



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg

2011-10-05

Upprättad av: Mathias Hamrefält
Granskad av: Johan Lundin
Godkänd av: Fredrik Larsson

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg

Kund

Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret

Konsult

WSP Brand & Risk

Box 13033

40251 Göteborg

Besök: Rullagergatan 4

Tel: +46 31 727 25 00

Fax: +46 31 727 25 01

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

www.wspgroup.se

Kontaktpersoner

Fredrik Larsson tel 031 – 727 28 31

Mathias Hamrefält tel 031 – 727 29 07

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Sammanfattning

WSP har av fått i uppdrag av Göteborgs Stad – Stadsbyggnadskontoret att genomföra en detaljerad riskbedömning för detaljplan kring Gårdstensvägen inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg.

Syftet med riskbedömningen är att utgöra beslutsunderlag för lämpligheten av detaljplanen och dess planerade verksamheter i Gårdsten.

Målet med riskbedömningen är att identifiera risker vilka kan påverka detaljplanen, uppskatta riskernas storlek, värdera riskerna samt ange eventuellt behov av riskreducerande åtgärder.

WSP bedömer att risknivåerna blir acceptabla utifrån de illustrationskartor som erhållits. Kritiska avstånd enligt beräkningar för individrisken ligger 25 meter från väggkant och aktuella byggnader planeras att uppföras på ett minsta avstånd av 50 meter från väggkant.

Samhällsrisk ligger till vissa delar inom det så kallade ALARP-området, detta på grund av den relativt höga persontätheten i området (4000 personer per kvadratkilometer).

Riskreducerande åtgärder skall vidtas om risken ligger inom ALARP- området. WSP rekommenderar därför följande tre åtgärder för att minska konsekvensen på personer vilka kommer att arbeta och nyttja området/byggnaderna närmast vägsträckningen.

- Friskluftsintag på byggnader närmast Gårdstensliden alternativt Norrleden placeras på motsatt sida vägens sträckning. Vidare skall ventilationen även förses med möjlighet till central avstängning i anslutning till någon av entréerna.
- Terrasser och uteplatser för de byggnader som ligger närmst Gårdstensliden alternativt Norrleden ska placeras in mot planområdet. Terrasser och uteplatser får inte placeras ut mot vägsträckningen.
- Utrymningsmöjligheter från byggnaderna in mot planområdet ska upprättas eftersom utrymning ska kunna ske bort från riskkällan (Gårdstensliden alternativt Norrleden).

Ur risksynpunkt anses slutligen inget hinder föreligga för att genomföra aktuellt plan förslag under förutsättning att ovanstående åtgärder vidtagits.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	5
1.2	Avgränsningar	5
1.3	Styrande dokument	5
1.4	Kvalitetssäkring	6
1.5	Revideringar	6
2	Områdesbeskrivning	7
2.1	Vägar	7
3	Omfattning av riskhantering	8
3.1	Begrepp och definitioner	8
3.2	Metod för riskidentifiering	9
3.3	Metod för riskuppskattning	9
3.4	Riskmått	9
3.5	Metod för riskvärdering	11
3.6	Metod för identifiering av möjliga riskreducerande åtgärder	12
4	Riskidentifiering	13
4.1	Transportleder för farligt gods	13
4.2	Transport av farligt gods på Gårdstensliden och Norrleden	14
5	Resultat	16
5.1	Individrisk	16
5.2	Samhällsrisk	17
6	Riskreducerande åtgärder	18
6.1	Ventilationsåtgärder	18
6.2	Terrasser och uteplatser	18
6.3	Utrymningsvägar	18
7	Osäkerheter	19
8	Slutsatser	20
Bilaga A	Statistiskt underlag	21
A.1	Beräkning av olycksfrekvens	21
A.2	Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna	21
Bilaga B	Frekvensberäkningar	22
B.1	ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	22
B.2	ADR-S Klass 2 – Gaser	25
B.3	ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor	29
B.4	ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	31
B.5	Ackumulerad olyckspåverkan	34
Bilaga C	Konsekvensberäkningar	36
C.1	Persontäthet	36
C.2	Antagande om olyckans placering	38
C.3	ADR-S klass 1 - Explosiva ämnen	38
C.4	ADR-S klass 2 – Gaser	39
C.5	ADR-S klass 3	42
C.6	ADR-S klass 5	43
Bilaga D	Åtgärder	44
Bilaga E	Resultat	45
E.1	Individrisk	45
E.2	Samhällsrisk	46
Bilaga F	Litteraturförteckning	47

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



1 Inledning

WSP har av fått i uppdrag av Göteborgs Stad – Stadsbyggnadskontoret att genomföra en detaljerad riskbedömning för detaljplan kring Gårdstensvägen inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg.

Göteborgs Stadsbyggnadskontor, arbetar idag med att ta fram en detaljplan för området söder om Gårdstensvägen mitt i mellan Angeredsbron och Angereds centrum. Området innefattar fastigheterna Gårdsten S:27 samt del av 19:1 och 45:1 belägna intill den sekundära transportleden Gårdstensliden. Aktuell rapport kommer att betrakta Gårdstensliden och en framtida sträckning av Norrleden som primära riskkällor (på aktuella vägar transporteras/kommer det transporteras farligt gods). Detaljplanen är tänkt att nyttjas för enbart kontorsbyggnader och industriverksamheter.

Göteborgs Stad tillämpar *Riskhantering i detaljplaneprocessen* (1), för länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland, vilken förespråkar att riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt gods-led. Planområdet ligger även inom Göteborgs Stads angivna fysiska ram (2), vilket medför att 30 meter från farligt gods-leder ej skall exploateras, samt att en riskbedömning skall utföras invid förnyelseområden 100 meter kring transportleder för farligt gods.

En riskbedömning för aktuellt planförslag beläget 50 meter från farligt godsled skall således upprättas och utgöra beslutsunderlag för lämpligheten av planen och dess verksamhet.

1.1 Syfte och mål

Syftet med riskbedömningen är att utgöra beslutsunderlag för lämpligheten av detaljplanen och dess planerade verksamheter i Gårdsten.

Målet med riskbedömningen är att identifiera risker vilka kan påverka detaljplanen, uppskatta riskernas storlek, värdera riskerna samt ange eventuellt behov av riskreducerande åtgärder.

1.2 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses endast risker förknippade med transport av farligt gods på den befintliga Gårdstensvägen samt eventuellt ny dragning av Norrleden. De risker som har beaktats är uteslutande sådana som är förknippade med plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande skador för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personsäkerheten i området. Detta innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller liknande.

Resultatet av riskbedömningen gäller under, i denna rapport, angivna förutsättningar. Om någon förutsättning förändras kan riskbedömningen behöva uppdateras.

1.3 Styrande dokument

Enligt Plan- och Bygglagen (2010:900) ska .../ bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till .../ människors hälsa och säkerhet ... (2 kap. 5§) och att .../ bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till .../ skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser ... (2 kap. 6§).

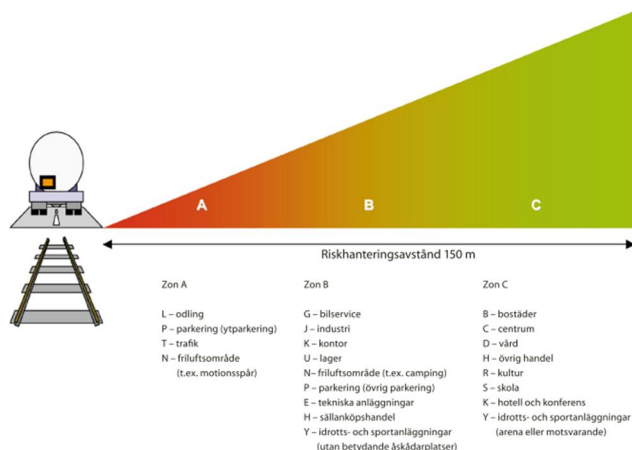
Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Riskhantering i detaljplaneprocessen (1) utgör generella rekommendationer beträffande vilka krav som bör ställas på riskanalyser för bland annat planärenden. De skyddsavstånd och hänsynsregler som finns i dessa rekommendationer har beaktats vid genomförandet av denna riskbedömning.

Utöver ovan nämnda rekommendationer och riktlinjer finns det dokument som anger hur riskhänsyn kan tas i olika sammanhang. Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, beskriver i *Översiktsplanen Göteborgs Stad - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods* (2) att en fysisk ram på 100 meter skall beaktas då nya handelsområden planeras.

Vidare anges att inom 100 m från en transportled för farligt gods bör en riskanalys alltid finnas med i beslutsunderlaget. Det sistnämnda ändrades dock under 2006, då länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län tog fram en gemensam policy avseende riskhantering i detaljplaneprocessen vilken innebär att riskhanteringsprocessen ska beaktas i detaljplaneprocessen inom 150 meter från en transportled för farligt gods (1). Rekommenderade avstånd till olika typer av markanvändning kommer dock att kvarstå.



Figur 1.1. Zonindelning för riskpolicyns riskhanteringsavstånd. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering (1).

1.4 Kvalitetssäkring

Rapporten är upprättad av Mathias Hamrefält (Civilingenjör Riskhantering och Brandingenjör) samt Fredrik Larsson (Civilingenjör Riskhantering och Brandingenjör) som tillika varit uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Johan Lundin (Teknologie doktor).

