



UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE



[Titel]

## Transport av farligt gods på väg och järnväg Mölnålsåns dalgång inom Göteborg och Mölndal

2015-04-01

## Uppdragsgivare

Inger Bergström  
Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad  
Box 2554  
403 17 GÖTEBORG  
inger.bergstrom@sbk.goteborg.se

## WSP kontaktperson

Fredrik Larsson  
WSP Sverige AB  
Box 13033  
40251 Göteborg  
Besök: Ullevigatan 19  
Tel: +46 10 722 50 00  
Fax: +46 10 722 74 20  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
www.wspgroup.se

## Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning	Slutrapport			
Datum	2015-04-01			
Handläggare	Fredrik Larsson			
Signatur				
Granskare	Johan Lundin			
Signatur				
Godkänd av	Fredrik Larsson			
Signatur				
Uppdragsnummer	10206193			
Rapportnummer				
Filnamn				

## Sammanfattning

WSP har av stadsbyggnadskontoren i Göteborg och Mölndal fått i uppdrag att ta fram en riskbedömning i samband med upprättande av fördjupad översiktsplan för Mölnålsåns dalgång i städerna Göteborg och Mölndal. Planområdet sträcker sig från Örgrytemotet till Åbromotet i nord-sydlig riktning.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsen i Västra Götalands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet är att utreda risksituationen givet den förtätning som planeras inom planområdet. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

Inom och i anslutning till planområdet har ett antal riskkällor identifierats. Dessa utgörs av E6, riksväg 40, Västkustbanan, Kust-till-kustbanan och den framtida Götalandsbanan. Samtliga, förutom den sistnämnda, utgör rekommenderade transportleder för farligt gods.

En bedömning av riskpåverkan och lämplig markanvändning baseras i regel både på individ- och samhällsrisk.

Individrisk för respektive riskkälla har beräknats baserat på prognoser för trafik år 2030. I flera fall löper identifierade riskkällor parallellt genom planområdet. Den kumulativa individrisknivån för dessa fall har beräknats och når inte acceptabla nivåer förrän bortom 400-450 meter från riskkällorna. Detta gäller främst där E6 och Västkustbanan löper parallellt.

Även samhällsrisken är högre än vad som kan anses vara direkt acceptabelt i de delar som ligger i anslutning till både E6 och Västkustbanan. Vid denna bedömning har antagits att planområdet på sikt får en tät bebyggelsestruktur kring transportlederna likt den som föreslås i Göteborgs översiktsplan, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. I denna föreslås en fysisk ram som innebär ett skyddsavstånd om 30 meter respektive 80 meter till arbetsplatser respektive bostäder från järnväg räknat. Motsvarande från väg räknat är 50 meter respektive 100 meter till arbetsplatser respektive bostäder.

Detta innebär att den fysiska ram som föreslås i Göteborgs översiktsplan, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods inte enkom är tillräcklig i de delar av planområdet där E6 löper parallellt med Västkustbanan. Ytterligare riskreduktion krävs för att acceptabla risknivåer skall erhållas.

- Ökat skyddsavstånd skulle kunna ge ytterligare riskreduktion. Det är dock svårt att fastställa ett generellt skyddsavstånd för planområdet beroende på lokala förutsättningar, topografi, antal riskkällor etc. Troligtvis skulle dessutom skyddsavstånden behöva vara relativt långa med tanke på att individrisknivån är acceptabel först bortom 400-450 meter från riskkällorna. Om ytterligare skyddsavstånd är möjligt/aktuellt att tillämpa bör detta utredas vidare i kommande detaljplanärenden.

Ytterligare ett antal riskreducerande åtgärder har identifierats och presenterats i rapporten som alternativ till ökade skyddsavstånd. Nedan sammanställs ett förslag till riskreducerande åtgärds paket, vilket WSP bedömer kunna sänka risken till acceptabel nivå för den allra största delen av planområdet (där E6 och Västkustbanan löper parallellt). Det har här förutsatts att det är önskvärt att undvika långa skyddsavstånd från riskkällorna då detta begränsar markanvändningen påtagligt i det relativt smala planområdet.

- En zon om minst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg lämnas bebyggelsefri. Ytparkering, lokalgata etc. kan medges inom denna zon. Avståndet räknas från den närmst liggande transportleden för farligt gods åt väster respektive öster. Det förutsätts att väg är försedd med avåkningskydd i form av räcke, vall eller tråg etc.
- ”Första radens byggnader” placeras som närmst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg och uppförs för arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter, vilka bland annat kännetecknas av en relativt låg persontäthet. För att ge en skyddande effekt bör de utföras lika

höga, som bakomliggande bostadsbebyggelse och som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna.

