att omgående fastställa ett riskområde och bestämma vilken skyddsnivå som gäller. Initialt har räddningsledaren inte mycket beslutsunderlag utan får tillämpa de rekommendationer som finns i farligt godspärmarna. I denna olycka fick dock räddningsledaren tillräckligt tydlig och trovärdig input att detta kunde användas som beslutsunderlag. Den information som fabrikschefen gav räddningsledaren är avsevärt mycket bättre än de generella rekommendationer som finns i FG-pärmarna varpå det är enligt vår bedömning

helt riktigt att nyttja informationen från fabrikschefen för att fastställa riskområdet initialt. Det som bör göras i nästa skede är att tillsätta en funktion som får till uppgift att verifiera att satt riskområde är det som även bör gälla längre in i insatsen. Denna funktion kan initialt använda enkla fältmodeller eller, om tid och utrustning finns tillgänglig, mera precisa modeller.

Nedan presenteras resultaten från en enkel fältmodell och från en mer ingående modell hämtad från FOA:s handbok *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker*, nummer FOA-D--95-00099-4.9--SE, mars 1995. Båda modellerna används för att ge räddningsledaren en bild av hur koncentrationerna med ammoniak kommer att vara i närområdet vid ytterligare en flasksprängning.

Utredarnas åtgärdsförslag:

Att efter en första initial avspärrning tillsätta en funktion (ledningsstöd) som får till uppgift att verifiera att satt riskområde är det som även bör gälla längre in i insatsen. Denna funktion kan initialt använda enkla fältmodeller eller, om tid och utrustning finns tillgänglig, mera precisa modeller.

Enkel fältmodell

Modellen går ut på att i förväg anta ett gasmolns geometriska utbredning i såväl form som i längd- och höjdd. I beräkningsexemplet har det antagits att utbredningen kommer anta formen av en "tårtbit", se bild 9, och de ingående variabelerna kommer att varieras för att skapa en bild av osäkerheten i analysen.

Utsläppt mängd ammoniak: 13 kg.
Molmassa för ammoniak: 17 g/mol

$$\text{Antal mol som släpps ut: } n = \frac{m}{M} = \frac{13000}{17} = 765 \text{ mol}$$

Enligt allmänna gaslagen tar en mol upp ungefär 24 liter eller $0,024 \text{ m}^3$ vid normalt lufttryck och 20 C° . Den utsläppta mängden ammoniak kommer således att uppta volymen $V_{\text{max konc}}$.

$$V_{\text{max konc}} = 0,024 \cdot n = 0,024 \cdot 765 = 18,36 \text{ m}^3$$

Från en gasflaska kan en volym av $18,36 \text{ m}^3$ ha koncentrationen 1 000 000 ppm under förutsättning att all ammoniak förångas. Efter inspändning av luft kommer koncentrationen att minska och det intressanta är att ta reda på hur stort gasmolnet kommer att vara då koncentrationen är reducerad till det valda gränsvärdet, t.ex. 100 ppm som är en koncentration som är besvärande att vistas i utan andningsskydd och lindriga ögonirritationer kan uppträda.

Volym på gasmolnet (V_{fiktiv}), förutsatt helt jämn fördelning av ammoniak, kommer att vara $\frac{1000000}{100} = 10000$ gånger större än volymen $V_{\text{max konc}}$.

$$V_{\text{fiktiv}} = 10000 \cdot V_{\text{max konc}} = 10000 \cdot 18,36 = 183600 \text{ m}^3$$

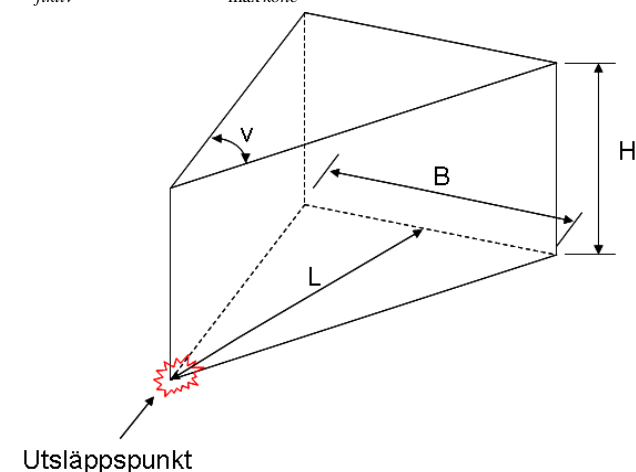


Bild 9. Geometrisk form på gasmolnet

För att få reda på vilken stäcka från utsläppskällan en bestämd koncentration kan finnas på förutsatt jämn fördelning av ammoniak och given form på gasmolnen kan sträckan L lösas ut från nedanstående ekvation.

$$V_{fiktiv} = A_{rean} \cdot H = \frac{L \cdot B}{2} \cdot H = \frac{L \cdot \left(2L \tan \frac{\nu}{2}\right)}{2} \cdot H \Rightarrow L = \sqrt{\frac{V_{fiktiv}}{H \cdot \tan \frac{\nu}{2}}}$$

Följande antagen görs på molnets form:

Spridningsvinkeln (ν) sätts till 30°

Höjden H sätts till 5 meter

På sträckan L kommer koncentrationen att vara 100 ppm

$$L = \sqrt{\frac{183600}{5 \cdot \tan \frac{30}{2}}} = 370 \text{ m}$$

På samma sätt kan man variera ingående parametrar för att skapa en bild över storleksordningen på riskområdet.

Höjd H (m)	Spridningsvinkel ν ($^\circ$)				
		30°	45°	60°	80°
5 m		370 m	298 m	252 m	209 m
10 m		260 m	211 m	178 m	148 m
15 m		213 m	172 m	146 m	121 m

Tabell 2. Avståndet L vid koncentration på 100 ppm

Används istället 50 ppm som gränsvärde får avstånd enligt **tabell 3** och vid 300 ppm enligt **tabell 4**.

Höjd H (m)	Spridningsvinkel ν ($^\circ$)				
		30°	45°	60°	80°
5 m		527 m	421 m	357 m	295 m
10 m		370 m	297 m	252 m	209 m
15 m		302 m	243 m	206 m	171 m

Tabell 3. Avståndet L vid koncentration på 50 ppm

Höjd H (m)	Spridningsvinkel ν ($^\circ$)				
		30°	45°	60°	80°
5 m		213 m	172 m	146 m	121 m
10 m		151 m	122 m	103 m	85 m
15 m		123 m	99 m	84 m	70 m

Tabell 4. Avståndet L vid koncentration på 300 ppm

Modellen ger ett mycket ”grovyxat” resultat som ska användas med försiktighet. I kombination med vittnesuppgifter kan det dock användas för att bedöma risken för kringliggande verksamhet.