1.5 Revideringar

Rapporten är reviderad och utgör nu en slutgiltig handling. Avsnitt som reviderats sedan granskningshandlingen markeras med streck i högermarginalen.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



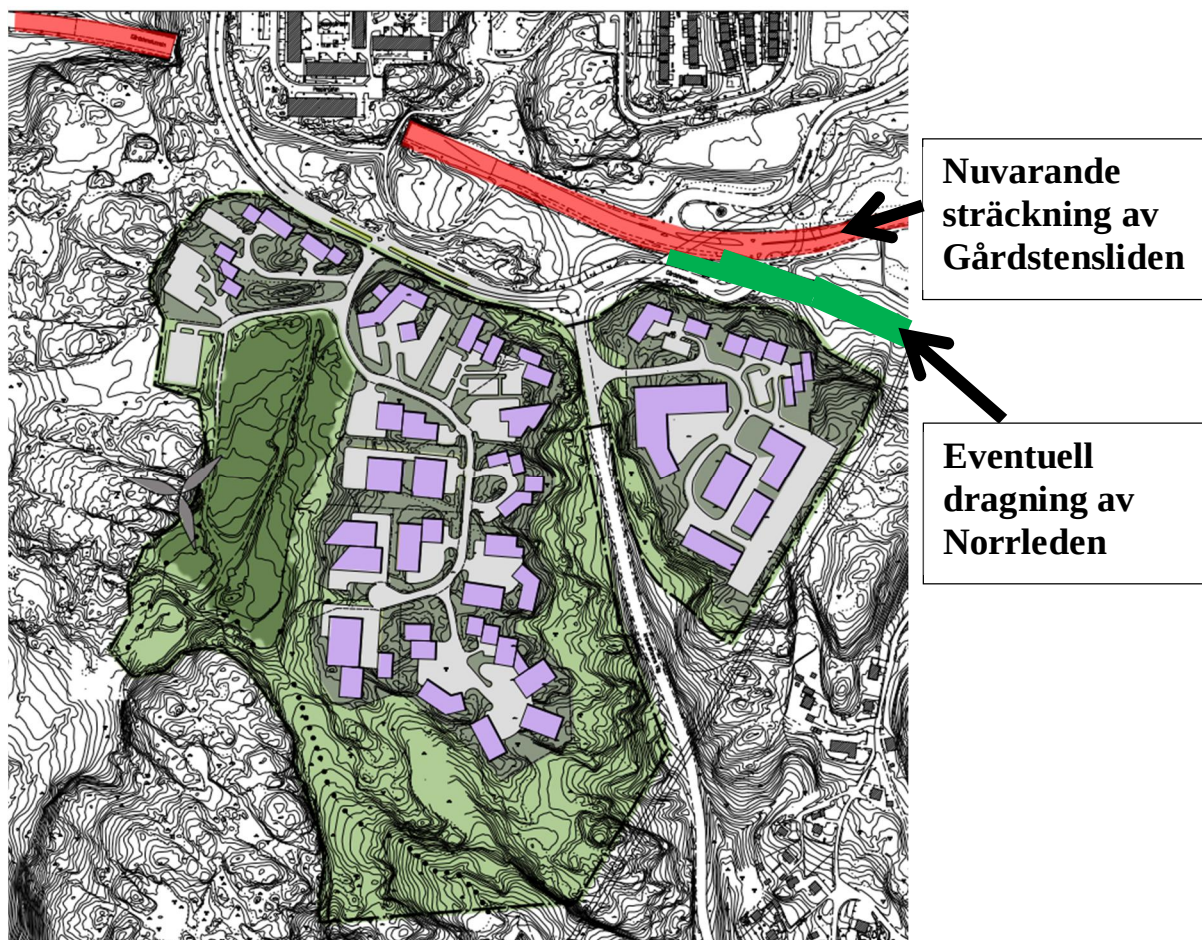
2 Områdesbeskrivning

Utformning av området illustreras i Figur 2.1 där verksamhetsytorna inom illustrationsbilden planeras för industri och kontor. Inom de norra delarna föreslås högre byggnader (10 våningar, högsta höjd 39 meter), i resten av områdena föreslås byggnader av 12-16 meters höjd. Tomter för de föreslagna verksamheterna uppgår till totalt cirka 12,4 ha, vilket är ungefär 42 % av planens totala yta (3).

2.1 Vägar

Nuvarande vägavsnitt förbi planområdet utgörs av Gårdstensliden vilken har hastighetsbegränsning 70 km/h och ett trafikflöde på 16500 fordon/dygn.

Framtida ändring/dragning av vägen förbi planområdet kommer eventuellt att utgöras av Norrleden vilken har hastighetsbegränsning 90 km/h och ett trafikflöde för år 2020 på 19000 fordon/dygn (3). Gårdstensliden och Norrleden kommer att utgöra samma vägavsnitt då/om Norrleden byggs. Samspelet mellan vägarna är att Gårdstensliden ersätts då/om Norrleden byggs.



Figur 2.1 Illustrationskarta (4) för nuvarande detaljplaneförslag, med befintlig sträckning av farligtgodsled (Gårdstensliden och Norrleden). Byggnader inom detaljplanen planeras som närmast 50 meter från vägkant.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



3 Omfattning av riskhantering

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i denna riskbedömning samt de metoder som används. En mer detaljerad beskrivning av beräkningar samt underlag finns i bilagorna sist i denna handling.

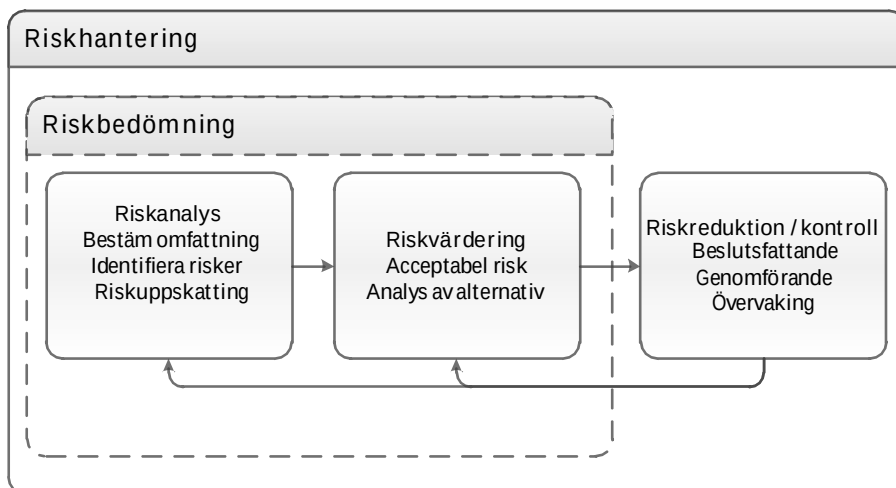
3.1 Begrepp och definitioner

I samband med hantering av risker används olika begrepp. Nedan beskrivs de som används i denna riskbedömning, samt vilken innebörd begreppen tillskrivits.

Med *risk* avses kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvens.

Riskanalys omfattar, i enlighet med internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (5), (6), dels *riskidentifiering* och dels *riskuppskattning*. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och *frekvens* används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 3.1 Riskhanteringsprocessen.

I en detaljerad (kvantitativ) analys uppskattas sannolikhet med frekvenser i form av händelser per år, och konsekvens med exempelvis antal omkomna.

Efter att riskerna analyserats görs en *riskvärdering* för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas *riskreduktion/kontroll*. I detta steg fattas beslut, mot bakgrund av den värdering som har gjorts, om vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas. I bästa fall kan riskerna elimineras helt, men oftast är det endast möjligt att reducera dem. En viktig del i riskreduktion/kontroll är att se till

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



att föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs och följs upp. Uppföljningen ska göras för att kontrollera om de genomförda åtgärderna reducerar riskbilden tillräckligt.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, se Figur 3.1, medan *riskbedömning* normalt enbart avser analys och värdering av riskerna.

3.2 Metod för riskidentifiering

De risker som bedömts relevanta att studera i denna kvantitativa analys är de risker som genereras av de farligt godstransporter som går på nuvarande sträckning av Gårdstensliden samt den framtida dragningen av Norrleden.

3.3 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Utifrån händelseträd över olyckor har frekvenserna för de olika scenarierna skattats. Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Händelseträden samt konsekvensuppskattningar och antaganden kring dessa redovisas i detalj i bilagorna.

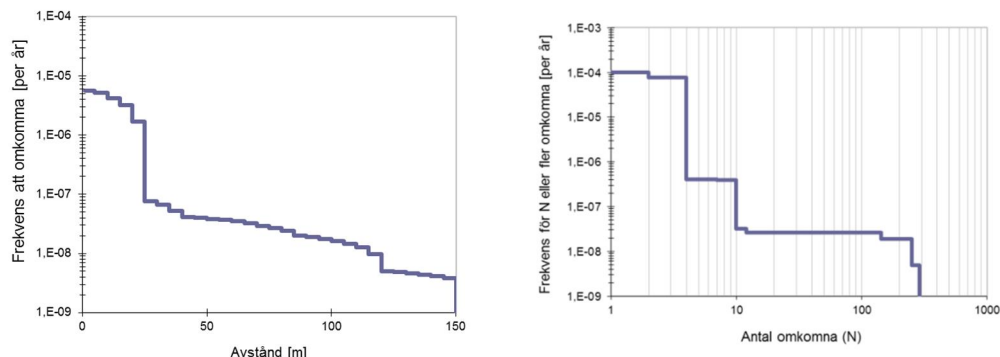
3.4 Riskmått

I denna riskbedömning har riskmåten *individrisk* och *samhällsrisk* använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Fördelen med att använda sig av både individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område, är att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande, samtidigt som det tas hänsyn till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

Exempel på presentation av individrisk och samhällsrisk ges i Figur 3.2 och en närmare beskrivning följer i avsnitten nedan.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur 3.2 Exempel på individriskprofil till vänster samt samhällsriskprofil (F/N kurva) till höger.

3.4.1 Individrisk

Individrisken anger en frekvens per år att en person omkommer på en given plats, oftast ett avstånd från en riskkälla, så som en farligt gods-led. Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riksmåttet är att se till att enskilda individer inte utsätts för icke tolerabla risknivåer.

Individrisken redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att per år att en person omkommer som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 3.2 (vänster).

3.4.2 Samhällsrisk

Till skillnad från individrisken, så mäter samhällsrisk antalet personer som skadas/omkommer samtidigt till följd av de olyckor som kan ske. Då beaktas befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Till skillnad från beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 3.2 (höger), som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst utfall, t.ex. antal omkomna (N) till följd av en eller flera olyckor.

I F/N-kurvan kan ses hur ofta (frekvensen) olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens. Eftersom axlarna i grafen är logaritmiska är det svårt att avgöra hur stor skillnaden mellan två (eller flera) givna kurvor är. Därför kan samhällsrisk även presenteras som ett förväntat antal omkomna per år. Detta tal kan ses som ett sorts medelvärde. Grafen tillsammans med det förväntade antalet omkomna skall ses som ett komplement till varandra.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



3.5 Metod för riskvärdering

Värdering av risker har sin grund i hur risker upplevs. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

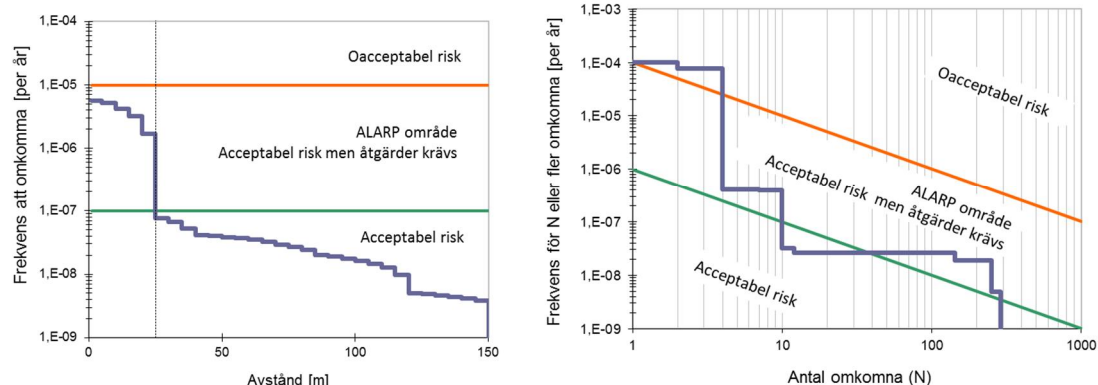
- *Rimlighetsprincipen*: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.
- *Proportionalitetsprincipen*: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
- *Fördelningsprincipen*: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- *Principen om undvikande av katastrofer*: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier (7) gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriseras i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller ej acceptabla. Som acceptanskriterier för individ- och samhällsrisk används i denna rapport de som är framtagna av DNV på uppdrag av Räddningsverket.