- Bostäder placeras generellt 80 meter från järnväg respektive 100 meter från väg. Där tät skärm/buffert i form av sammanhängande bebyggelse (arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter) uppförs mellan riskkälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 respektive 80 meters skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder.
- ”Första radens byggnader” utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- ”Första radens byggnader” ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. ”Andra radens byggnader” förväntas kunna utrymma i skydd av ”första radens byggnader”.

För de delar av planområdet där E6 och Västkustbanan inte löper parallellt är risknivåerna generellt lägre. Så är fallet invid t.ex. den norra delen av planområdet där E6 utgör enda riskkällan norr om Kallebäck. Så är också fallet längs riksväg 40 och längs Kust-till-kustbanan i de östra delarna. För dessa delar är åtgärdsbehovet lägre och andra åtgärder än de som föreslås ovan är tänkbara.

WSP bedömer slutligen att den bebyggelsestruktur med tillhörande åtgärds paket som presenteras i denna riskbedömning bör kunna utgöra ett underlag för fortsatt planering av förtätning i Mölnålsåns dalgång.

Med hänsyn till att det föreligger stora lokala variationer inom planområdet rekommenderas att, med stöd i denna riskbedömning, studera aktuell risksituation, åtgärdsbehov, förslag på åtgärder och deras riskreducerande effekt i samband med framtida detaljplaneärenden i Mölnålsåns dalgång. På så vis kan det övergripande åtgärds paketet som presenterats optimeras och på vissa platser reduceras i omfattning.

# Innehåll

1	Inledning .....	7
1.1	Bakgrund .....	7
1.2	Syfte och mål .....	7
1.3	Avgränsningar .....	7
1.4	Styrande dokument .....	7
1.5	Samråd .....	9
1.6	Internkontroll .....	9
2	Områdesbeskrivning .....	10
2.1	Planområdet .....	10
2.2	Infrastruktur .....	11
3	Omfattning av riskhantering och metod .....	12
3.1	Begrepp och definitioner .....	12
3.2	Metod för riskinventering .....	12
3.3	Metod för riskuppskattning .....	13
3.4	Metod för riskvärdering .....	14
3.5	Metod för rekommendation av princip för exploatering .....	17
3.6	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder .....	17
4	Riskidentifiering .....	18
4.1	Identifiering och beskrivning av riskkällor .....	18
4.2	Sammanställning av olycksscenarier .....	19
5	Riskuppskattning och riskvärdering .....	20
5.1	Individerisknivå .....	21
5.2	Samhällsrisiknivå .....	23
6	Riskreducerande åtgärder .....	24
6.1	Presentation av riskreducerande åtgärder .....	24
6.2	Kvalitativ bedömning av åtgärdernas riskreducerande effekt .....	24
6.3	Sammanställning av åtgärdernas riskreducerande effekt .....	27
6.4	Sammanfattning av rekommenderade åtgärder .....	28
6.5	Risiknivå efter rekommenderade åtgärder .....	28
7	Osäkerheter .....	30
8	Slutsatser .....	31

## Bilagor

Bilaga A.	Frekvensberäkningar – väg .....	32
Bilaga B.	Konsekvensberäkningar – väg .....	44
Bilaga C.	Frekvensberäkningar – järnväg .....	51
Bilaga D.	Konsekvensberäkningar – järnväg.....	59
Bilaga E.	Individriskprofiler .....	65
Bilaga F.	Samhällsriskdiagram utan åtgärder .....	66
Bilaga G.	Samhällsriskdiagram med åtgärder .....	67
Bilaga H.	Referenser .....	68

# 1 Inledning

WSP har av stadsbyggnadskontoren i Göteborg och Mölnåldal fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av fördjupad översiktsplan för Mölnålsåns dalgång i städerna Göteborg och Mölnåldal. Planområdet sträcker sig från Örgrytemotet till Åbromotet i nord-sydlig riktning.

## 1.1 Bakgrund

Byggnadsnämnden i Göteborgs stad och kommunstyrelsen i Mölnåldal stad uppdrog 2008-01-22 åt städernas stadsbyggnadskontor att i samverkan ta fram gemensamma planeringsförutsättningar och strategier för den fysiska planeringen och för infrastruktursatsningar i Fåssbergsdalen och Mölnålsåns dalgång. Fördjupad översiktsplan för Mölnålsåns dalgång har varit på samråd under tiden 11 december 2013 – 27 februari 2014. Trafikverket menade i sitt samrådssvar att det finns behov av en riskutredning för farligt gods utefter hela sträckan.