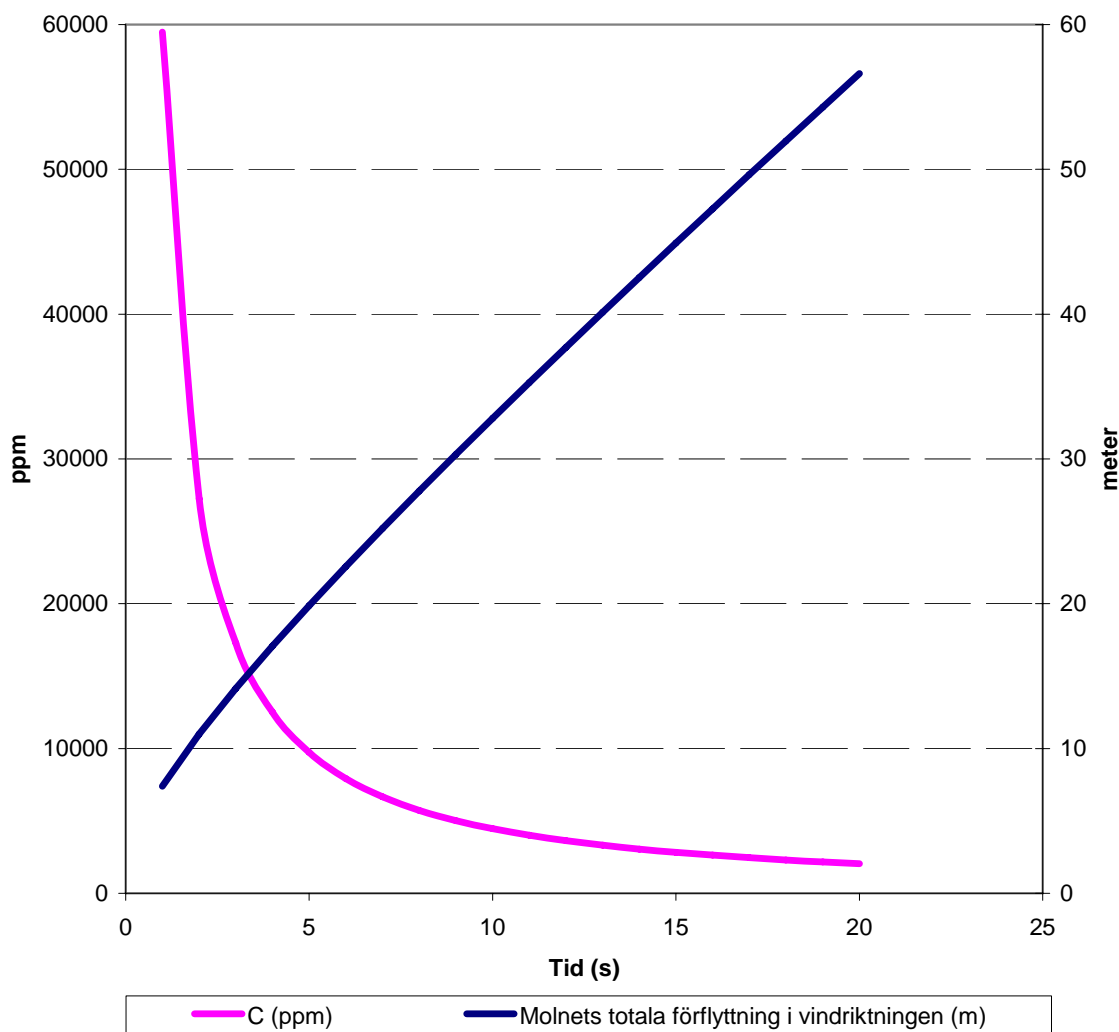
Utredarnas åtgärdsförslag:

Att använda sig av en fältmodell vilken går ut på att i förväg anta ett gasmolns geometriska utbredning i såväl form som i längd- och höjddled ger ett grovyxat resultat. Tillsammans med kompletterande vittnesuppgifter kan den dock användas för att bedöma risken för kringliggande verksamheter.

Gasspridning enligt modell från FOA:s handbok Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker

För en närmare analys av scenariot med exploderande ammoniakflaska kan modeller enligt FOA:s handbok användas. Modellerna är inte framtagna för fältmässigt bruk, utan bör endast användas då en olycka har blivit statisk och då vikten av att så precist som möjligt kunna förutsäga händelseförloppet överstiger behovet av att tidigt sätta in skadeavhjälpanande åtgärder. Vid olyckan på AGA hade räddningsledaren kontakt med branschexpertis för att få deras bedömningar. Det framgår inte om bedömningarna dessa branschexperter gjorde bygger på kvalitativt resonemang, erfarenhet från tidigare liknande händelser eller gjorda beräkningar. Räddningsledarens inriktning var att få så mycket relevant underlag som möjligt innan åtgärd sattes in. Allt i syfte att undvika att utsätta personal för onödigt höga risker. Med den tidsram som fanns under olyckan skulle det vara möjligt att hinna få fram resultat från beräkningar enligt FOA:s handbok eller liknande. Det är inte säkert att räddningstjänsten är bäst skickad för att genomföra beräkningarna utan uppdraget kan lika gärna läggas på AGA:s organisation. I aktuell händelse kan det vara tillräckligt om den djupare analysen endast gjordes om personal fanns att tillgå och fältberäkningarna visade på riskavstånd som innebär stor fara för allmänheten.

Vid beräkning ammoniakkoncentrationer efter att en gasflaska har sprängts avtar koncentrationen i molnet med tiden samtidigt som molnets utsträckning ökar. Detta presenteras i [diagram 1](#).



[Diagram 1](#). Gasmolnets koncentration och förflyttning som funktion av tiden

Enligt beräkningarna kommer medelkoncentrationen i molnet att vara 2000 ppm 20 sekunder efter sprängningen och molnet kommer då ha förflyttat sig så att dess bortre del är ca. 55 meter från utsläppspunkten. Enligt beräkningarna i **bilaga 4** kommer molnet då ha en diameter på ca. 33 meter.

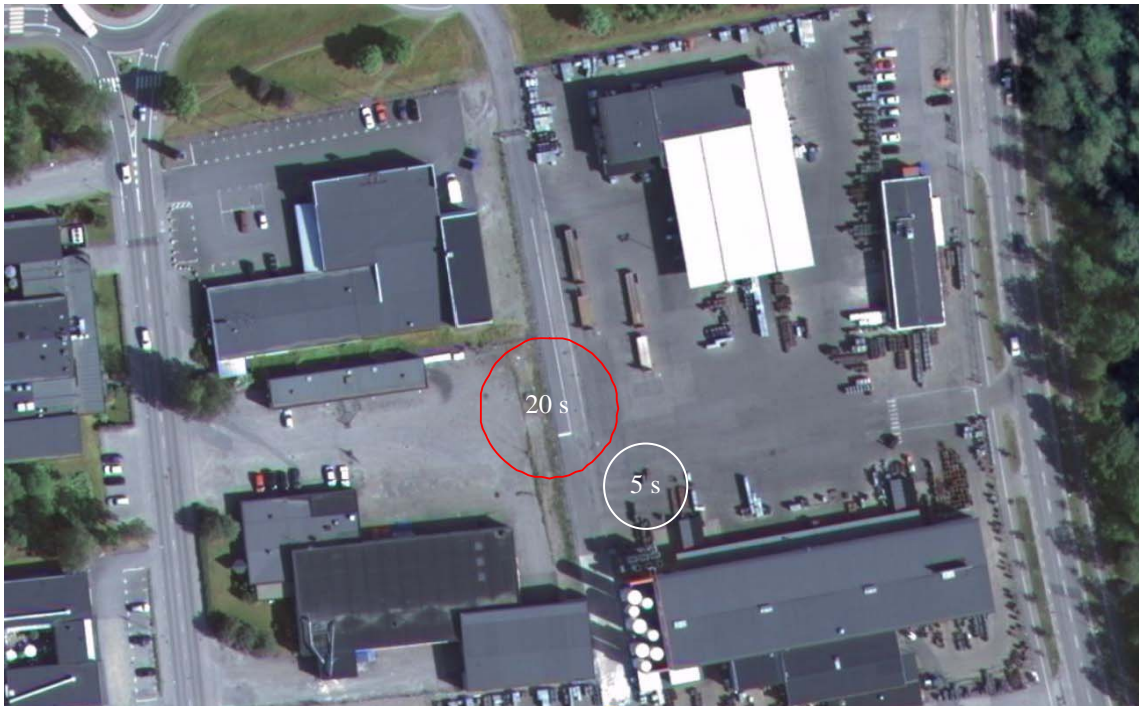


Bild 10. Gasmolnets utbredning vid tiden 5 respektive 20 sekunder.

Bild 10. Ringarna visar gasmolnets utbredning vid tiden 5 respektive 20 sekunder. Efter 5 sekunder är koncentrationen enligt uträkningen 59500 ppm och efter 20 sekunder är koncentrationen 2000 ppm.

Bilaga 4. Beräkningar utifrån underlag från FOA:s handbok (nr FOA-D—95-00099-4.9—SE, mars 1995).

Utredarnas åtgärdsförslag:

Att använda sig av en mer djupgående modell tex FOA:s handbok. Bör endast användas då olyckan blivit statisk och då vikten av att kunna förutsäga händelseförloppet överstiger behovet av skadeavhjälpande åtgärder.

Kommentar i allmänhet

Systemledning

Utredarna noterar under utredningens gång ett antal beröringspunkter mellan den aktuella insatsen och systemledande funktion. Samtidigt pågående insatser inom förbundet vilket påverkade fordonståg i inledningsskedet av aktuell insats. RCB:s val av att utöva systemledning från en enskild skadeplats och samtidigt vara ledningsstöd till räddningsledaren där.

Utredarna vill peka på den stora risk med att i allt för hög grad blanda ihop insatsledande och systemledande funktioner. De skall arbeta i olika tidsskalor och systemledande funktion är också resursstyrande person i systemet vilket kan, om systemledande funktion också har en roll på en enskild insats inverka negativt på annan samtidigt pågående insats. Systemledande funktion sitter då på olika stolar.

Att vid dessa speciella tillfällen lyckas att ersätta systemledande funktion som gått in som ledningsstöd på enskild händelse eller rent av tagit över som räddningsledare blir troligen svårt då belastningen i systemet troligen ökar samtidigt. Här finns en risk att systemet tappar förmågan att vara just systemledande med risk för att medborgare får en alltför försämrad beredskap och att uthålligheten i systemet inte beaktas.