Följande förslag till tolkning rekommenderas (7). Kriterierna kvantifieras och illustreras grafiskt i Figur 3.3.

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, dock ska alla möjliga åtgärder till riskreduktion utföras. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur 3.3 Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk utifrån DNV (7). Inga kriterier finns för det förväntade antalet omkomna per år. Detta riskmått används som komplement vid jämförelser av samhällsrisk.

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel. Den övre gränsen markeras med röd linje, och den undre med grön linje som illustrerat i Figur 3.3. Kriterierna för samhällsrisk är avpassade för sträckor på 1 km.

3.6 Metod för identifiering av möjliga riskreducerande åtgärder

Om risknivån inte bedöms som acceptabel, ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskreducerande åtgärder identifieras vid behov utifrån Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (8), vilket kombineras med det aktuella projektets förutsättningar. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



4 Riskidentifiering

Gårdstensliden och den eventuellt framtida dragningen av Norrleden utgör/kommer att utgöra primär farligt gods-led vilket har identifierats som riskkälla för området. En olycka involverande fordon som transporterar kemikalier eller andra farliga ämnen kan resultera i skadade och omkomna personer. Inga övriga verksamheter i området har identifierats som bedöms kunna påverka risknivån i planområdet.

4.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods, om det inte hanteras rätt under transport. Farligt gods delas in i nio olika klasser utifrån ett klassificeringssystem som baseras på vilken riskkategori det farliga godset tillhör. Klassificeringssystem för vägtransporter är ADR-S (9). I Tabell 4.1 visas en kortfattad genomgång av respektive klass, för att övergripande belysa möjliga konsekvensområden vid en olycka med farligt gods.

Tabell 4.1 Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S Klass	Ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning, liv
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (9).	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppmot 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppmot 700 m (10).
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningsseffekt eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte större än omkring 30 m för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



ADR-S Klass	Ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning, liv
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 150 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat, vanligtvis små mängder,	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (11). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 4.1 samt statistik över transporterade mängder bedöms det som relevant att beakta olyckor med fordon som transporterar ADR-S klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd eller, om en olycka sker, inte bedöms ge så stora konsekvenser att det påverkar området.

4.2 Transport av farligt gods på Gårdstensliden och Norrleden

Gårdstensliden är angiven som sekundärtransportled men betraktas som en primär transportled i aktuell analys på grund av eventuellt framtida utveckling av Norrleden. I stadsbyggnadskontorets planprogram (3) beskrivs det att Gårdstensliden utgör (A-led), aktuell analys tar därmed höjd för att aktuella vägar kan komma att utgöra framtida A-led. Inga restriktioner vad gäller klasser anges därmed.

Från och med 2008 redovisas antal transporter samt transporterad mängd farligt gods inom ADR-S i den officiella statistiken. Eftersom det inte finns någon detaljerad statistik över fördelningen av klasser för Gårdstensliden och Norrleden har ett riksgenomsnitt använts. Antalet fordonsrörelser för vägavsnittet är enligt Göteborgs stads stadsbyggnadskontor, planbeskrivning, cirka 15700 fordon/dygn i dagsläget. Framtida trafikprognoser (år: 2020) för vägsträckningen anses vara cirka 19000 fordon/dygn.

År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 godstransporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton (12).

Tabell 4.2 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet år 2008-2009, vilket anses representera den undersökta vägsträckan, (13), (12). Tabellen redovisar endast de klasser som anses intressanta utifrån transporterad mängd och konsekvensens bidrag till risken.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Tabell 4.2. Fördelning av olika huvudklasser enligt ADR för väg (avser antalet transporter). Fördelningen avser riksgenomsnitt och bedöms gälla på Gårdstensliden och Norrleden.

	Gårdstensliden	Norrleden
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	33	38
ADR-S klass		
1	3%	3%
2.1	8%	8%
2.3	0%	0%
3	69%	69%
5	3%	3%
Övriga	16%	16%

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling

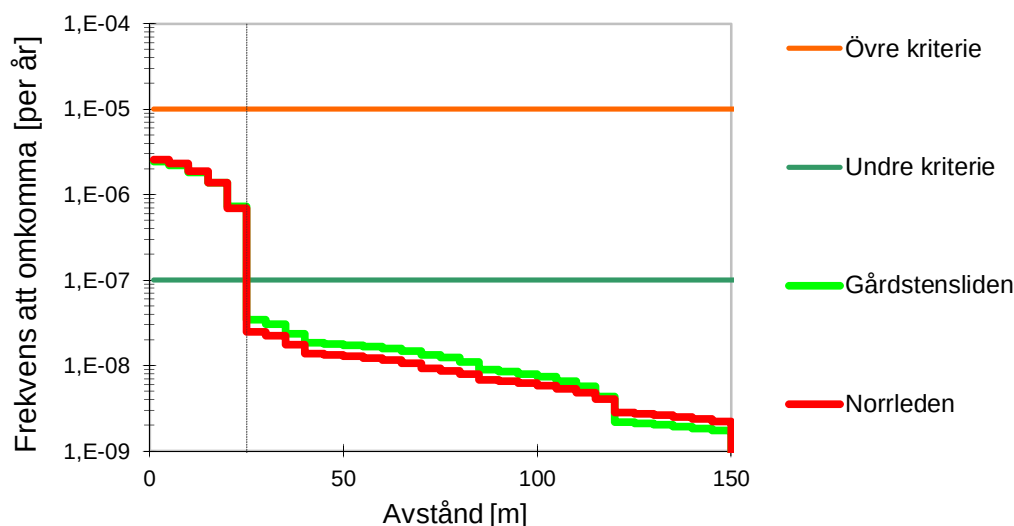


5 Resultat

I detta kapitel redovisas framräknade risknivåer genererade av farligt gods-transporter på Gårdstensliden och framtida sträckning av Norrleden. Underlaget för beräkningarna beskrivs ingående i bilagorna.

5.1 Individrisk

Individrisken presenteras i Figur 5.1. Det avstånd som är kritiskt ligger på 25 meter från vägkant i båda fallen (Gårdstensliden och Norrleden). Närmaste avstånd från vägkant till kommande byggnader är 50 meter.



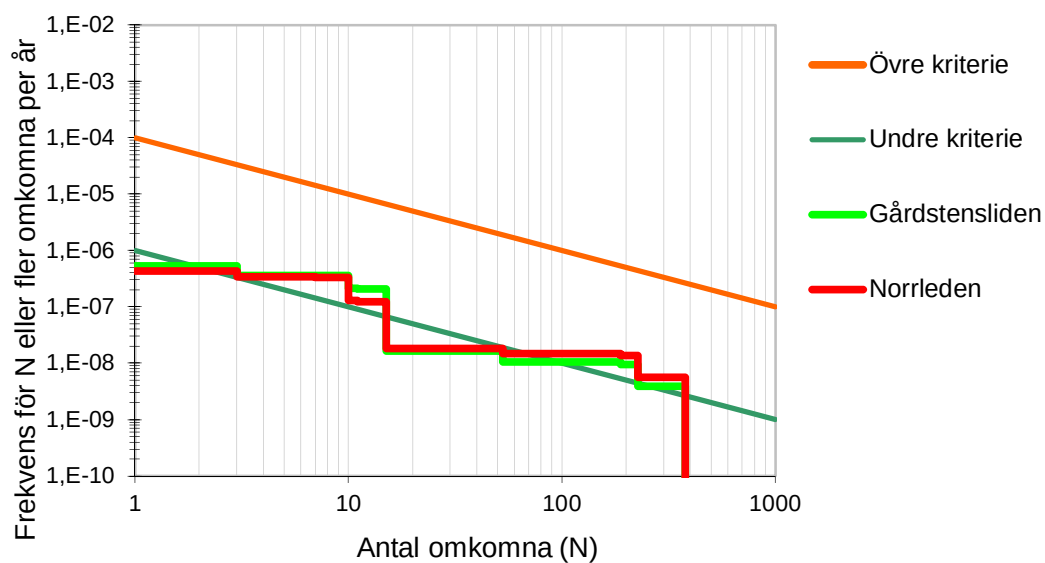
Figur 5.1. Individriskprofil med avseende på farligt gods-transporter på Gårdstensliden och Norrleden.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



5.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna genererade från farligt gods på Gårdstensliden samt Norrleden redovisas i Figur 5.2. Den relativt höga persontätheten (4000 personer per kvadratkilometer) gör att risknivån hamnar i de nedre delarna av ALARP-området vilket initierar åtgärder av mindre karaktär för byggnader närmast vägavsnitten.



Figur 5.2 Samhällsriskerna kring Gårdstensliden samt Norrleden ligger till vissa delar inom den nedre gränsen för ALARP-området.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



6 Riskreducerande åtgärder

Nedan presenteras de åtgärder som WSP bedömer, behöver vidtas i planområdet närmast vägsträckningarna.

6.1 Ventilationsåtgärder

De olyckor som, med sitt konsekvensområde når byggnaden, rör främst detonationer (klass 1) och gasutsläpp (klass 2). Utifrån detta bedömer WSP att friskluftsintag på byggnader närmast Gårdstensliden alternativt Norrleden placeras på motsatt sida vägens sträckning. Vidare skall ventilationen även förses med möjlighet till central avstängning i anslutning till någon av entréerna.

6.2 Terrasser och uteplatser

Terrasser och uteplatser för de byggnader som ligger närmst Gårdstensliden alternativt Norrleden ska placeras in mot planområdet. Terrasser och uteplatser får inte placeras ut mot vägsträckningen.

6.3 Utrymningsvägar

Utrymningsmöjligheter från byggnaderna in mot planområdet ska upprättas eftersom utrymning ska kunna ske bort från riskkällan (Gårdstensliden alternativt Norrleden).

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



7 Osäkerheter

Väg- och transportforskningsinstitutet (11) lyfter fram att brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar, svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter samt mer eller mindre osäkra skattningar, som ibland bygger på varandra i flera led, tycks vara regel snarare än undantag. Dessa svårigheter innebär också att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata.

För att hantera dessa osäkerheter har så långt som möjligt statistik legat till grund för antaganden, bland annat vad gäller persontätheten i området, samt fördelningar i händelseträden. Vidare ligger även erfarenheter från tidigare projekt och litteraturstudier till grund för att göra så korrekta bedömningar som möjligt.