Genom planområdet löper E6/E20, riksväg 40, Västkustbanan och Kust-till-kustbanan, vilka samtliga är transportleder för farligt gods (1). Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i planprocessen inom 150 meter från farligt gods-led (2). Med anledning av länsstyrelsernas krav, och Trafikverkets samrådsyttrande, upprättas denna riskbedömning.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för den fördjupade översiktsplanen, med avseende på närhet till farligt gods-leder.

Målet med riskbedömningen är utreda risksituationen inom planområdet. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

## 1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning och transport av farligt gods på väg och järnväg. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

## 1.4 Styrande dokument

Plan- och Bygglagen (2010:900) anger följande:

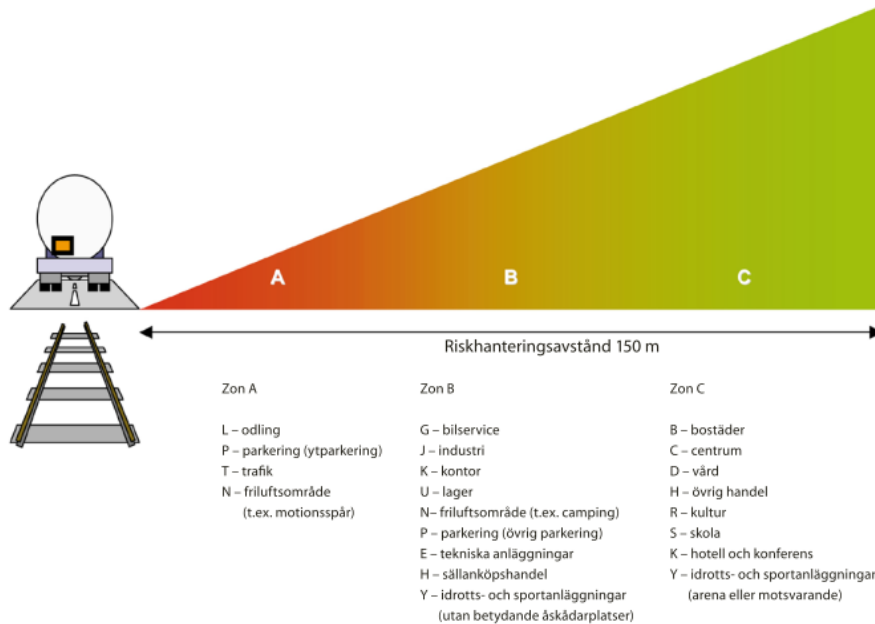
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

1. människors hälsa och säkerhet, ... (2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till:

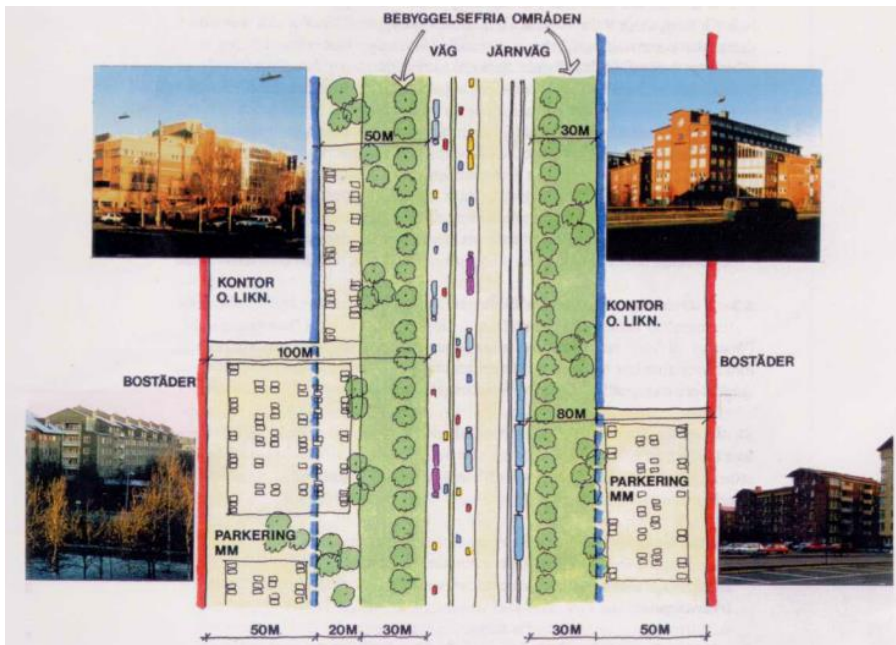
2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplanprocessen (2) anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods (2).