Inom Värends räddningstjänstförbund är SOS primär mottagare av framkomst och lägesrapporter vilket sedan systemledande funktion skall inhämta från SOS för att kunna utöva en aktiv systemledning. Utredarna tror att det bästa sättet och de bästa möjligheterna för effektiv systemledning är om den utförs från annan plats än en enskild

skadeplats. Och allra bäst är om den sker från huvudbrandstationen där också de flesta stöd finns att tillgå för uppgiften.

Att säkerställa en grundläggande beredskap är en viktig del i arbetet inom systemledning. Under utredningens gång noterar vi att det råder osäkerhet om vilken styrka som är vad i själva insatsrapporten. Deltidsstyrkan i Växjö centralort är i styrkebeskedet noterade som uppdrag ”insats”. Deltidsstyrkan från Rottne finns också i styrkebeskedet noterat som insatta i insatsen. Vi som utredare gör bedömningen efter att ha gått igenom dokumentation och våra anteckningar från intervjuerna att deltidstyrkan i huvudsak varit i beredskap och att Rottne hade en strategisk roll i helheten vilket bör vara systemet som sådant i båda fallen. Vi noterar också att deltidstyrkan i centralorten som vi bedömer som beredskapsstyrka till stor del varit på skadeplatsen vid AGA Gas. Utredarna finner det självklart viktigt att så många som möjligt får möjlighet att delta vid en speciell insats som denna vid AGA Gas. Dock finns skäl att understryka risken med att ha beredskapsstyrkan i samma område som insatsstyrkan i händelse av att något oförutsett inträffar på skadeplatsen. Att sätta beredskapsstyrkan och systemledande funktion i en situation där de kan slå ut tillsammans med insatt styrka kan vara olämpligt.

Information på och från skadeplats

Det är av stor vikt att informations-spridning vid en skadeplats fungerar bra. Risker som finns och som bedömts av räddningsledaren eller annan är viktig att informera om till egen personal. Syftet kan vara att ge klara besked om vad som gäller för att inte spekulationer eller rent av olustkänslor eller liknande sprider sig bland egen personal. Vid aktuell insats bedöms detta ha skett på ett bra, men informellt och ostrukturerat sätt.

Periodvis har räddningstjänstens egen personal kännat sig frustrerade över att inget händer och att det bara är en massa väntan. I denna situation uppstår lätt att alla börjar fundera, spekulera och också komma med förslag på hur uppgifter kan lösas till räddningsledaren. Samtidigt inkommer förslag från andra aktörer såsom den drabbade anläggningen och dess centrala ledning. Om räddningsledaren inte utsetts och tydliggjort ledningsstödens uppgifter sitter helt plötsligt räddningsledaren själv i en situation som lätt kan bli övermäktig och med risken att ett dåligt förslag ramlar igenom. Vid aktuell insats har räddningsledaren lyckats att sortera bort de dåliga förslagen från de bättre vilket självklart var bra. Men situationen är tänkvärd och väl värd att försöka att täppa igen för framtiden.

Att använda media för vår egen skull är ett lätt, snabbt och enkelt sätt att få ut önskad information och minska spekulation.

Grundregeln bör vara att informera mycket och korrekt. Att, som vid denna insats, aktivt bedöma att informationen till allmänheten skulle utgöra ett större problem än nytta just under insatsens gång bedöms av oss som utredare som en korrekt bedömning. Dock kan man efter själva händelsen informera om den och varför man också gjort denna bedömning under insatsens gång. En tydlig skadeplatsorganisation underlättar såväl intern som extern informations-spridning vilket minskar otålighet, oönskade spekulationer och olustkänslor.



© Bjornrit

Avslut av räddningstjänst

Huruvida räddningstjänsten lämnar över ansvar, eller tillbaka ansvar eller bara meddelar ägaren fortsatt ansvar är en öppen fråga i brand-Sverige idag. Vid denna händelse var avslutet tydligt och har också dokumenterats i insatsrapport. Lokal företrädare för AGA Gas har medverkat mycket under hela insatsens gång och är också expert inom området. Innan räddningstjänsten upphörde formellt gjordes också kontroll av intilliggande fastigheter med inritning på gasansamlingar.

Utredarna ser en poäng i att använda sig av någon form av blankett vid avslutande av räddningstjänst. Det blir mer formellt och den enskilde har då också möjlighet att i skrift se vad som gäller rörande fortsatt ansvar, vilka behov av sanering eller andra åtgärder som skall vidtas.

Likåsom utgör denna blankett ett för räddningsledaren bra underlag för att visa på att avslut faktiskt ägt rum och att information och eventuella krav delgivits den enskilde

Det är dock av stor vikt att beakta olika situationer och olika människors upplevelse. Det kan svänga mycket mellan enskilda som verkligen förstår och tar sitt ansvar till andra som är i sådant mentalt skick att de inte egentligen förstod sitt ansvar eller vad som krävs utav dem efter olyckan.

Bilaga 6. Video om stödjande insats

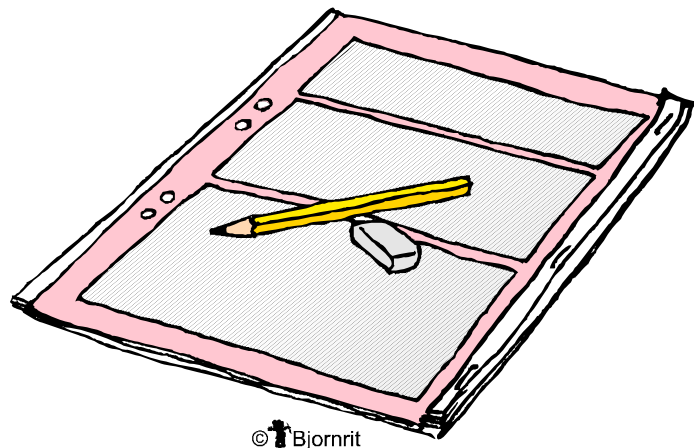
Blankett för avslut av räddningstjänst med information och eventuella direktiv underlättar vid avslut av räddningstjänst. Att befäl i er organisation får möjlighet att se videofilm om stödjande insats i samband med avslut av insats vore en bra åtgärd i syfte att för framtiden hantera era avslut riktigt bra.

Bilaga 5. Exempel på blankett avslut av räddningstjänst

Dokumentation vid insats

Sammantaget noterar vi att denna insats har ett gott mått av dokumentation. Det finns en väl ifylld insatsrapport även om vissa frågetecken uppkommit.

Den uppfyller de krav som finns avseende dokumentation av myndighetsbeslut såsom text avspärrning och avslut av räddningstjänst. Här finns bra bilagor med kartskiss och översiktsskiss på området med också de operativa delarna tydliggjort. Dock råder osäkerhet om några detaljer såsom enhet 121:s uppgift, IL2 och RCB i styrkebesked och som tidigare noterats vore de bra om grunder, spridningsmodeller, bedömningar och beslut rörande riskbedömningar finns dokumenterat fullt ut.



© Bjornrit

En eloge till räddningsledaren som i mångt och mycket skapat denna rapport.

Samverkan med andra myndigheter i allmänhet

I allt väsentligt har samverkan med andra myndigheter fungerat bra eller rent av mycket bra. Grunden läggs många gånger vid personliga tidigare kontakter och kännedom om varandras organisationer och möjligheter. Att utveckla utbytet mellan såväl räddningstjänst, polis, ambulans till andra aktörer såsom större eller farligare anläggningar i kommunen bör uppmuntras.

I inledningsskedet på aktuell insats har AGA.s lokala representant inte förstått vem som var räddningsledare egentligen. Detta löste sig emellertid vart efter. Det finns dock skäl att räddningstjänsten är tydligt utmärkta inte bara för egen del eller för andra blåljusmyndigheter utan också för att de som vi är satta att hjälpa skall kunna förstå vem som är ansvarig för vår verksamhet.

Vi noterar också att räddningsledaren har tvingats gå emot expertis i form av att AGA Gas centralt hade en annan uppfattning om vilka åtgärder som var lämpliga. Det är viktigt att räddningsledaren får det stöd han/hon förtjänar efter en insats ifrån förbundsledningen i syfte att stärka rollen och även fortsättningsvis vara noga med säkerhetsbedömningar på skadeplats.