Följande osäkerheter kännetecknar denna typ av riskanalys och utgör en viktig del av själva beslutsunderlaget:

- Trafikflödet, eller snarare antalet fordon med farligt gods, är det enskilt viktigaste värdet, samtliga risknivåer är linjärt proportionerliga mot detta framräknade värde.
- Schablonmodeller har använts vid frekvensberäkningar vilket gör att de osäkerheter som finns i dessa också kommer att finnas med i denna riskbedömning.
- Uppskattningen av persontätheten påverkar i stor grad samhällsriskerna. I beräkningarna har antalet personer uppskattats på området och sedan antas dessa vara jämt utspridda per kvadratkilometer.
- Riskbedömningen är baserad på tillgänglig information med avseende på trafikflöden, typer av gods-transporter och var olika trafikarbeten sker. Detta är alltid förknippat med osäkerheter eftersom framtidsprognoserna är baserade på begränsade historiska tidsperioder.
- Statistiken över olyckor med farligt gods är begränsad då det (lyckligtvis) inträffat mycket få sådana i Sverige. Det kan samtidigt vara olämpligt att använda internationell statistik, då det finns skillnader i både infrastruktur, lagstiftning och säkerhetskultur med mera.
- Även i konsekvensberäkningarna har ett antal antagande krävts. Konservativa skattningar görs genomgående för att inte underskatta den totala risknivån.

Strategin för att hantera osäkerhet har i så hög utsträckning som möjligt varit att göra konservativa antaganden. Det innebär att man antar värden som gör att risken inte underskattas. Behov av känslighetsanalys bedöms därför vara underordnat. För de parametrar som kan ändras (och där konservativa antaganden gjorts i grundberäkningen) skulle en känslighetsanalys endast innebära att en lägre risknivå framställdes.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



8 Slutsatser

Ur risksynpunkt anses inget hinder föreligga för att genomföra aktuellt planförslag under förutsättning att följande åtgärder vidtas:

- Friskluftsintag på byggnader närmast Gårdstensliden alternativt Norrleden placeras på motsatt sida vägens sträckning. Vidare skall ventilationen även förses med möjlighet till central avstängning i anslutning till någon av entréerna.
- Terrasser och uteplatser för de byggnader som ligger närmst Gårdstensliden alternativt Norrleden ska placeras in mot planområdet. Terrasser och uteplatser får inte placeras ut mot vägsträckningen.
- Utrymningsmöjligheter från byggnaderna in mot planområdet ska upprättas eftersom utrymning ska kunna ske bort från riskkällan (Gårdstensliden alternativt Norrleden).

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Bilaga A Statistiskt underlag

I denna bilaga redovisas det statistiska underlaget för transporter av farligt gods, som ligger till grund för kommande bedömningar och beräkningar.

A.1 Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuvarande MSB) rapport *Farligt gods – riskbedömning vid transport* (14) presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport (11) och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarier med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan man använda två alternativa metoder. En så kallad olyckskvot uppskattas antingen utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används två prognoser för trafikflöden, nuvarande trafikflöde på Gårdstensliden samt ett framtida flöde vid ändrad sträckning av Norrleden.

Tabell A.1. Trafikflöde, indata i beräknings-modellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.

	Gårdstensliden	Norrleden
ÅDT [fordon per dygn]	16500	19000
Hastighetsgräns [km/h]	70	90
Antal fordon med FG	33.0	38.0
Olyckskvot	0.6	0.32
Andel singelolyckor	0.3	0.5
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0.01	0.01
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	81.4	150.2

Gårdstensliden är mättad trafikmässigt och därav har behovet av nya Norrleden framkommit. Därmed bedöms dagens Gårdstensliden inte kunna ge upphov till ett trafikflöde likt det som används vid beräkningarna för nya Norrleden. Oavsett om detta är möjligt så blir risken lägre för planområdet om den situationen uppkommer (befintlig sträckning för Gårdstensliden med utökat framtida flöde enligt uppskattningen för Norrleden) än om flödet flyttas till nya Norrleden. Detta pga av att Gårdstensliden är belägen längre från planområdet än Norrleden.

A.2 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Kunskapsmyndigheten för transportpolitik, Trafikanalys (tidigare SIKa), ansvarar för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer, bland annat resvane- och varuflödesundersökningar. Från och med 2008 redovisas antal transporter samt transporterad mängd farligt gods inom ADR-S i den officiella statistiken.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 transporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton (12).

Tabell A.2 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2009, vilket anses representera den undersökta vägsträckan. (13) och (12).

Tabell A.2. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräknings-modellen samt fördelning mellan ADR-S klasser för respektive alternativ.

	Gårdstensliden	Norrleden
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	33	38
ADR-S klass		
1	3%	3%
2.1	8%	8%
2.3	0,06%	0%
3	69%	69%
5	3%	3%
Övriga	16%	16%

Bilaga B Frekvensberäkningar

Frekvensberäkningarna går i korthet ut på att en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka beräknas med hjälp av VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Dessa händelseträd utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till den geografiska avgränsning som analysen har.

B.1 ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (15). Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

B.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (16) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion), medan riskgrupp 1.3 (ämnen och föremål med risk för brand och mindre risk för tryckvåg, splitter och kaststycken men inte för massexplosion) och 1.4 (ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk) står för 5-10 % och 1.2, 1.5 och 1.6 i stort sett inte transporteras alls. Baserat på denna information används vidare riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

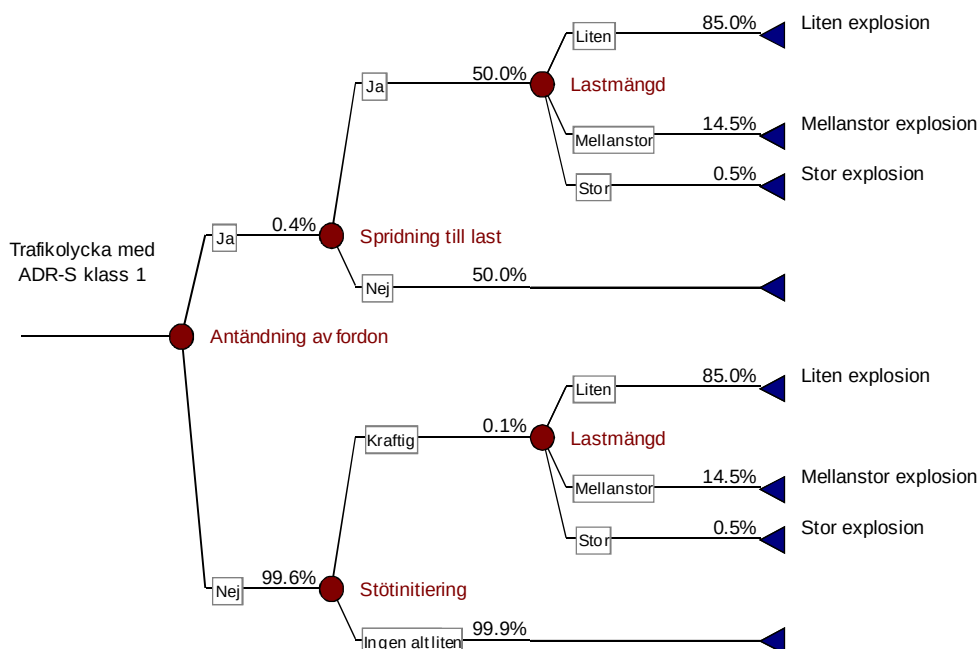
Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Avgörande för explosionsverkan är transporterad mängd av det explosiva ämnet. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton men det absoluta flertalet av transporterarna innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Transporter av ADR-S klass 1.1 med större mängder utgörs huvudsakligen av genomfartstrafik, och trafik till central-lager placerade runt om i landet. De transporter som har mindre mängd utgör transporter från centrallagren till plats där sprängning ska genomföras.

B.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur B.1 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur B.1. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

B.1.2.1 Antändning av fordon

Då brand kan leda till att ett explosivt förlopp initieras ges i detta avsnitt en övergripande beskrivning av möjliga brandscenarier som kan påverka farligt gods-transporter.

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Det finns i dagsläget endast begränsad statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (17). Denna siffra utgör en sammanlagd kvot för fordonsbrand oberoende av orsak (tekniska fel eller till följd av trafikolycka). Brandscenarier som uppkommer på grund av tekniskt fel antas dock ha ett långsammare händelseförlopp än de brandscenarier som uppkommer i samband med olyckor.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Svensk statistik visar på att sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna är cirka 0,4 % (18) (19).

B.1.2.2 Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror i sin tur på vilken typ av ADR-S klass som involveras och vilket ämne samt brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

I den utbildning som chaufförer av ADR-S transporter enligt regelverket måste gå, ingår det praktiska övningar om åtgärder vid brand och spill samt hur man ska agera vid olycka. I utbildningens övningsplan ingår följande moment avseende brand:

- Kunskap om uppgifter i de skriftliga instruktionerna.
- Kännedom om brandtriangeln och olika släckmetoder.
- Kännedom om handbrandsläckares användningsområden och olika typer av släckmedel, konstruktion, kapacitet och serviceintervaller.
- Kunskap om vilka släckare som krävs enligt ADR-S och hur dessa används effektivt vid brand.
- Kännedom om vilka sorptionsmedel som kan användas vid spill av olika typer av ämnen.
- Kännedom om olika metoder för invallning samt skydd för dagvattenbrunnar med hjälp av medförd utrustning.
- Kunskap om hur man larmar och vilka upplysningar som skall lämnas.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats (20), med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor.

Resterande bränder antas i sinom tid släckas av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insattiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan (2), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

B.1.2.3 Stöt

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (21). Till skillnad från brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO (22) att sannolikheten för en stöt-initierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Moderna lastbilar är noggrant testade och utformas så att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Detta för att skydda föraren och eventuell passagerare samt de som eventuellt krockar med en lastbil. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren, antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. En viktig faktor att beakta är dock faran för att godset inte är förpackat, fastspänt eller på annat sätt inte transporteras på anvisat sätt.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

B.1.2.4 Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen (23) (24).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (25) anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor (26). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Enligt Polisen (27), som tidigare var tillståndsmyndighet¹ för hantering av explosiva varor, utgörs transporter till målpunkter för sprängningsarbeten utav transporter med laster på 60 kg, 60-500 kg, 500-1000 kg. 1000 kg utgör maximalt tillåtna mängder för transport i så kallade EX/II-bilar då de fraktar riskgrupp 1.1. Därtill sker vissa transporter till lite större sprängningsarbeten där transporterna sker med EX/III fordon och då fraktas mellan 1000-5000 kg. Ett exempel på sprängningsarbeten av denna storlek är när dagbrott ska spränga fram nytt material till framställning av stenkross-produkter. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell B.1 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell B.1. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %	150 kg

B.2 ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen. Gaser definieras som ämnen som vid 50°C har ett ångtryck över 300 kPa (3 bar) eller är fullständigt gasformiga vid 20°C och normaltrycket 101,3 kPa.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) (15). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådausläpp orsakar kondenserade gaser (det vill säga de som fraktas i flytande form vid förhöjt tryck), brännbara gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

¹ Efter införande av den nya lagen om brandfarliga och explosiva varor (2010:1011) vilar ansvaret för tillståndshanteringen nu på kommunerna.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



B.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S Riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, gaserna är vanligtvis inte giftiga². Den lägsta tändenergi för brandfarliga gaser och bränsleångor är väldigt låg, i många fall lägre än den energi en människa kan förnimma med fingerspetsen. Brandfarliga gaser är ofta luktfria (28). Gasol är ett exempel på en kondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (2).