I Översiktsplan för Göteborg (3) anges avstånd som ska beaktas vid utarbetande av nya detaljplaner, se Figur 2.



Figur 2. Fysisk ram kring transportleder för farligt gods invid förnyelseområden (3).



## 1.5 Samråd

Vid framtagande av denna riskbedömning har inte WSP medverkat på några samråd kring riskfrågan. WSP bedömer att det är lämpligt att samråd där bland annat trafikprognoser och bedömningsgrunder för riskbedömning avhandlas i samband med framtagande av FÖP för Mölnålsåns dalgång.

## 1.6 Internkontroll

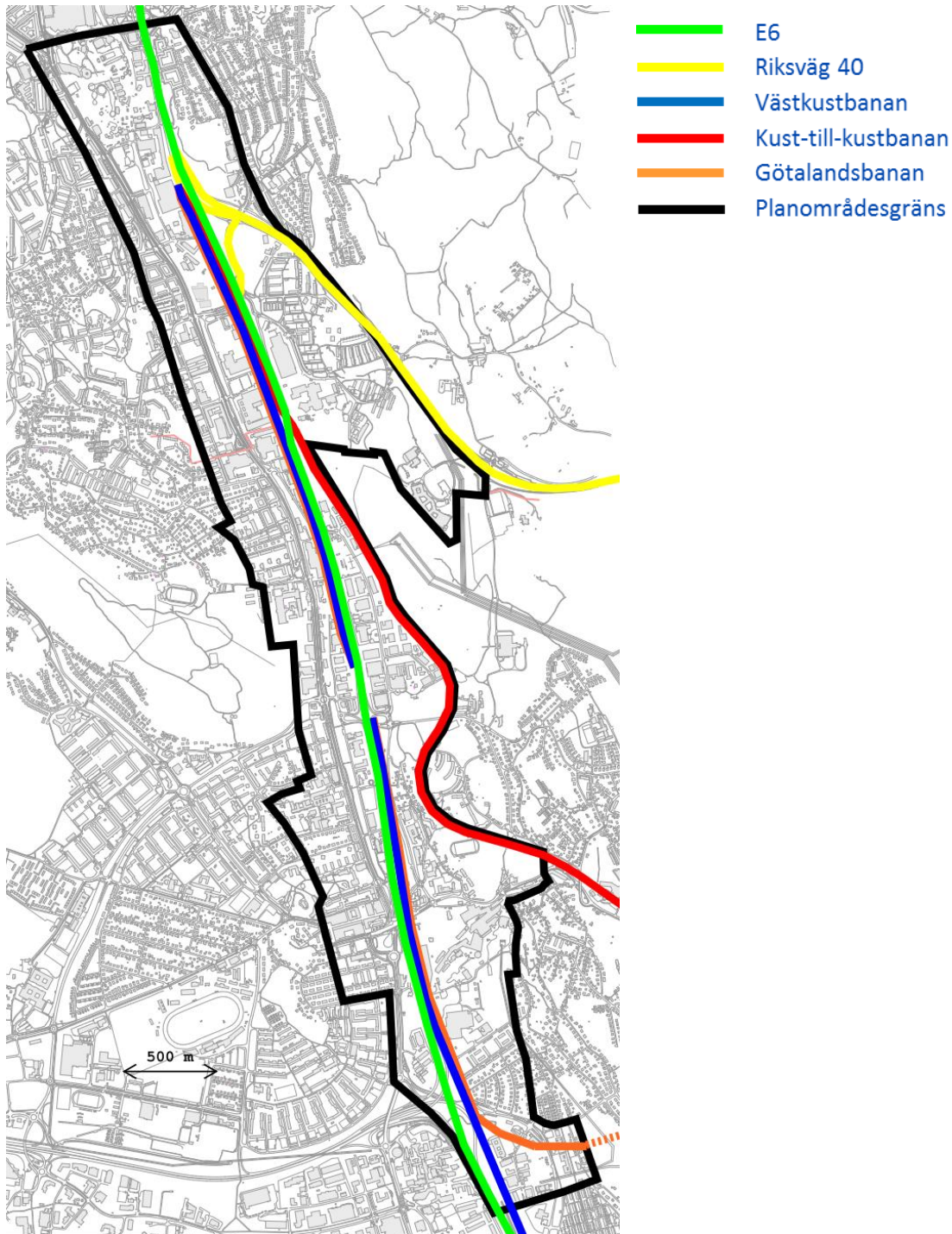
Rapporten är utförd av Fredrik Larsson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person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

## 2 Områdesbeskrivning

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet och dess infrastruktur.