Språkproblem

Vi noterar att räddningsledaren periodvis under insatsen suttit i viktiga samtal rörande insatsen och dess genomförande med AGA Gas centrala organisation. Att det till stora delar då gick på andra språk vilket fick till följd att den lokala AGA-representanten fick förklara innebörden i samtalet för räddningsledaren. Det fungerade fint under aktuell händelse men det finns självklart fördelar om räddningstjänsten själva har vissa språk kunskaper.

Undersökning

Den grovplanering rent kronologiskt som sattes i början av utredningen har följts (2009-06-12)

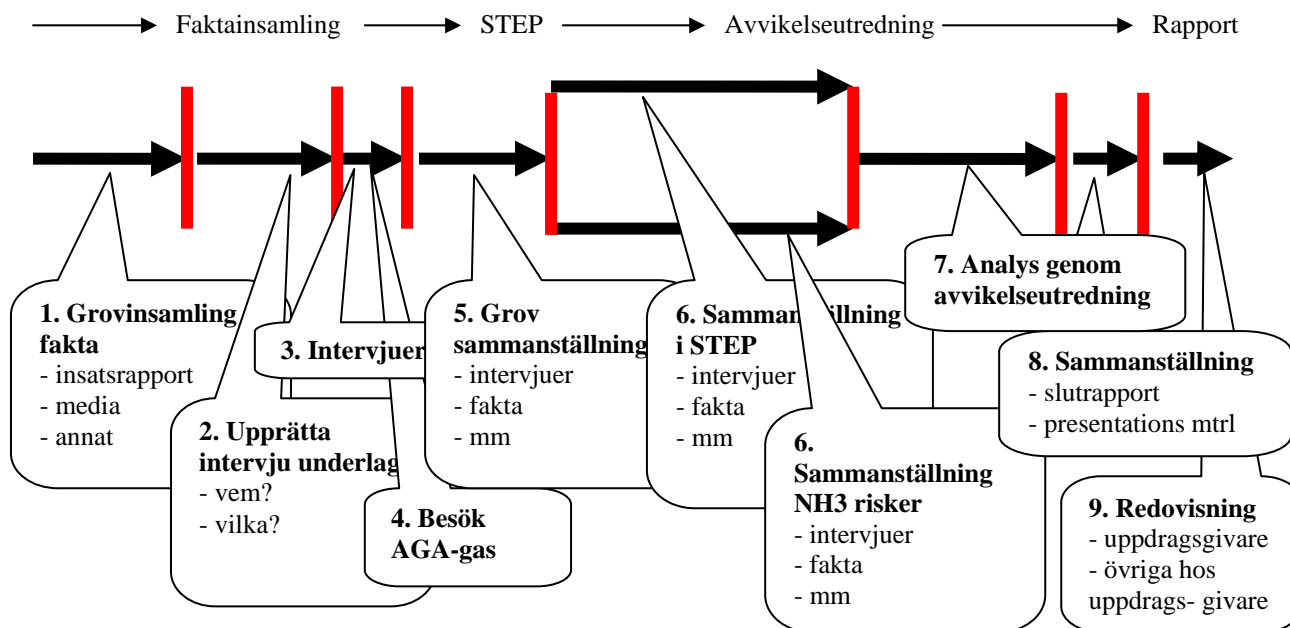


Bild 11. Undersökning och metodval.

1. Grovinsamling av fakta	maj- juni 2009	(SJ)
2. Upprättande av intervjuunderlag	augusti 2009	(SJ)
3. Genomföra intervjuer	sept 2009	(SJ, AP)
4. Genomföra platsbesök vid AGA Gas i Växjö	sept 2009	(SJ, AP)
5. Grovsammanställning	okt 2009	(AP)
6. Sammanställning i STEP samt NH3 risker	okt- nov 2009	(SJ, AP)
7. Analys genom avvikelseutredning	nov- jan 09/10	(SJ, AP)
8. Sammanställning av slutrapport och presentationsmaterial	jan- feb 2010	(SJ, AP)
9. Skriftlig rapport för uppdragsgivaren	mar- 2010	(SJ)
10. Muntlig rapport för uppdragsgivaren	mars- 2010	(SJ, AP)

SJ = Mattias Sjöström

AP = Anders Persson

I utredningens slutrapport har medvetet ett stort antal bilder och skisser använts. Syftet är kort och gott att en bild beskriver med lätthet det som 1000 ord beskriver. Det blir lättare för den oinvigde eller de som inte varit på platsen att förstå samband och få en helhet. Därav är slutrapporten i antal sidor förhållandevis omfattande.

Underlag och förutsättningar för utlåtandet

- Insatsrapport samt bilder från insatsens genomförande
- Mediauppslag på internet
- Handlingsprogram om skydd mot olyckor 2008, Värends räddningstjänstförbund
- Riskanalys och statistik, Värends räddningstjänstförbund 2008
- Årsrapport 2008, Värends räddningstjänstförbund
- Förordnande av räddningsledare vid Värends räddningstjänstförbund
- Ledningsdoktrin Värends räddningstjänstförbund
- Instruktion för RCB, IL och SL vid Värends räddningstjänstförbund
- Intervjuer av insatspersonal vid Värends räddningstjänstförbund
- Intervjuer av lokal chef vid AGA Gas i Växjö.
- Platsbesök vid AGA Gas samt Värends räddningstjänst station i Växjö
- AFS 2007:7 (rök och kemdykning)
- FOA:s handbok (nr FOA-D—95-00099-4.9—SE, mars 1995).
- Mattias Sjöström, brandmästare i kombinationsschema mellan insatsledare och brand- olycks- och insatsutredare i Halmstad samt medlem i MSB brandutredarprogram.
- Anders Persson, brandingenjör med operativ roll samt ansvarig för tillstånd och tillsyn inom LBE och tillsyn vid 2:4 anläggningar vid räddningstjänsten i Halmstad.

Bildförteckning

Bild 1. Kartbild över centrala Växjö.	Sida 8
Bild 2. Översiktsfoto över AGA Gas i Växjö.	Sida 8
Bild 3. Bild över risk och skyddsobjekt samt farlig verksamhet i Växjö.	Sida 9
Bild 4. RIB XM Farliga ämnen, flik räddning.	Sida 11
Bild 5. Översiktsfoto AGA Gas Växjö(explosionsplats, uppsamlingsplats etc)	Sida 12
Bild 6. Översiktsfoto över AGA Gas Växjö (inre respektive yttre avspärrningar)	Sida 14
Bild 7. Översiktskarta över AGA Gas i Växjö med explosionsplats och slangdragningsdragning vid insats.	Sida 15
Bild 8. Bedömd skadeplatsorganisation vid insats på AGA Gas.	Sida 23
Bild 9. Geometrisk form på gasmolnet	Sida 25
Bild 10. Gasmolnets utbredning vid tiden 5 respektive 20 sekunder.	Sida 28
Bild 11. Undersökning och metodval.	Sida 31

Tabellförteckning

Tabell 1. Riktlinjer för sannolika effekter av olika ammoniakkoncentrationers påverkan på exponerade människor	Sida 10
Tabell 2. Avståndet L vid koncentration på 100 ppm	Sida 26
Tabell 3. Avståndet L vid koncentration på 50 ppm	Sida 26
Tabell 4. Avståndet L vid koncentration på 300 ppm	Sida 26

Diagramförteckning

Diagram 1. Gasmolnets koncentration och förflyttning som funktion av tiden	Sida 27
---	---------

Bilagor

Bilaga 1. Insatsrapport
Bilaga 2. STEP-matris
Bilaga 3. Avvikelseutredning
Bilaga 4. Beräkningar utifrån underlag från FOA:s handbok (nr FOA-D—95-00099-4.9—SE, mars 1995).
Bilaga 5. Exempel på blankett avslut av räddningstjänst
Bilaga 6. Video om stödjande insats