För brännbara gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

B.2.1.1 Representativt ämne

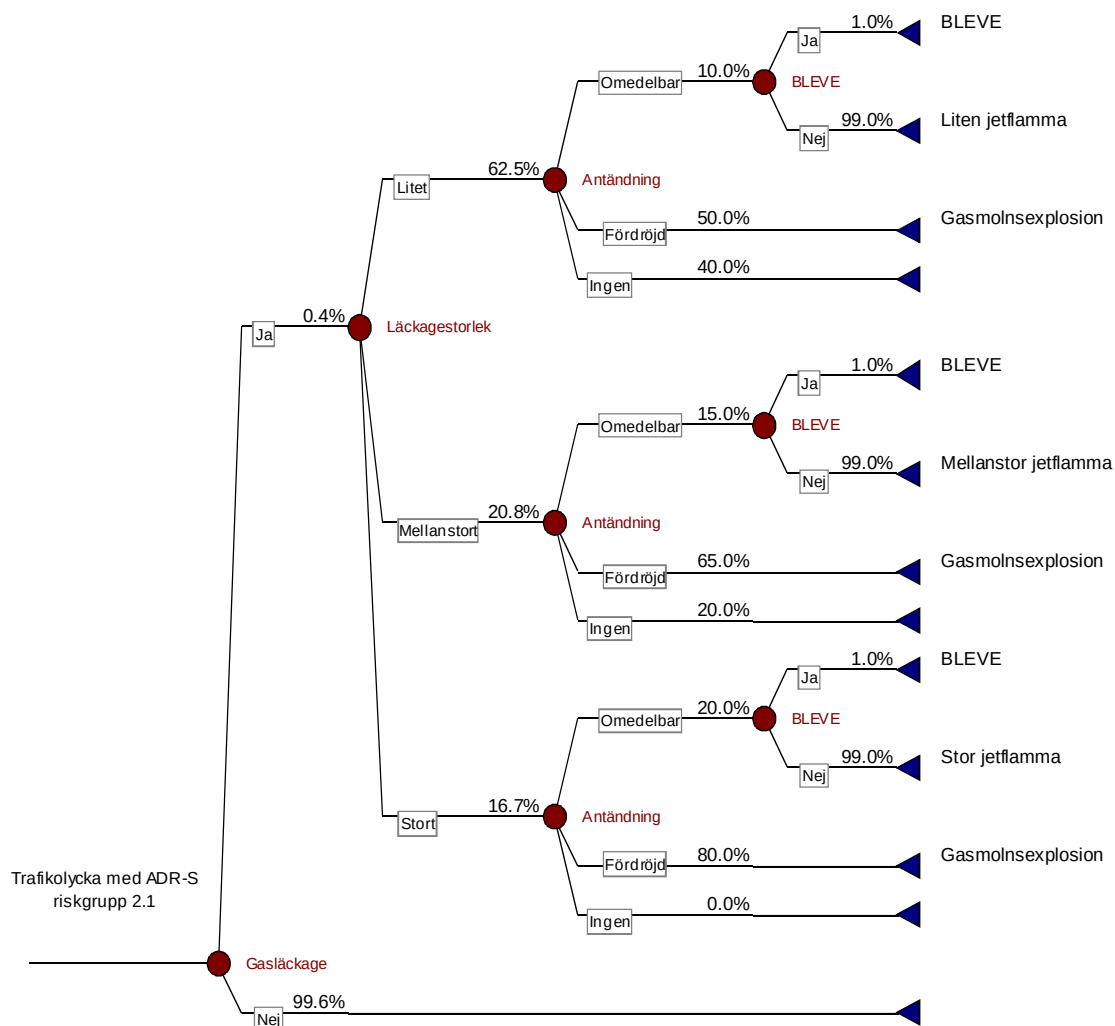
Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, då gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

B.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur B.2 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur B.2. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

B.2.2.1 Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (29). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 (14), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på 0,4 %.

B.2.2.2 Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i (14) utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % (14).

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



B.2.2.3 Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % (30), varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

B.2.2.4 BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar skall infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning, vilket medför att en BLEVE inte kan inträffa.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattas av giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak. Ammoniak är en starkt alkalisk gas med frätande egenskaper, inandningen av denna förorsakar skador på luftvägar och slemhinnor. En människa som, genom exponering av giftiga gaser, upptar tillräckligt stor dos kan drabbas av allvarliga skador eller dödsfall (28).

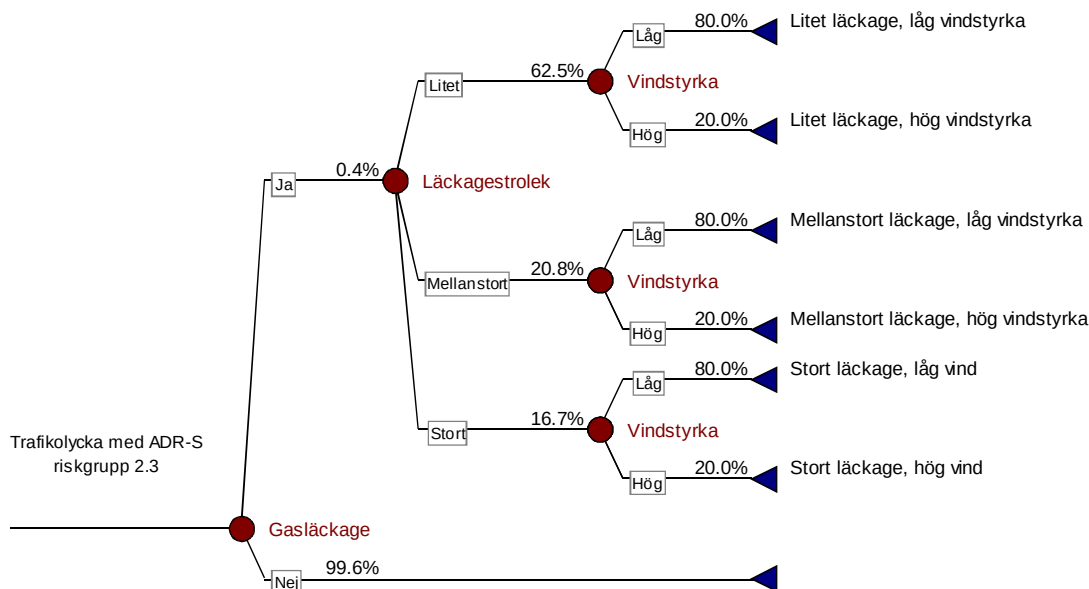
B.2.3.1 Representativt ämne

Valet av representativ giftig gas som beaktas vidare i analysen baseras på IDLH-värdet (Immediately Dangerous to Life and Health), vilket avser den koncentration som vid exponering innebär omedelbar fara för människors liv eller som ger upphov till irreversibla skador. Mot bakgrund av denna ansats framgår att de gaser som är mest toxiska och därigenom medför de största konsekvenserna vid ett eventuellt utsläpp utgörs av klor, svaveldioxid och ammoniak, vars IDLH-värden uppgår till 10, 100 respektive 300 ppm. Klor transporteras i huvudsak på järnväg, varför ett utsläpp av klorgas inte beaktas vidare i analysen. Till följd av att svaveldioxid är mer toxiskt än ammoniak beaktas fortsättningsvis konsekvenser av en olycka med svaveldioxid.

B.2.4 Händelsetråd med sannolikheter

Figur B.3 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur B.3. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

B.2.4.1 Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (14). Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet (29). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 (14).

B.2.4.2 Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka, se vidare B.2.2.2. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % (14).

B.2.4.3 Vindstyrka

När ett läckage har skett påverkar väder och vindförhållanden spridning av gaser och ångor. Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s (31). Vindhastighet över 4 m/s betecknas i denna analys som hög och vindhastighet lägre än 4 m/s betecknas som låg. Utifrån detta antas sannolikheten för hög respektive låg vindhastighet vara 80 respektive 20 %.

B.3 ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-klass 3 omfattas av brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



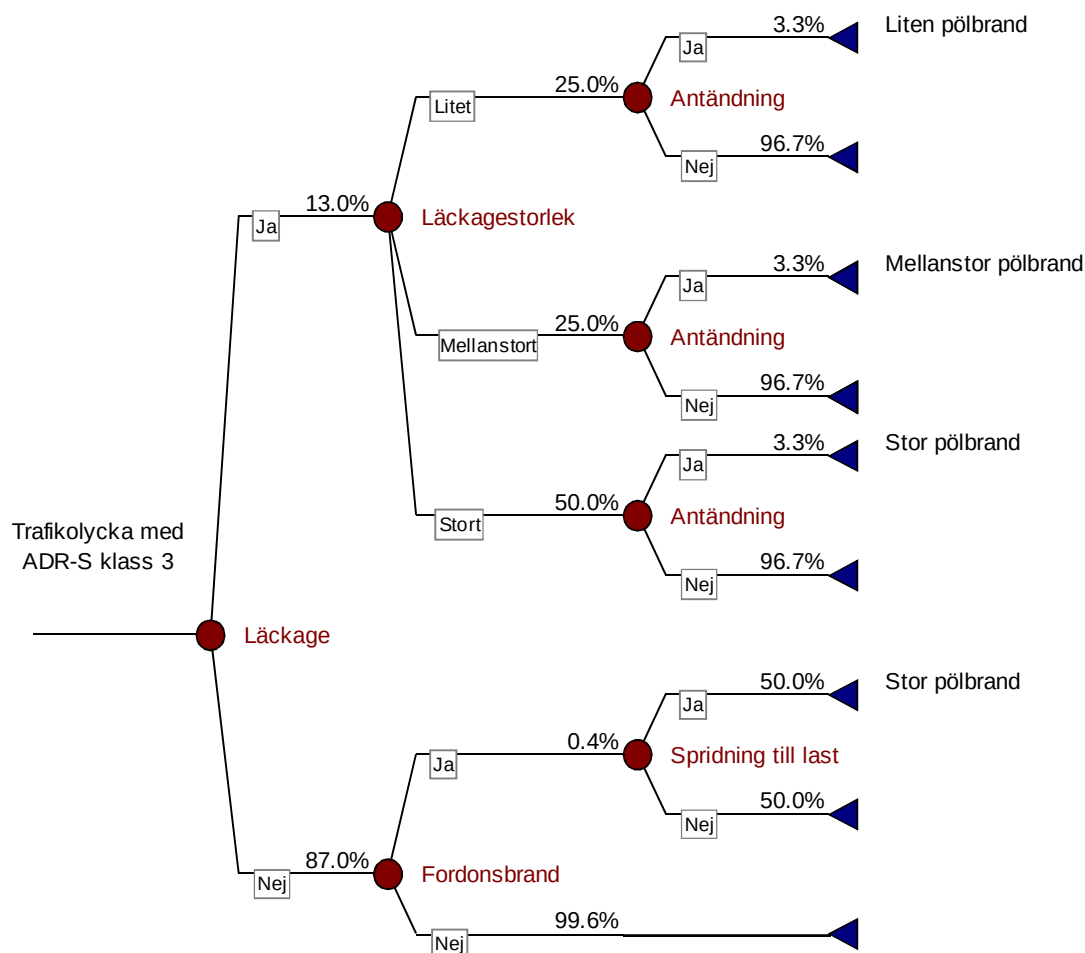
Brandfarliga vätskor är de vätskor vilkas flampunkt är lika med eller lägre än 100°C. Flampunkten är den lägsta temperatur vid vilken en vätska avger ånga i sådan koncentration att ångan kan antändas. Dessa vätskor kan i sin tur delas in i underklasser beroende på inom vilket flampunkt-område de ligger i. Vid blandning av olika vätskor kan flampunkten höjas eller sänkas. Brandfarliga vätskor med låg flampunkt (till exempel bensin) antänds lättast (28).