### 2.1 Planområdet

Det aktuella planområdet sträcker sig från Örgrytemotet i Göteborg längs Mölnålsåns dalgång till Åbromotet i Mölndal. Genom och in anslutning till planområdet löper ett antal infrastrukturleder där det transporteras farligt gods, se vidare Figur 3.



Figur 3. Planområdets sträckning från Örgrytemotet i Göteborg till Åbromotet i Mölndal.

## 2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt redogörs för den infrastruktur där det sker transporter av farligt gods.

### 2.2.1 E6

Genom planområdet löper E6/Kungsbackaleden i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med två filer i vardera riktningen. E6 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h norr om Kallebäcksmotet och variabel, men maximalt 80 km/h söder om detsamma. År 2013 uppmättes trafikflöden (ÅMVD, vardagsmedeldygn) om 110300 fordon på E6 norr om Kallebäcksmotet och 87500 fordon söder om detsamma (4). Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 139000 fordon/dygn norr om Kallebäcksmotet och ca 110000 fordon/dygn söder om detsamma (uppräknings med 2% årligen enligt Trafikverket (5)). Samtliga farligt gods-klasser är representerade på E6.

I Bilaga A redogörs i detalj för de vägtrafiksiffror som används som beräkningsunderlag i denna rapport.

### 2.2.2 Riksväg 40

I den östra delen av planområdet löper riksväg 40 vilket är en primär transportled för farligt gods. Vägen utgör motorväg med två-tre filer i vardera riktningen. Hastighetsbegränsningen är 90 km/h Trafiken (ÅMVD) uppmättes till 57500 fordon/dygn för aktuell del av riksväg 40 år 2013 (4). Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 72500 fordon/dygn på aktuell del (uppräknings med 2% årligen enligt Trafikverket (5)). Samtliga farligt gods-klasser är representerade på riksväg 40.

I Bilaga A redogörs i detalj för de vägtrafiksiffror som används som beräkningsunderlag.

### 2.2.3 Västkustbanan

Parallellt med E6 löper Västkustbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser är representerade på Västkustbanan och år 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn (6).

I Bilaga C redogörs i detalj för de järnvägstrafiksiffror som används som.

### 2.2.4 Kust-till-kustbanan

Kust-till-kustbanan är i dagsläget en enkelspårig järnväg och är av interregional betydelse. Den sträcker sig mellan Göteborg och Kalmar samt Karlskrona via bland annat Borås. Banan trafikeras av gods- och persontåg. Enligt prognos kommer banan att trafikeras av 76 persontåg/dygn och 10 godståg/dygn år 2030 (7).

### 2.2.5 Götalandsbanan

Trafikverket har låtit upprätta en förstudie för den etapp av Götalandsbanan som enligt planen skall sträcka sig mellan Almedal och Mölnlycke (8). Götalandsbanan planeras för snabbtåg och projekteras inte för annat gods än av lättare typ, t.ex. posttåg. Farligt gods skall enligt uppgift inte trafikera banan (6). Banan planeras att trafikeras av ca 180 persontåg år 2030.

Det finns enligt förstudien ett antal olika alternativa sträckningar för banan mellan Almedal och Mölnlycke (8). Göteborgs och Mölndals stad bedriver planarbetet utifrån det alternativ i förstudien som benämns M1½ (9). Detta alternativ innebär att banan löper parallellt med Västkustbanan från Almedal, angör Mölndals station för att sedan böja av åt sydost och vidare mot Mölnlycke.

## 3 Omfattning av riskhantering och metod

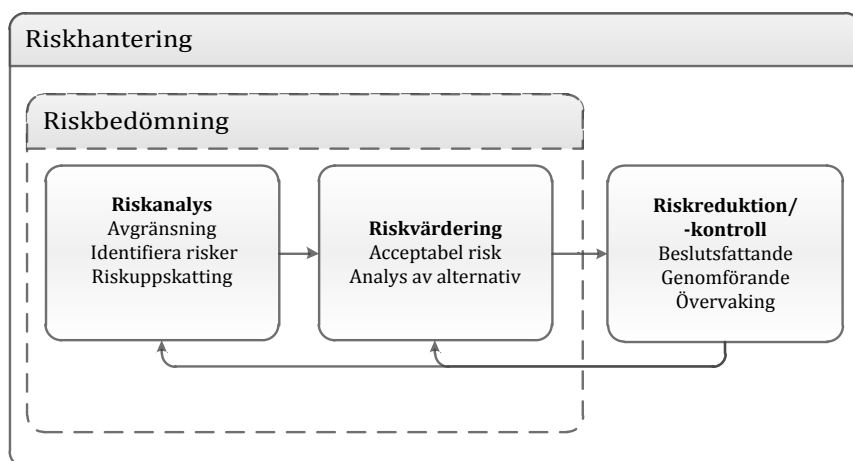
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

### 3.1 Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (10) (11), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 4. 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 4. Riskhanteringsprocessen.