Utredare

Brandmästare
Mattias Sjöström
2010-03-08

Utredare

Brandingenjör
Anders Persson
2010-03-08

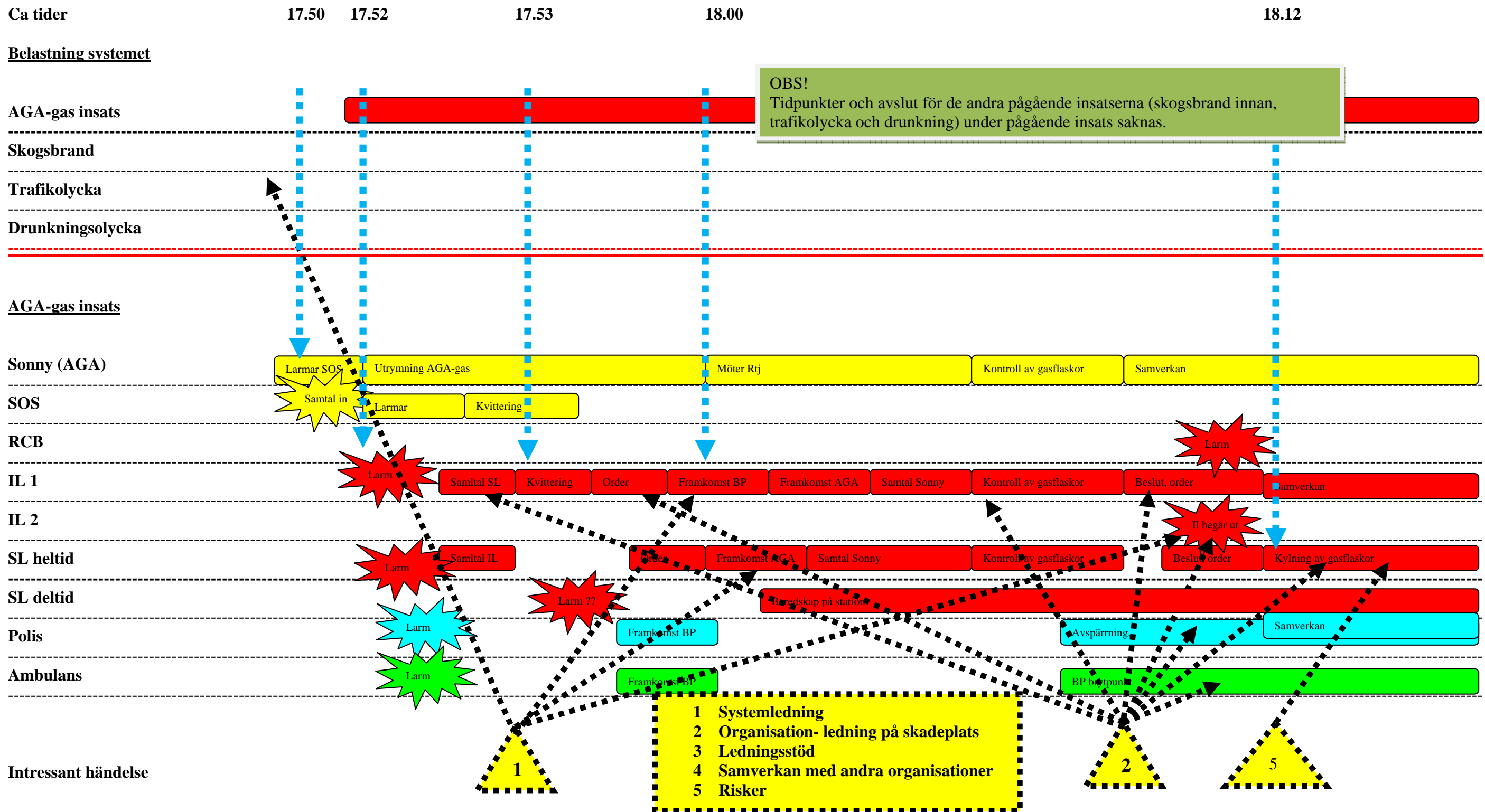
Kvalitetsgranskad

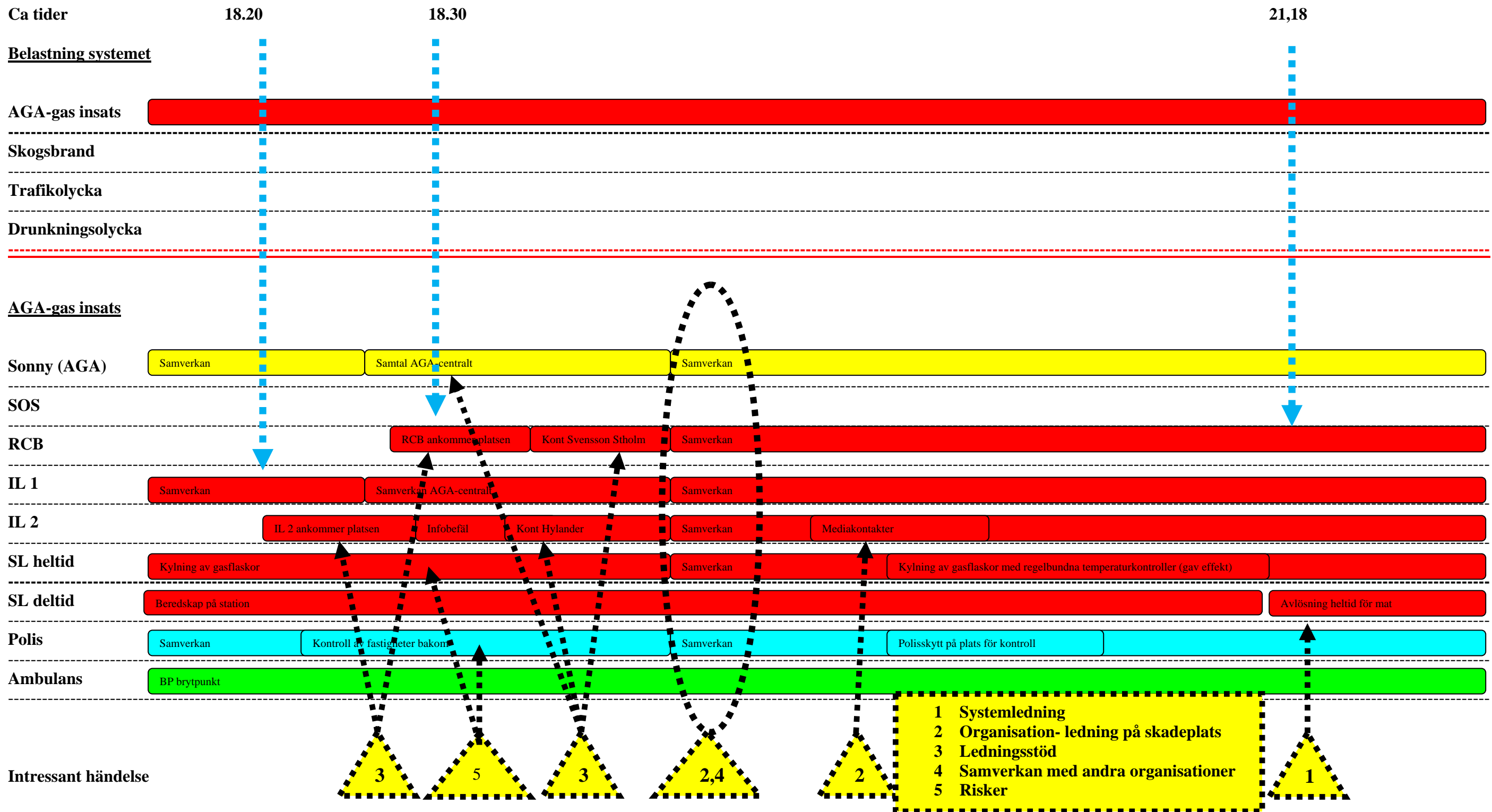
Chef skadeförebyggande avdelningen
Brandmästare
Gert Heinsvig
2010-03-08