B.3.1 Transporterad mängd

De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor. Under 2008 och 2009 utgjorde ADR-S klass 3 cirka 70 % av samtliga transporter med farligt gods.

B.3.2 Händelsesträd med sannolikheter

Figur B.4 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur B.4. Händelsesträd med sannolikheter för ADR-S klass 3, Gårdstensliden.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



B.3.2.1 Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 13 % på Gårdstensliden och 34 % för Norrleden, vilket beror på vägarnas hastighetsbegränsning (14).

B.3.2.2 Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset (32) (33). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (14). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.3.2.3 Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (34). Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska utgöras av bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % (22).

B.3.2.4 Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt 0) är denna cirka 0,4 %.

B.3.2.5 Spridning till last

Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

B.4 ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

B.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen samt i vissa fall detonera. Ämnens egenskaper är oförutsägbara och de kan reagera häftigt utan förvarning (15).

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppyggnad, eller om det blandas med organiskt material (35). Baserat på uppgifter från Yara i Köping (36) och FOI (37) kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor med flera, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har snarlika egenskaper (38).

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



B.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme, friktion som kontakt med främmande ämne (28). I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

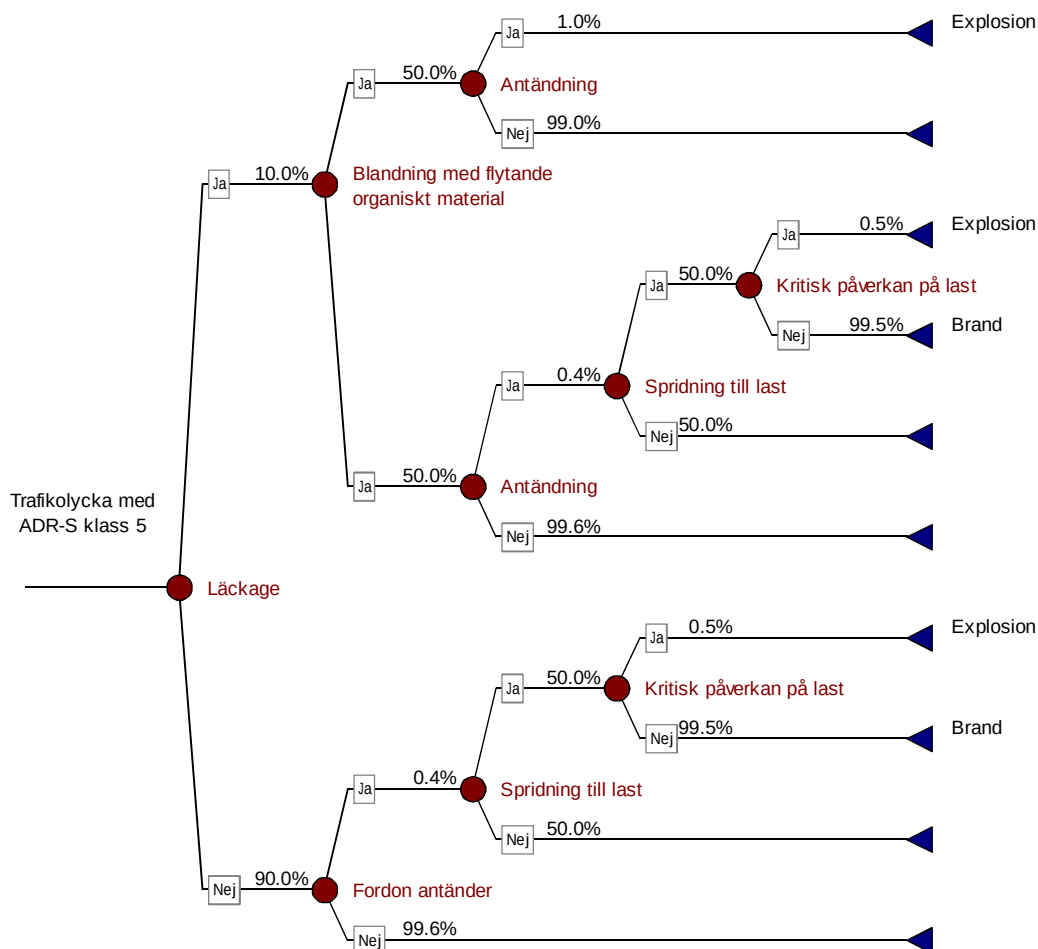
B.4.3 Transporterade mängder och representativt ämne

I dagsläget saknas nyanserad statistik över fördelningen mellan underklasserna 5.1 och 5.2. Utifrån tillgängliga uppgifter (25) dras slutsatsen att en avgörande majoritet (uppskattningsvis 99 %) av ADR-S transporter för klass 5 utgörs av oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1), medan omkring 1 % utgörs av organiska peroxider (riskgrupp 5.2). Ammoniumnitrat och natriumklorat utgör tillsammans omkring 80 % av all ADR-S klass 5 som hanteras i Sverige. Med vetskap om detta samt rekommendationer från Holländska myndigheter (39), bedöms ammoniumnitrat vara ett lämpligt representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

B.4.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur B.5 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur B.5. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

B.4.4.1 Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerad i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton medan transporter på järnväg uppgår till ca 26-30 ton i finka eller i container (40). Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

B.4.4.2 Blandning med flytande organiskt material

En antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom fordonsbränsle (till exempel bensin eller diesel från ett olycksfordons bränsletank). Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

B.4.4.3 Antändning av blandning

För att ammoniumnitrat/bränsleblandningen ska explodera krävs att energi tillförs. Sannolikheten för ett händelseförlopp med antändning och efterföljande explosion är svår att generalisera och bedöms variera med rådande omständigheter. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

B.4.4.4 Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

B.4.4.5 Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt 0) är denna cirka 0,4 %.

B.4.4.6 Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonensbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

B.4.4.7 Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C (36). Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas (35). Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

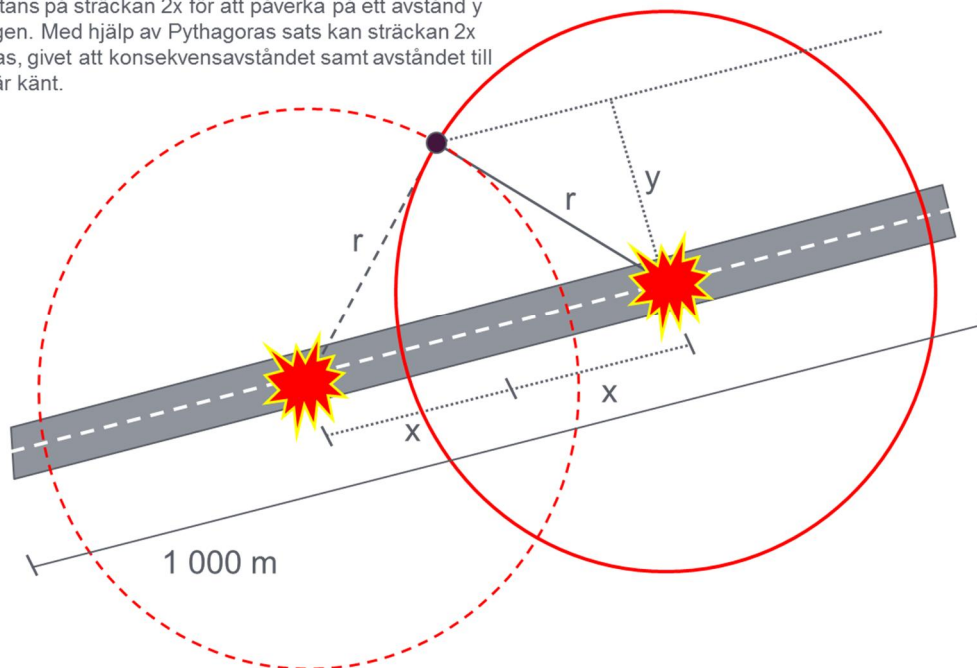
B.5 Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga C). Individriskberäkningarna utgår från en specifik punkt i omgivningen och längden på vägavsnittet som vid en olycka kan påverka just den punkten, beräknas enligt Figur B.6 nedan.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Olyckor med konsekvensavståndet r måste inträffa någonstans på sträckan $2x$ för att påverka på ett avstånd y från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats kan sträckan $2x$ beräknas, givet att konsekvensavståndet samt avståndet till vägen är känt.



Figur B.6. Princip enligt vilken frekvenserna korrigeras för individrisken.

För varje punkt i omgivningen som studeras upprepas dessa beräkningar för samtliga olycks-scenarier. Individriskberäkningarna genomförs med följande upplösning (värden på y):

0-200 meter från vägkant	Var	5:e	meter
200-500 meter från vägkant	Var	50:e	meter

Individriskberäkningarna utgår från den mest avlägsna punkten och ackumuleras in till olycks-punkten.