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 det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

### 3.2 Metod för riskinventering

Samtliga riskkällor inom ca 150 meter, räknat från planområdets gräns, har inventerats enligt länsstyrelsens rekommendationer (2). Riskkällorna utgörs av transportleder för farligt gods (både järnväg och väg) och avseende dessa har trafikprognoser för horisontåret 2030 samt förekommande transportslag legat till grund för vilka riskscenarier som behöver beaktas vidare avseende påverkan på planområdet.

### 3.3 Metod för riskuppskattning

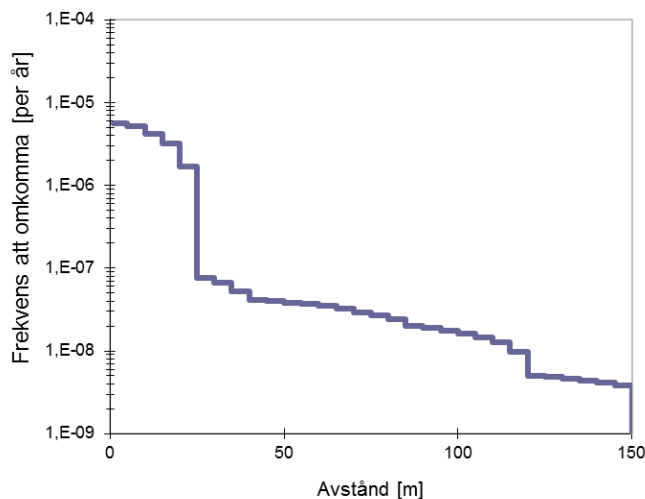
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåten individrisk och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område. På så vis tas risknivån för den enskilde individen i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsperspektiv).

#### 3.3.1 Individrisk

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus (12). Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 5.

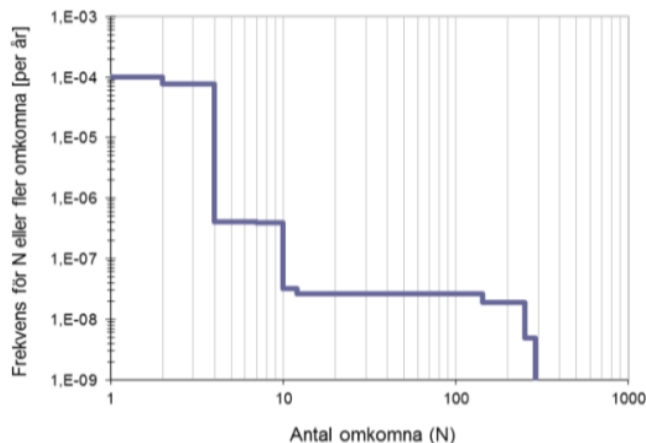


Figur 5. Exempel på individriskprofil.

#### 3.3.2 Samhällsrisk

Riskmättet samhällsrisk beaktar även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsriskens redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 6, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 6. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

I F/N-kurvan illustreras hur ofta 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. (Resten av stycket ska endast stå med om förväntat antal omkomna används) Eftersom axlarna i grafen är logaritmiska är det svårt att avgöra hur stor skillnaden mellan två (eller flera) givna kurvor är. Därför kan samhällsrisken även presenteras som ett förväntat antal omkomna per år. Detta tal kan ses som ett medelvärde av hur många som förväntas omkomma per år, och utgör ett mått på farligheten ur ett samhällsperspektiv.

### 3.3.3 Riskuppskattning väg

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport (13) beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga A.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för vägolyckor redovisas i Bilaga B.

### 3.3.4 Riskuppskattning järnväg

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverkets) rapport (14) beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga C.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för järnvägsolyckor redovisas i Bilaga D.