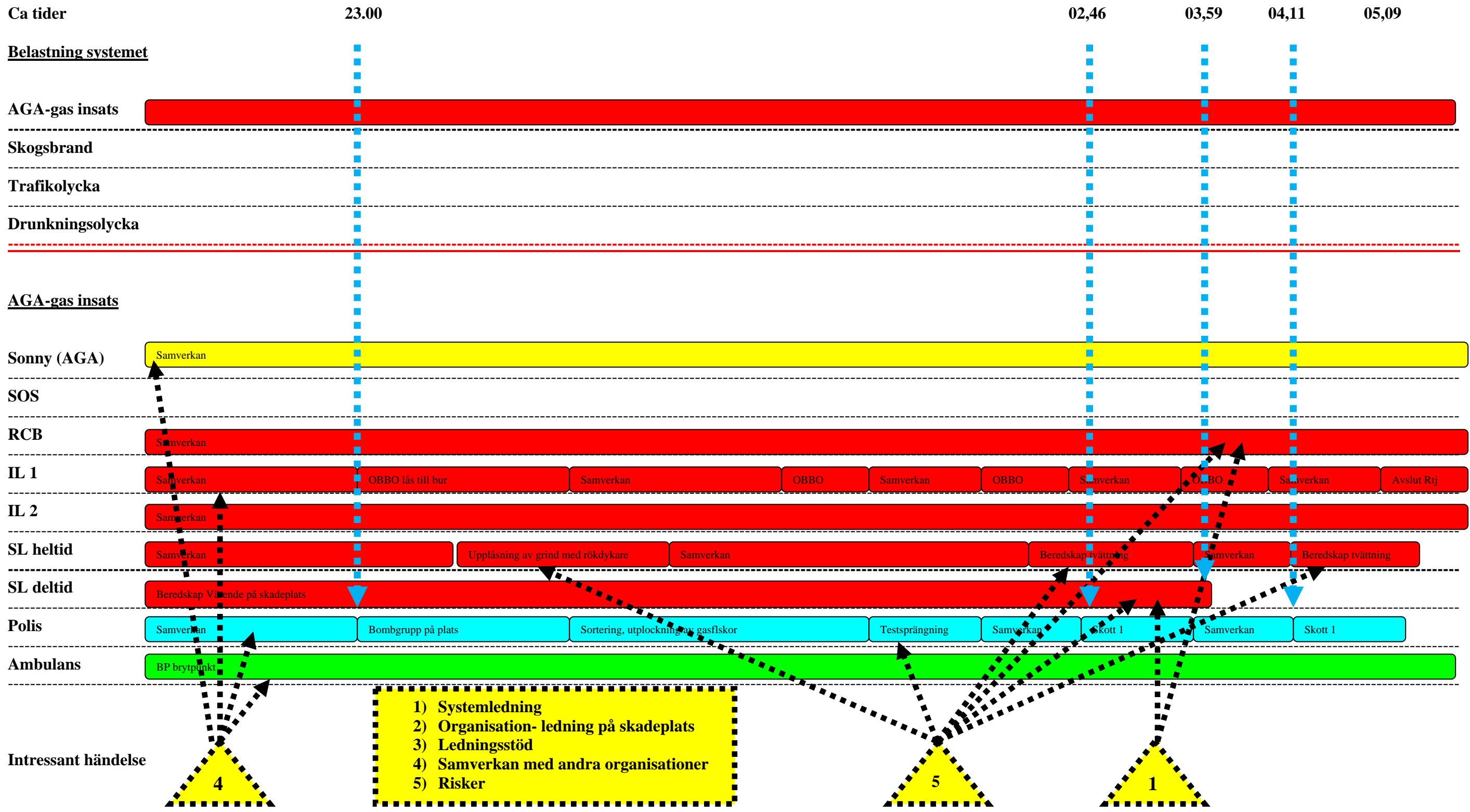
STEP-matris AGA Gas i Växjö

Step-matrisen har tillskapats för att visualisera händelseförloppet och underlätta fortsatt utredningsarbete. I matrisen har intressanta händelsepunkter markerats med en gul/svart triangel. De intressanta händelsepunkter finns sammanställt på sidan fyra i matrisen. Dessa tillsammans med andra intressanta händelser som noterats under utredningens gång, såväl vid intervjuer som i genomgång av insatsrapport och verksamhetsdokumentation av olika slag (tex ledningsdoktrin) har sammanförts i en avvikelsetredning för vidare analys.

Händelse: Explosion i ammoniakgasflaska









Avvikelseutredning AGA Gas i Växjö

Utförligare kommentarer och förklaringar rörande respektive punkter finns i slutrapporten (insatsutredningen)

Nr	Intressant	Påverkan	Typ	Bed.	Åtgärdsförslag	Kom.
	Ledning	Beslut och samverkan				
1	Ledning på station	Ej komplett kemnivåstyrka	TO	3	Utarbeta rutiner för skiftbyten såväl mellan skiflag som mellan de olika befälskategorierna. Brister i systemet som påverkar den operativa förmågan måste vara kända.	Rutiner skiftbyten
2	Ledning under framkörning	Val av brytpunkt, taktik	TS	2	Brytpunkt bedöms vara lämpligare att ha ytterligare en bit ifrån själva skadeplatsen/riskområdet.	Brytpunkt halvhalt
3	Ledning vid ankomst	OBBO- risker, åtgärder	TMO S	3	Framkomst- och lägesrapportering bör ges större vikt framöver.	OSHBIP
4	Ledning på skadeplats	Väldigt många olika förslag. Svårhanterligt för RL Stöd- belastning-	TOS	2	En tydlig skadeplatsorganisation med tydligt utsett ledningsstöd underlättar för räddningsledaren. Ledningsstödet bör samla information, hantera information och utarbeta och prioritera förslag till åtgärder för RL	Max 5-7 kontakt ytor
5	Öppning av gallerbur	Otydlig riskbedömning	TO	3	Räddningsledaren måste göra en tydlig riskbedömning och därefter besluta sig för hur problemet skall lösas. Därefter tilldela uppgift till den personal som bäst löser uppgiften. Endast genomföra ett arbetsmoment själv om uppgiften blir bättre genomförd då (bättre kunskap i arbetsmomentet). AGA måste se över placering av denna typ av utrymme. Möjlighet till säker öppning och eventuell övervakning på distans är en klar fördel.	Ledning AGA gas
6	Bomb- robot (samverkan)	Levde inte upp till räddningstjänstens förväntningar	TOS	2	Räddningstjänsten måste vara tydlig med vad som förväntas av utrustning som tas i anspråk och också informera sig om denna utrustnings kapacitet vid förfrågan. Polisen bör utveckla roboten för fler sysslor inom fler områden om man skall kunna vara en bra hjälp till tex räddningstjänsten. Tex att både kunna hålla och aptera en laddning samtidigt. Att kunna ta och sätta ner materiel i rätt vinkel mot marken.	Ledning Polisen
7	Risk- bedömningar allmänt	Val av teknik, omfattning, dokumentation.	TO	3	Grundfakta, spridningsmodell och riskbedömning bör dokumenteras och kopplas till insatsrapport. AFS 2007:7 och allmänt råd om tillämpning av föreskrift. Räddningsledaren måste tydligt ange vilket riskområde som gäller och därtill koppla korrekt skyddsnivå. Zonindelning (het- varm- och kall) kan med fördel användas. Information till all personal på skadeplats är viktig.	AFS 2007:7 Zonindelning
8	Skadeplatsorganisation	Tydliggör och säkerställer en god ledning	TOS	2	Öva och utbilda era operativa befäl i vikten av en god skadeplatsorganisation. Underlättar såväl ledning som bedömning av risker, val av åtgärder samt information såväl internt som externt i samband med insats. Risker- skyddsnivå- skpl.org- beslut i stort (IDA).	Tydlighet
9	Ledningsstöd till RL	Stöd eller belastning	MOS	2	Räddningsledaren måste avgöra vilket stöd som behövs. Stödet bör organiseras och få en tydlig uppgift som stöd till chefen i detta fall räddningsledaren så att inte stödet blir en belastning.	Lednings stöd

	Risker kem	Beslut och samverkan				
10	Riskbedömning ammoniak	Riskbedömning, riskområde, skyddsnivåer, taktik och teknik etc.	TOS	3	Att efter en första initsial avspärning tillsätta en funktion som får till uppgift att verifiera att satt riskområde är det som även bör gälla längre in i insatsen. Denna funktion kan initsialt använda enkla fältmodeller eller, om tid och utrustning finns tillgänglig, mera precisa modeller.	Nyttja resurser klokt
11	Faktiska risker	Fältmodell av faktisk risk		3	Att använda sig av en fältmodell vilken går ut på att i förväg anta ett gasmolns geometriska utbredning i såväl form som i längd- och höjdd ger ett grovaxat resultat. Tillsammans med kompletterande vittnesuppgifter kan den dock användas för att bedöma risken för kringliggande verksamheter.	
12	Faktiska risker	Modell från FOA:s handbok		2	Att använda sig av en mer djupgående modell tex FOA:s handbok. Bör endast användas då olyckan blivit statisk och då vikten av att kunna förutsäga händelseförloppet överstiger behovet av skadeavhjälpande åtgärder.	

Typ av påverkan
Bedömning

T = Taktik/teknik
0 = Ingen åtgärd

M = Mänskligt
1 = Tänkvärt

O = Organisatoriskt/ledning
2 = Bör åtgärdas

S = Samverkan/samspel/info utbyte
3 = Måste åtgärdas

Avvikelseutredning gjord av Mattias Sjöström och Anders Persson 2009-11-08 tom 2010-01-11

Beräkningarna i denna bilaga är baserade på underlag från FOA:s handbok Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker, nummer FOA-D—95-00099-4.9—SE, mars 1995. För komplett beskrivning av ingående parametrar hänvisas läsaren till ovan nämnda handbok.