För samhällsriskens görs ingen reduktion enligt resonemanget ovan då konsekvensen inte är platsberoende på samma sätt som för individrisken.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Bilaga C Konsekvensberäkningar

Tabell C.1 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna personer. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i C.3. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

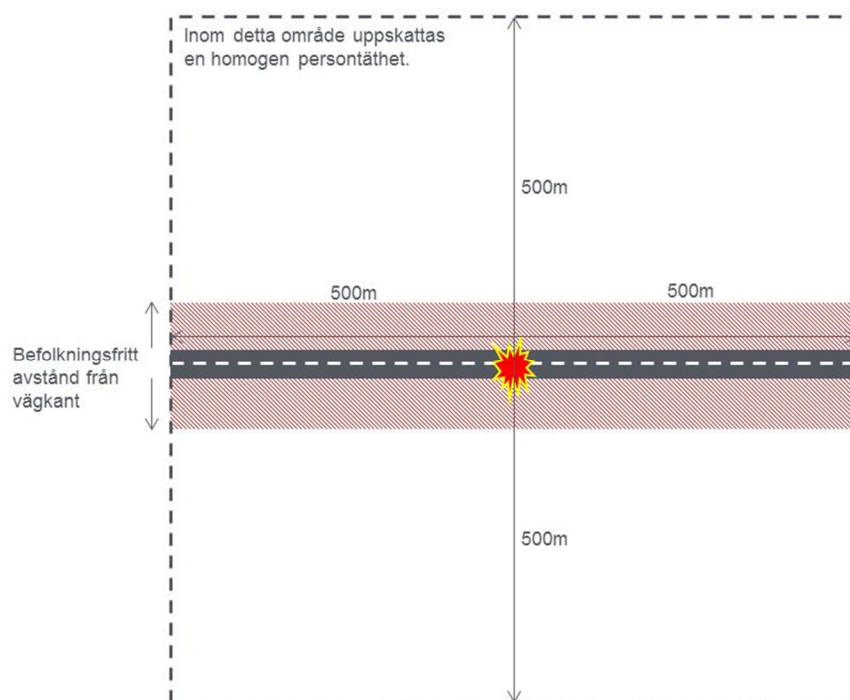
Tabell C.1. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

ADR-S Klass	Konsekvensindex	Scenario
1	1a	Liten explosion
	1b	
	2a	Mellanstor explosion
	2b	
	3a	Stor explosion
	3b	
2.1	1	BLEVE
	2	Liten jetflamma
	3	Gasmolnsexplosion
	4	Mellanstor jetflamma
	5	Stor jetflamma
2.3	1	Litet läckage låg vindstyrka
	2	Litet läckage hög vindstyrka
	3	Mellanstort läckage låg vindstyrka
	4	Mellanstort läckage hög vindstyrka
	5	Stort läckage låg vindstyrka
	6	Stort läckage hög vindstyrka
3	1	Liten pölbrand
	2	Mellanstor pölbrand
	3	Stor pölbrand
5	1a	Explosion
	1b	
	2	Brand

C.1 Persontäthet

För samhällsriskberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för planområdet. Genomförd riskbedömning grundar sig på att analysera olyckor från centrum av aktuellt område samt åt 500 meter i vardera riktning, se Figur C.1.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Figur C.1. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Planområdet består av kontor och industrifastigheter där persontätheten beräknades utifrån illustrationskarta, vilket gav en persontäthet på cirka 4000 personer under dagtid.

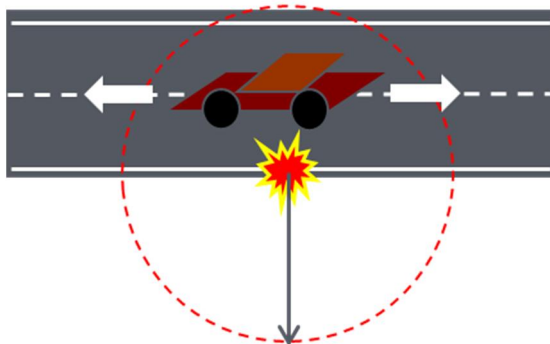
Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämt utspridda över hela ytan. Detta antagande är grovt och i aktuellt fall utgör cirka 50 meter ett befolkningsfritt avstånd från vägkant och de personer som omkommer på detta område räknas bort från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisk. För individrisken är detta avstånd oväsentligt då riskmålet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



C.2 Antagande om olyckans placering

Vägarna, Gårdstensleden och Norrleden betraktas i denna analys som en gemensam väg då utformningen av Norrleden ej är bestämd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, och placeras närmst vägkanten. Individrisken visar då risken närmast planområdet från vägkant.



Figur C.2. Samtliga olyckor på vägbanan antas ske på vägkant närmast det aktuella planområdet.

Av höjdkurvorna i Figur 2.1 kan utläsas att hela planområdet är beläget (betydligt) högre än vägnivåerna. Avåkning in eller pölutbredning etc in i planområdet är därmed ej aktuellt.

C.3 ADR-S klass 1 - Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) (41).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa (42). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa.

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Samtantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom 180 kPa zonen omkommer 100 % av personerna både inomhus och utomhus.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



- Inom 180-20 kPa zonen omkommer 20 % av personer inomhus (trycket avtar med avståndet).

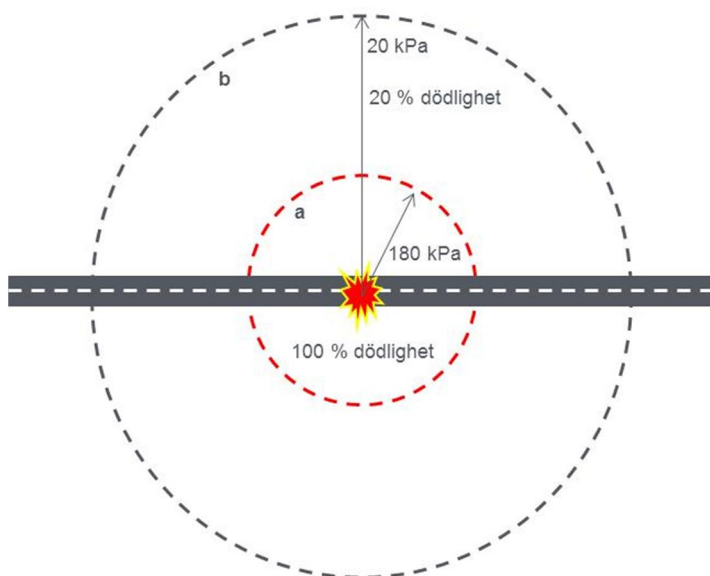
Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa i enlighet Figur C.3.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (43), har avstånd dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell C.2

Det bör påpekas att denna analys inte beaktar egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell C.2. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 m	41 m
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 m	88 m
Stor explosion	16 000 kg	62 m	193 m



Figur C.3. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

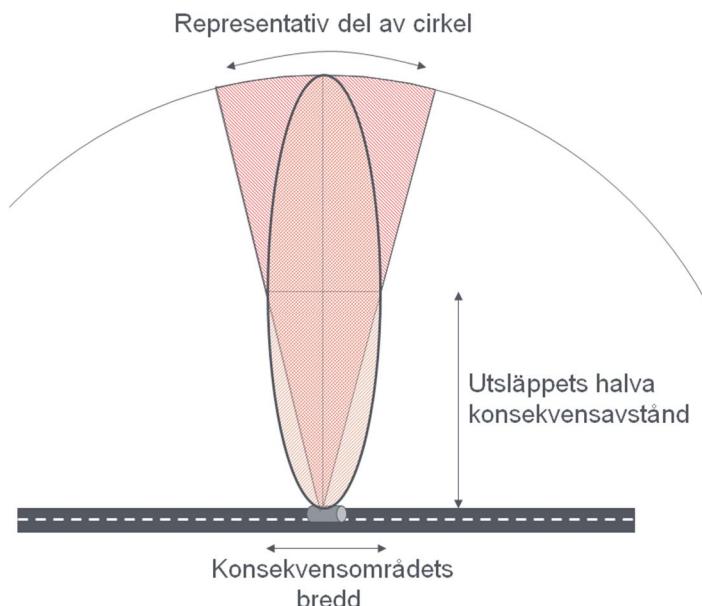
C.4 ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brännbara gaser och giftiga. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område, reduceras frekven-

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



sen för respektive scenario med hänsyn till vilken approximativ spridningsvinkel som konsekvensområdet får, enligt Figur C.4.



Figur C.4. Konsekvensområdet vid gasutsläpp får ofta en oval form. Utifrån konsekvensområdets längd och bredd approximeras en lämplig cirkelsektor (representativ del av cirkel) för reducering av grundfrekvensen.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

C.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brännbara gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brännbar gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* (44) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (12), för respektive storlek. För varje hål storlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell C.3. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm ²]
Litet	17,9	0,32	0,08
Mellanstort	0,9	1,03	0,83
Stort	0,09	4,56	16,37

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



- En jetflamma antas vara horisontell.

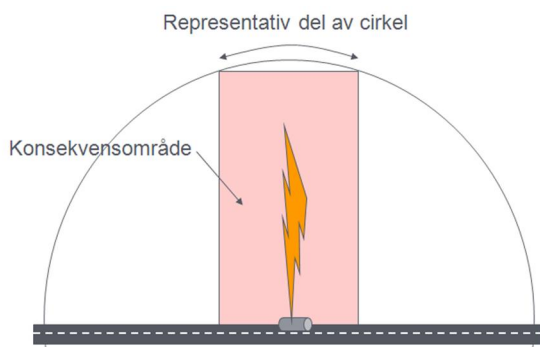
C.4.1.1 BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (42). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.4.1.2 Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (42), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (45) används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur C.5.



Figur C.5. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

C.4.1.3 Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran *Spridning Luft* (44) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Anledningen till att avståndet till halva undre brännbarhetsgränsen beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräkningarna mynnar ut i ett konsekvensområde som enligt Figur C.4, approximeras med en cirkelsektor.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



I beräkningarna används vind över och under 4m/s (medelvindhastighet) (31). Beräkningar görs för vind på 2 respektive 6 m/s. Stabilitetsklass B utgör grundberäkningsinställning (default) i programmet Spridning Luft (44) och används för litet och mellanstort utsläpp. Stabilitetsklass D (worst case enligt iterering) har dock konservativt använts för stort utsläpp. Detta bedöms kompensera bristen att inte fördelningar avseende fler förekommande stabilitetsklasser beaktas. Konsekvensavstånd för gasmolnsexplosion har beräknats utifrån "stort" läckage vilket anses vara ett konservativt antagande. Stort läckage inträffar enligt VTI (11) i endast 17% av fallen.

C.4.1.4 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

Tabell C.4. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd [m]
1	BLEVE	170
2	Liten jetflamma	5
3	Gasmolnsexplosion	42
4	Mellanstor jetflamma	17
5	Stor jetflamma	73

C.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* (44). Följande indata har använts: tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage (litet utsläpp) eller hål på tank (mellanstort och stort utsläpp), tät skog/stad (ytråhet 1m), stabilitetsklass B.