## 3.4 Metod för riskvärdering

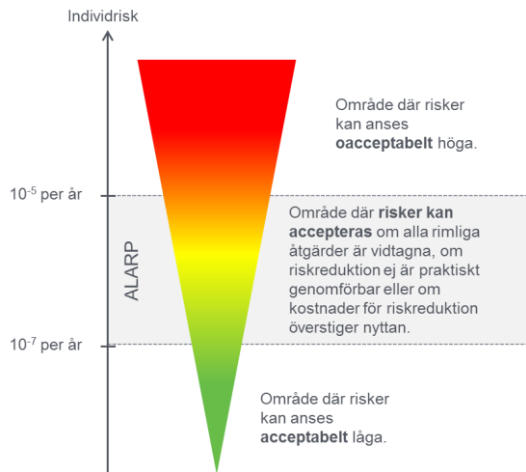
I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier eller vilken bedömningsgrund som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. I denna utredning används både de som är framtagna av Det Norske Veritas (DNV) på uppdrag av Räddningsverket (12), samt de aversionskurvor (för grupprisk) som är framtagna i samband med Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn

Transporter av farligt gods (15). Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. De beskrivs utförligare i följande avsnitt.

Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

### 3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier (12) gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 7.



Figur 7. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas (12):

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla 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, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttanalyser.
- De risker som kategoriseras som låga 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.

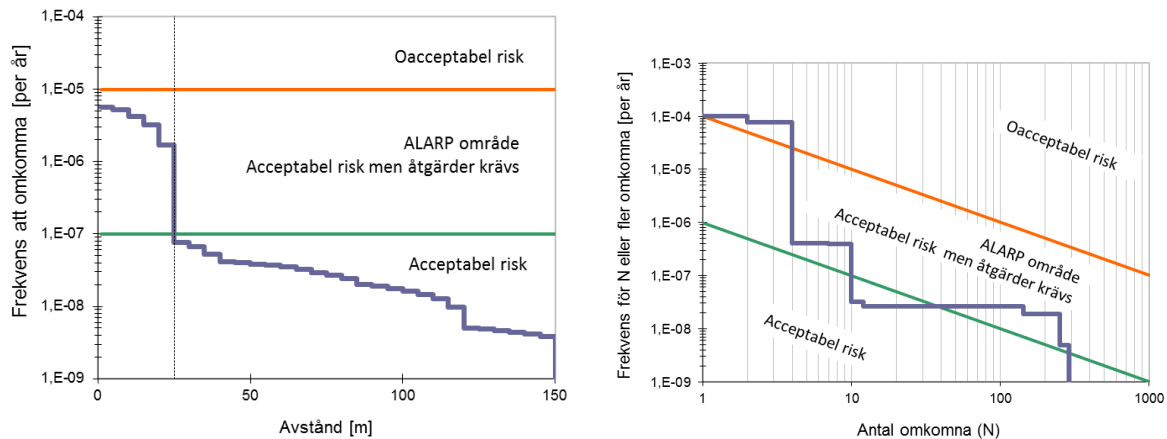
För individrisk föreslog DNV (12) följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras:  $10^{-5}$  per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:  $10^{-7}$  per år

För samhällsrisk föreslog DNV (12) följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $F=10^{-4}$  per år för  $N=1$  med lutning på  $F/N$ -kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:  $F=10^{-6}$  per år för  $N=1$  med lutning på  $F/N$ -kurva: -1

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön, se Figur 8.

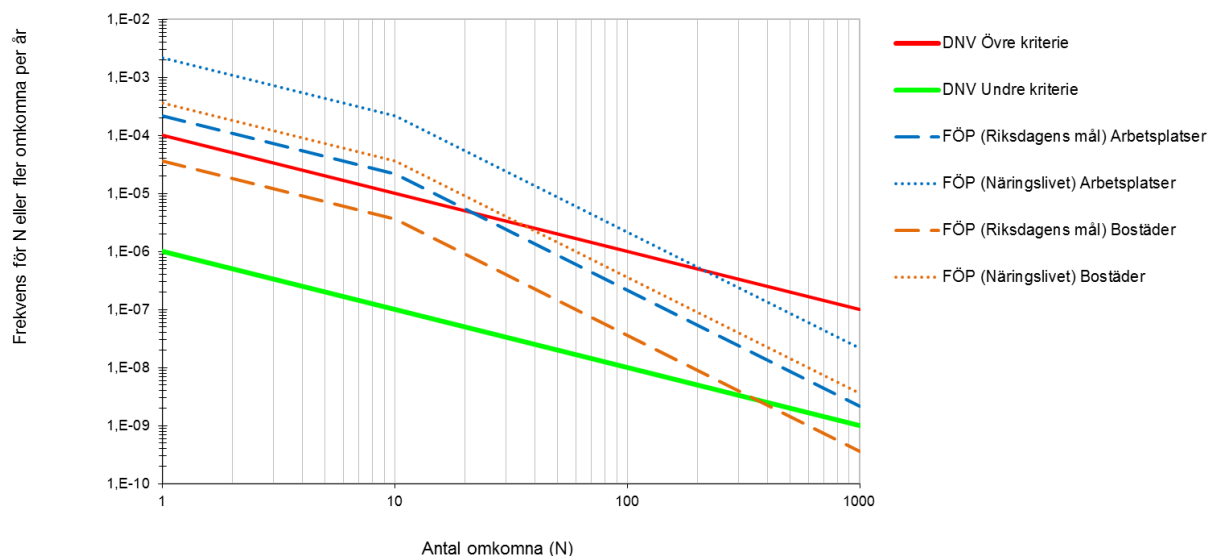


Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (12).