Momentan jet: Katastrofalt utsläpp av tryckkondenserad gas

Den modell som beskriver den första spridningen efter en kärleksprängning med tryckkondenserad är *Momentan jet: Katastrofalt utsläpp av tryckkondenserad gas från behållare* och återfinns på sidan 112 i FOA:s handbok. Modellen är giltig fram till den tidpunkt då molnet får snabbare luftinblandning om principer för passiv spridning i neutral atmosfär tillämpas. Molnet antas få formen av en stående cylinder med höjden H och radien R. All aerosol antas förångas.

Molnets volymtillväxt beskrivs med följande uttryck:

$$V(t) = 0,134E^{9/16} \cdot V_{go}^{5/8} \cdot t^{9/8} \quad \text{om } t \leq t_A \quad [6:29]$$

Indata för aktuellt scenario

$M_0 = 13,8 \text{ kg}$	$T_f = 286 \text{ K}$	$T_a = 286 \text{ K}$
$U_w = 2 \text{ m/s}$	$T_b = 240 \text{ K}$	$C_f = 4,6 \cdot 10^3 \text{ J/kgK}$
$m_g = 17,03 \text{ kg/kmol}$	$h_{gf} = 1371 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$	$C_{pg} = 2065 \text{ J/kgK}$
$m_a = 28,8 \text{ kg/kmol}$	$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$	$C_{pa} = 1200 \text{ J/kgK}$

Beräkning av modellparametrar

E är en explosionsenergi som kan approximeras till:

$$E = C_f \left[T_f - T_b - T_b \ln \frac{T_f}{T_b} \right] \quad [6:30]$$

$$E = 4,6 \cdot 10^3 \left[286 - 240 - 240 \ln \frac{286}{240} \right]$$

$$E = 18010 \text{ J/kg}$$

V_{go} är en modellparameter som ges av:

$$V_{go} = \frac{2m_a}{m_g} \cdot \frac{M_0}{\rho_a} \quad [6:31]$$

$$V_{go} = \frac{2 \cdot 28,8}{17,03} \cdot \frac{13,8}{1,2}$$

$$V_{go} = 38,9 \text{ m}^3$$

Aktuell modell är gällande då tiden $t \leq t_A$, t_A ges av uttrycket

$$t_A = 1,05 \cdot \frac{E^{3/10} \cdot V_{go}^{1/3}}{U_w^{8/5}} \quad [6:32]$$

$$t_A = 1,05 \cdot \frac{18010^{3/10} \cdot 38,9^{1/3}}{2^{8/5}}$$

$$t_A = 22 \text{ s}$$

På grund av nedkylning av inblandad luft kan tunggaseffekterna vara stora. För att beakta detta ersätts den utsläppta gasen med en gas som har samma temperatur som omgivande atmosfär, men med en avvikande "effektiv" molekylvikt m_{ge} . M_{ge} ges av

$$m_{ge} = m_g + m_g \left[\frac{h_{gf}}{C_{pa} T_a} + \frac{C_{pg}}{C_{pa}} \cdot \frac{(T_a - T_f)}{T_a} \right] \quad [6:33]$$

$$m_{ge} = 17,03 + 17,03 \left[\frac{1371 \cdot 10^3}{1200 \cdot 286} + \frac{2065}{1200} \cdot \frac{(286 - 286)}{286} \right]$$

$$m_{ge} = 85 \text{ kg / kmol}$$

Molnets horisontella radie följer

$$R(t) = 0,40 E^{3/16} \cdot V_{go}^{5/24} \cdot t^{3/8} \quad [6:34]$$

Om t_B är större än t_A så gäller ekvation [6:34] för hela giltighets området $t < t_A$, och t_B ges av

$$t_b = 0,000128 \left[\frac{\rho_a}{g V_\infty (\rho_g - \rho_a)} \right]^2 E^{3/2} V^{5/3} \quad [6:38]$$

$$t_b = 0,000128 \left[\frac{1,2}{9,81 \cdot 3,9 \cdot (3,54 - 1,2)} \right]^2 \cdot 19010^{3/2} \cdot 38,9^{5/3}$$

$$t_b = 24,8 \text{ s}$$

$t_B > t_A$ vilket ger att ekvation [6:34] kan användas i tidsspannet $t = 0 \text{ s}$ till $t = 22 \text{ s}$

Beräkning av gasspridning

Med givna modellparametrar kan ekvation [6:29] och [6:34] förenklas

$$V(t) = 0,134E^{9/16} \cdot V_{go}^{5/8} \cdot t^{9/8} \quad t \leq t_A$$

$$V(t) = 0,134 \cdot 18010^{9/16} \cdot 38,9^{5/8} \cdot t^{9/8}$$

$$V(t) = 327 t^{9/8}$$

$$R(t) = 0,40E^{3/16} \cdot V_{go}^{5/24} \cdot t^{3/8}$$

$$R(t) = 0,40 \cdot 18010^{3/16} \cdot 38,9^{5/24} \cdot t^{3/8}$$

$$R(t) = 5,4 t^{3/8}$$

Nästan omedelbart efter utsläppet utgör luft molnets majoritetssubstans och molnets centrumavstånd till utsläppspunkten kan approximeras med ekvation [6:40]. Molnets höjd följer ekvation [6:41] och medelkoncentrationen ekvation [6:42]

$$X(t) = U_w \cdot t \quad [6:40]$$

$$H(t) = \frac{V(t)}{\pi[R(t)]^2} \quad [6:41]$$

$$\bar{C}(t) = \frac{V_{go}}{2V(t)} \quad [6:42]$$

Resultatet redovisas i **tabell 1** och i **diagram 1**

Tid efter utsläpp (s)	Förflyttning av molnets centrum (m)	Radie på molnet (m)	Molnets totala förflyttning i vindriktning (m)	Höjd på molnet (m)	Medelkoncentration (vol%)	Medelkoncentration (ppm)
1	2	5,4	7,4	3,6	5,95	59500
5	10	9,9	19,9	6,5	0,97	9700
10	20	12,8	32,8	8,5	0,45	4500
20	40	16,6	56,6	11	0,2	2000