För *låg* vindstyrka används vindhastigheten 2 m/s och för *hög* vindstyrka 6 m/s. Konsekvensområdet approximeras sedan med en cirkelsektor enligt Figur C.4, och resultaten redovisas i Tabell C.5.

Avståndet till 100 ppm beräknas, vilket är IDLH-värdet för svaveldioxid, se vidare avsnitt B.2.3.1.

Tabell C.5. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Vind [m/s]	Avstånd till <100 ppm [m]	Vinkel [grad]
Litet	2	27	55
	6	29	27,2
Mellanstort	2	88	59,2
	6	96	29,2
Stort	2	458	52,2
	6	461	25,6

C.5 ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (2) (46).

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (2) (47). I Tabell C.6 redovisas skadeområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar. Aktuella byggnader inom planområdet ligger 50 meter från väggkant och påverkas ej av pölbränder enligt tabell nedan.

Tabell C.6. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 m
Stort utsläpp	400 m ²	30 m

C.6 ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand.

C.6.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/diesel-blandning kan uppstå som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl (38). Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

C.6.2 Brand

En brand som inkluderar ämnen ur ADR-S klass 5 kommer att bli mycket intensiv då dessa ämnen är brandunderstödande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter och påverkar ej byggnader inom planområdet.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Bilaga D Åtgärder

Det finns en mängd potentiella riskreducerande åtgärder som kan vidtas för att minska riskpåverkan på omgivningen från transportleder. Räddningsverket (nuvarande MSB) och Boverket har tillsammans gett ut skriften *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (48) som är en vägledning för kommuner i deras arbete med detaljplaner. Nedan följer en generell beskrivning av åtgärder. För specifikt föreslagna åtgärder kring Gårdstensliden och Norrleden, hänvisas läsaren till huvudrapporten.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Bilaga E Resultat

Nedan sammanställs och diskuteras nivåerna för såväl individ- som samhällsrisk för nuvarande väg Gårdstensliden samt eventuellt kommande sträckning av Norrleden.

E.1 Individerisk

En sammanställning av de studerade olycksscenarierna presenteras i Tabell E.1. Frekvenserna som presenteras utgör en grundfrekvens per kilometer vägsträcka. En sammanslagen individriskkontur presenteras i Figur 5.1.

Tabell E.1. Individerisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens samt frekvens per kilometer väg. Skillnaden mellan konsekvensindex a och b redovisas i Figur C.3.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Avstånd [m]		Frekvens [per km och år]	
		Gårdstensliden		Norrleden	
1	1a	13		13	
	1b	41	9.70E-07	41	5.26E-07
	2a	28		28	
	2b	88	1.65E-07	88	8.97E-08
	3a	61		61	
	3b	193	5.71E-09	193	3.09E-09
2.1	1	170	5.62E-09	170	7.97E-09
	2	5	2.74E-07	5	3.88E-07
	3	42	5.91E-07	42	8.38E-07
	4	17	1.37E-07	17	1.94E-07
	5	73	1.46E-07	73	2.07E-07
2.3	1	27	1.47E-08	27	2.08E-08
	2	29	3.66E-09	29	5.19E-09
	3	88	4.88E-09	88	6.91E-09
	4	96	1.22E-09	96	1.73E-09
	5	458	3.92E-09	458	5.55E-09
	6	461	9.79E-10	461	1.39E-09
3	1	12	9.13E-06	12	1.29E-05
	2	21	9.13E-06	21	1.29E-05
	3	27	3.31E-05	27	3.20E-05
5	1a	39		39	
	1b	123	1.92E-07	123	1.04E-07
	2	27	7.11E-07	27	3.85E-07

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



E.2 Samhällsrisk

En sammanställning för respektive alternativs konsekvens och dess frekvens per kilometer presenteras i Tabell E.2, En sammanslagen F/N kurva över samhällsrisken presenteras i Figur 5.2.

Tabell E.2. Samhällsrisk, sammanställning av respektive olycksscenarios konsekvens (antal omkomna) och frekvensen per år och km. Skillnaden mellan konsekvensindex a och b redovisas i avsnitt Figur C.3. Längst ner redovisas vilket avstånd från vägkant som ansatts som personfritt.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Antal omkomna		Frekvens [per km och år]	
		Gårdstensliden		Norrliden	
1	1	0.0	9.70E-07	0.0	5.26E-07
	2	3.4	1.65E-07	3.4	8.97E-08
	3	53.4	5.71E-09	53.4	3.09E-09
2.1	1	227.2	5.62E-09	227.2	7.97E-09
	2	0.0	2.74E-07	0.0	3.88E-07
	3	0.0	5.91E-07	0.0	8.38E-07
	4	0.0	1.37E-07	0.0	1.94E-07
	5	10.3	1.46E-07	10.3	2.07E-07
2.3	1	0.0	1.47E-08	0.0	2.08E-08
	2	0.0	3.66E-09	0.0	5.19E-09
	3	10.8	4.88E-09	10.8	6.91E-09
	4	6.8	1.22E-09	6.8	1.73E-09
	5	377.7	3.92E-09	377.7	5.55E-09
	6	187.7	9.79E-10	187.7	1.39E-09
3	1	0.0	9.13E-06	0.0	1.29E-05
	2	0.0	9.13E-06	0.0	1.29E-05
	3	0.0	3.31E-05	0.0	3.20E-05
5	1 (a+b)	14.5	1.92E-07	14.5	1.04E-07
	2	0.0	7.11E-07	0.0	3.85E-07
Personfritt avstånd från vägkant [m]		50		50	

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



Bilaga F Litteraturförteckning

1. **LST.** *Riskhantering i Detaljplanprocessen. Rapport 2003:15.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
2. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
3. **Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad -.** *Detaljplan för verksamheter söder om Gårdstensvägen inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg.* Göteborg : u.n., 2010-03-09, diarienummer 0452/07.
4. —. *Illustrationskarta, Detaljplan för verksamheter söder om Gårdstensvägen inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg.* Göteborg : u.n., 2010-03-09.
5. **IEC.** International Standard 60300-3-9 Dependability management - part 3: Section 9 Riskanalysis of technological systems. Geneva : International Electrotechnical Commission (IEC), 1995.
6. **ISO.** Risk Management - Vocabulary - Guidelines for use in standards. Guide 73. Geneva : International Organization for Standardization (ISO), 2002.
7. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
8. **Boverket och SRV.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
9. **SRV.** *ADR-S Statens räddningsverks föreskrifter (SRVFS 2006:7) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006c.
10. —. *Förvaring av explosiva varor.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006a.
11. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
12. **TRAFKA.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.
13. **SIKA.** *Lastbilstrafik 2008 helår. Rapport 2009:12.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
14. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



15. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.

16. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.

17. **Ingasson, Haukur, o.a., o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.

18. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.

19. **VTI.** *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

20. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels.* u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.

21. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.

22. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.

23. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.

24. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.

25. **MSB.** *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11. <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/>.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.

26. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30.* 2007.

27. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet.* 2008.

28. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.

29. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.

30. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy , G.** 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.

31. **Alexandersson, H.** *Vindstatistik över Sverige 1961-2004 (nr 121).* Norrköping : Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



32. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
33. **Gammelgåård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.
34. **SPI.** Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. <https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
35. *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers.* **Marlair, G och Kordek, M-A.** 2005, Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.
36. **Karlsson, Lars-Håkan.** Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.
37. **Magnusson, Johan.** Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan.* u.o. : FOI, Tumba, 2008.
38. **Forsén, Rickard.** *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.
39. **VROM.** *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.
40. **Havai, Jan.** Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen.* u.o. : Yara AB, Köping, 2008.
41. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** *Verkan av explosioner i det fria.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
42. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
43. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
44. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
45. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
46. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.
47. **Quintiere, Karlsson &.** *Enclosure Fire Dynamics.* 2000.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



48. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.

49. **LST.** *Riktlinjer för Riskanalyser som beslutssunderlag. Faktablad 4:2003.* u.o. : Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2003.

50. —. *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill väg och järnväg med transporter av farligt gods och bensinstationer. Rapport 2000:01.* u.o. : Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2000.

51. **SRV.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.

52. —. *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006b.

53. **Ingasson, Haukur.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.

54. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.

55. **Halmemies, S.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.

56. **TrV.** Personskadeolyckor [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. <http://www.trafikverket.se/Privat/Trafiksakerhet/Olycksstatistik/Vag/Nationell-statistik/Personskadeolyckor/>. u.o. : Trafikverket, 2010.

57. **SMHI.** *Vindstatistik för Sverige 1961-2004 (nr 121).* u.o. : Statens metrologiska och hydrologiska institut, 2006.

58. **Ellis, J och Torstensson, H.** *System risk in dangerous goods transport- transport of dangerous goods, goods flow, transport conditions and accident data. SSPA Research Report no 116.* u.o. : SSPA Sweden AB, 2006.

59. **McIntyre, Colin.** E-post 2010-07-11. *Statistiker.* u.o. : Räddningsverket, 2010.

60. **SRV.** Handbok för riskanalys. u.o. : Statens Räddningsverk, 2003.

61. **LST.** *Riskhantering i Detaljplanprocessen. Rapport 2003:15.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.

62. **SRV och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.

Uppdragsnr: 10152462	Detaljerad riskbedömning avseende farligt gods inom stadsdelen Gårdsten i Göteborg
Daterad: 2011-10-05	
Reviderad:	
Handläggare: Mathias Hamrefält	Status: Slutgiltig handling



63. **Almén, Joakim och Glenting, Markus.** Kvalitativ riskbeömning för detaljplan Bostadsförtätning i anslutning till Drottningholmsvägen. u.o. : WSP Brand & Risk, 2010.

64. **Räddningsverket.** Olycksrisker och MKB. Karlstad : u.n., 2001.

65. **Länsstyrelsen i Stockholms Län.** *Riktlinjer för Riskanalyser som beslutssunderlag. Faktablad 4:2003.* Stockholm : Länsstyrelsen, 2003.

66. **Trafikverket.** Personskadeolyckor [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. <http://www.trafikverket.se/Privat/Trafiksakerhet/Olycksstatistik/Vag/Nationell-statistik/Personskadeolyckor/>. u.o. : Trafikverket, 2010.

67. **Räddningsverket.** *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006b.

68. —. *Förvaring av explosiva varor.* Karlstad : Statens räddningsverk, 2006a.

69. **Länsstyrelsen i Stockholms län.** *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill väg och järnväg med transporter av farligt gods och bensinstationer. Rapport 2000:01.* u.o. : Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2000.

70. **Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län.** Riskhantering i Detaljplanprocessen. *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.

71. **Trafikverket.** E4/E20 Tomtebodavägen södra PM Riskbedömning omledningsvägnät. u.o. : Joakim Almén WSP, Trafikverket OS141212, 2011.