Tabell 1

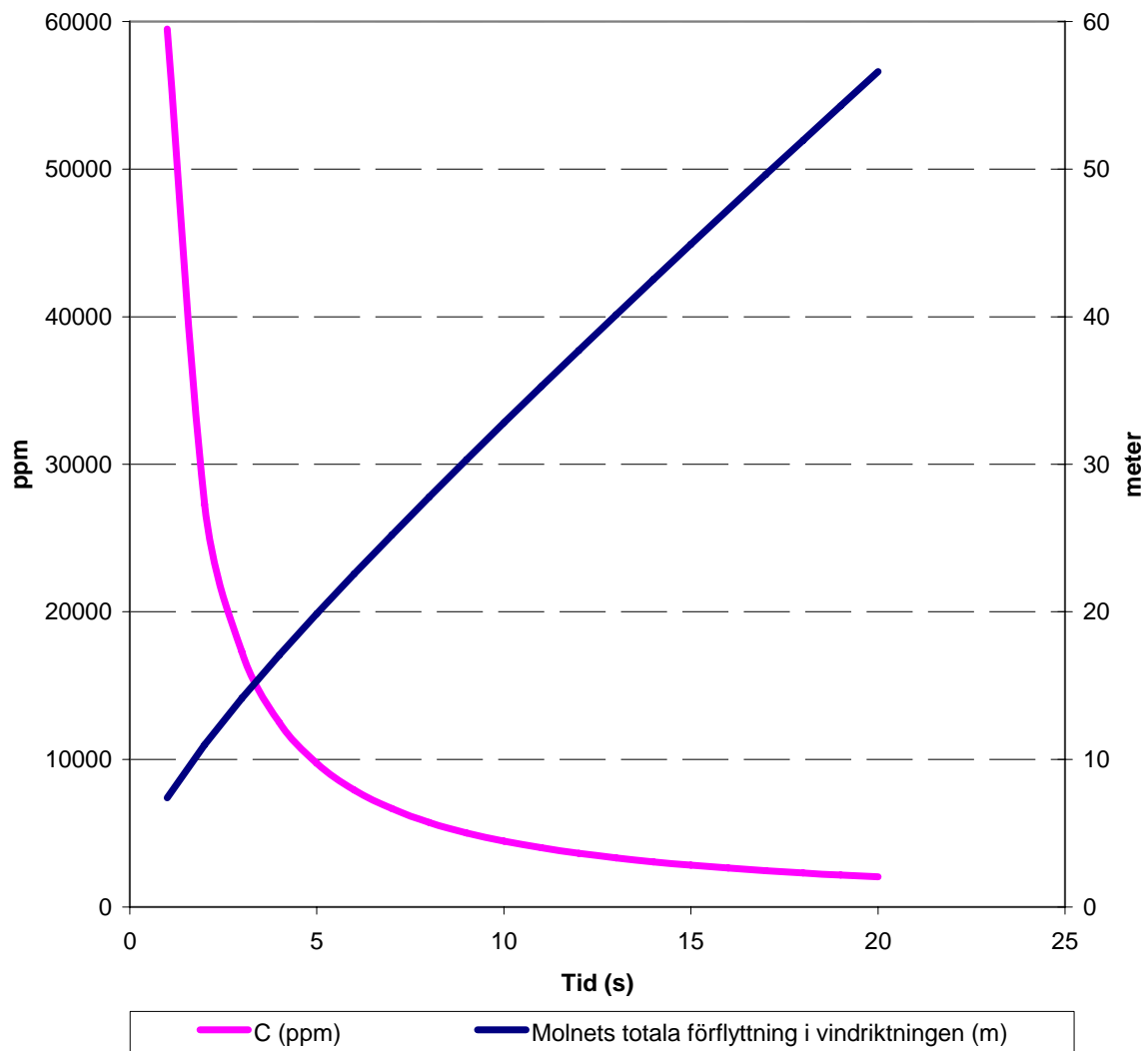


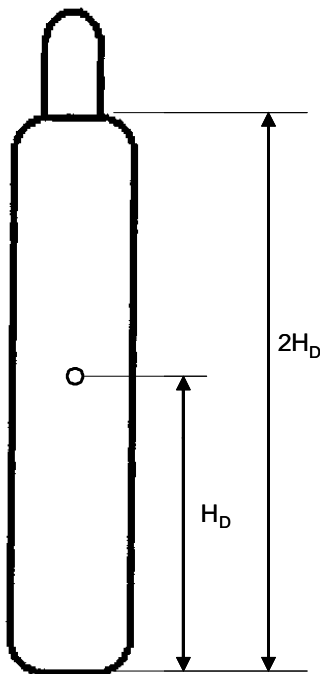
Diagram 1. Gasmolnets koncentration och förflyttning som funktion av tiden

Utströmning av tryckkondenserad gas från behållare med hål i manteln

De modeller som beskriver utströmningen vid ett hål i manteln till en behållare med tryckkondenserad gas är de som återfinns i kapitel 5.3 och 5.4 i FOA:s handbok. Vid beräkningarna har en del antaganden. Antagandena redovisas löpande i beräkningarna. Grundläggande är dock att det antas att behållaren har en innerdimension med höjden 1 meter och en diameter på 0,15 meter. Höjden påverkar utströmningstiden, medan diametern används för att verifiera att använda formler är giltiga för scenariot. Det antas att flaskan beskjuts med kaliber .308 och att kulan träffar flaskan på halva flaskhöjden. Enligt SRV:s rapport *Beskjutning av acetylen gasflaskor inomhus* blir hålet i manteln 8 millimeter i diameter.

Utströmning av ammoniak i vätskefas

Eftersom flaskan är stumfylld kommer hålet att uppstå i vätskefasen, oavsett var det uppstår, men det antas att hålet är på halva höjden.



Figur 1. Placering av hålet på gasflaskan som beskjuts

Utströmningen av ammoniak i vätskefas ges av ekvation [5:12] där C_d sätts till 0,6 för att motsvara hål med skarpa kanter.

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho_f}} \quad [5:12]$$

Densiteten används för att räkna ut ammoniaks specifika volym i vätskefas.

$$\rho = 620 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow v = \frac{1}{620} = 0,001613 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_0 = 676 \cdot 10^3 \text{ Pa} \text{ (Ammoniaks ångtryck vid rådande temperatur)}$$

$$P_a = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} \text{ (Omgivningstryck)}$$

Arean på ingångshålet beräknas

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} = 5,027 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$C_d = 0,6 \text{ (skarpkantat hål)}$$

$$Q_1 = 0,6 \cdot 5,027 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{2(676 \cdot 10^3 - 101,3 \cdot 10^3)}{0,001613}} = 0,8 \text{ kg/s}$$

Massflödet ut från flaskan är 0,8 kg/s så länge vätskenivån är över hålet. För att bestämma varaktigheten av vätskeutströmningen beräknas ammoniakens massa ovanför hålet.

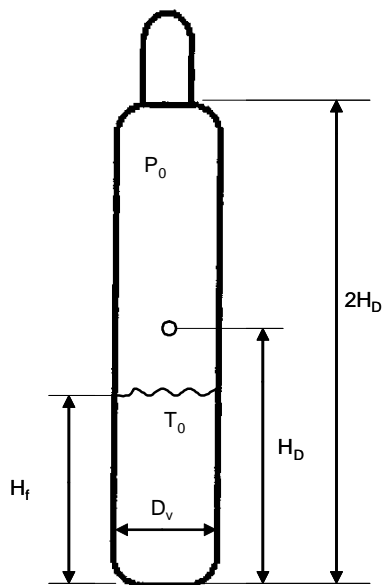
$$M(\text{ovan skotthål}) = \frac{1}{2} M_{\text{tot}} = \frac{1}{2} \cdot 13,6 = 6,8 \text{ kg}$$

Utströmningstiden beräknas till

$$t_1 = \frac{M}{Q} = \frac{6,8}{0,8} = 8,5 \text{ s}$$

Under utsläppets första 8,5 sekunder kommer ett ammoniakläcka ut med ett massflöde på 0,8 kg/s.

Utströmning av ammoniak i gasfas - tvåfasutströmning



Figur 2. Beskrivning av parametrar

För att tvåfasutströmning ska inträffa måste villkor i ekvation [5:26] och [5:27] vara uppfyllda.

$$\left(\frac{D}{D_v}\right)^2 \cdot 0,6\sqrt{R_s T_0} > u_r \left(\frac{H_D - H_f}{H_D}\right) \left(\frac{H_f}{H_D}\right) \quad [5:26]$$

$$\frac{H_f}{H_D} > \frac{1}{2} \quad [5:27]$$

R_s är gaskonstanten för ånga och u_r är hastigheten definierad enligt ekvation [5:28]

$$R_s = \frac{R_*}{m} = \frac{8314}{17.03} = 488 \quad [4:9]$$

Med ekvation [4:9] kan R_s överskattas med 20-30 %.

$$u_r = 1,2 \left[\sigma g \left(\frac{1}{\nu_f} - \frac{1}{\nu_{go}} \right) \right]^{1/4} \cdot \nu^{1/2} \quad [5:28]$$

Antag : $\sigma = 0,03 \text{ N/m}$

$$u_r = 1,2 \left[0,03 \cdot 9,81 \left(\frac{1}{0,001613} - \frac{1}{1,41} \right) \right]^{1/4} \cdot 0,001613^{1/2} = 0,177$$

Antag att flaskan är 1,0 meter hög $\Rightarrow H_D = 0,5 \text{ m}$

$$\left(\frac{0,008}{0,15}\right)^2 \cdot 0,6\sqrt{488 \cdot 286} > 0,177 \cdot \left(\frac{0,5 - 0,25}{0,5}\right) \left(\frac{0,25}{0,5}\right)$$

Tvåfasutströmning sker tills $H_f = \frac{H_D}{2}$ för då uppfylls inte längre villkoren enligt [5:27].

Massflödet vid tvåfasutströmning sker enligt nedanstående villkor, där η_λ ges av [5:22]

$$Q = A \eta_\lambda \cdot \frac{h_{fgo}}{\nu_{gfo}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_f T_0}} \quad [5:29]$$

Antag godstjocklek på 3,5 mm $\Rightarrow L = 3,5 \text{ mm}$

$$\eta_\lambda = \frac{1}{\left(1 + 0,012 \cdot \frac{L}{D}\right)^{1/3}} = \frac{1}{\left(1 + 0,012 \cdot \frac{3,5}{8}\right)^{1/3}} \approx 1 \quad [5:22]$$

$$v_{fgo} = v_{go} - v_f = 1,41 - 0,001613 \approx 1,41$$

$$Q_2 = 5,027 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot \frac{1371 \cdot 10^3}{1,41} \cdot \frac{1}{\sqrt{4,6 \cdot 10^3 \cdot 286}} = 0,043 \text{ kg/s}$$

¼ av massan flödar ut med massflödet Q_2

$$t_2 = \frac{3,4}{0,043} = 79 \text{ s}$$

Massflöded vid tvåfasutströmning blir således 0,043 kg/s med en varaktighet på 79 sekunder.