I denna riskbedömning redovisas individrisknivå och samhällsrisk för 1 km<sup>2</sup>.

### 3.4.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (15) har, i sin översiktsplan fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit ovan. Aversionskurvorna i Göteborgs översiktsplan finns dock i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder och gäller tät typbebyggelse på var sida om en 2 km lång riskkälla/transportled. DNV-kriterierna gäller generellt för 1 km<sup>2</sup> med centrum i en förmodad olycksplats. Därför har aversionskurvorna i FÖP anpassats att gälla längs en 1 km lång riskkälla. Resultatet visas i Figur 9.



Figur 9. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (12) och FÖP Göteborg (15).

Samtliga ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen, vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är tolerabel eller inte.



### 3.5 Metod för rekommendation av princip för exploatering

Det finns inga fastställda nationella kriterier eller riktlinjer för hur exploatering kring transportleder för farligt gods skall eller bör ske. Lokala skillnader i t.ex. geografiska förutsättningar, befolkningstäthet, antal och typ av förekommande riskkällor omöjliggör detta. Länsstyrelserna i storstadsregionerna har tagit fram ett policydokument (2) där en lämplig zonindelning nära transportleder för farligt gods presenteras, se Figur 1.

I Göteborgs översiktsplan, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (3) har Göteborgs faktiska förhållanden avseende riskkällor vägts samman med stadens behov och möjligheter till förtätning, se Figur 2. Korridorer med lämpliga skyddsavstånd mellan en transportled för farligt gods och olika typer av verksamheter (arbetsplatser och bostäder) har presenterats i detta arbete och kopplats till riskaversionskriterier som är vägledande i stadens planprocesser. Ett liknande arbete har gjorts i bland annat riktlinjer för Hallands län.

Skyddsavstånden i Göteborgs FÖP är inte direkt tillämpbara för Mölnålsåns dalgång eftersom flera riskkällor löper parallellt genom stora delar av planområdet. För att fastställa hur risknivån ser ut för de olika delarna av planområdet genomförs beräkningar för ett grundfall där bebyggelse placeras i enlighet med den rekommenderade fysiska ramen kring transportleder som rekommenderas i Göteborgs FÖP.

Riskvärdering görs därefter som tidigare nämnts i avsnitt 3.4 enligt riskaversionskriterierna baserad på zonindelningen i Göteborgs FÖP men med anpassning efter rådande förhållanden i planområdet. Om inte acceptabla risknivåer erhålls med den fysiska ramen enligt Göteborgs FÖP krävs således ytterligare riskreduktion. Förslag på riskreducerande åtgärder presenteras i detta fall. Därefter genomförs nya beräkningar för att fastställa att föreslagna zonindelningar medför en acceptabel risknivå.

### 3.6 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska således riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (16), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

## 4 Riskidentifiering

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

### 4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

- Transporter av farligt gods (E6, riksväg 40, Västkustbanan och Kust-till-kustbanan)
- Mekanisk skada vid urspårning (Västkustbanan, Kust-till-kustbanan och Götalandsbanan)

Inga Sevesoanläggningar eller andra farliga verksamheter har identifierats inom eller i planområdets närhet.

#### 4.1.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (ADR-S, RID-S) (17) (18) som tagits fram i internationell samverkan. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på vagnar för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods, d.v.s. för att transport av farligt gods inte ska innebära farlig transport. Farligt gods delas in i nio klasser som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ämnet. I Tabell 1 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 1. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma båda 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 uppemot 700 m (19).
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 för giftig gas över 800 m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 40 m från en pöl. 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 och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 200 m.
6	Giftiga eller 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 (20). 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 1 samt statistik över transporterade mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom vid olycksfordonets omedelbara närhet.

#### 4.1.2 Mekanisk skada vid urspårning

På Götalandsbanan förväntas inget farligt gods transporteras eftersom banan inte projekteras för godstrafik. Dock kan urspårningar på banan innebära mekanisk skada då urspårande vagnar lämnar banområdet och träffar människor eller byggnader. Detta gäller även i närområdet av övriga banor.

## 4.2 Sammanställning av olycksscenarier

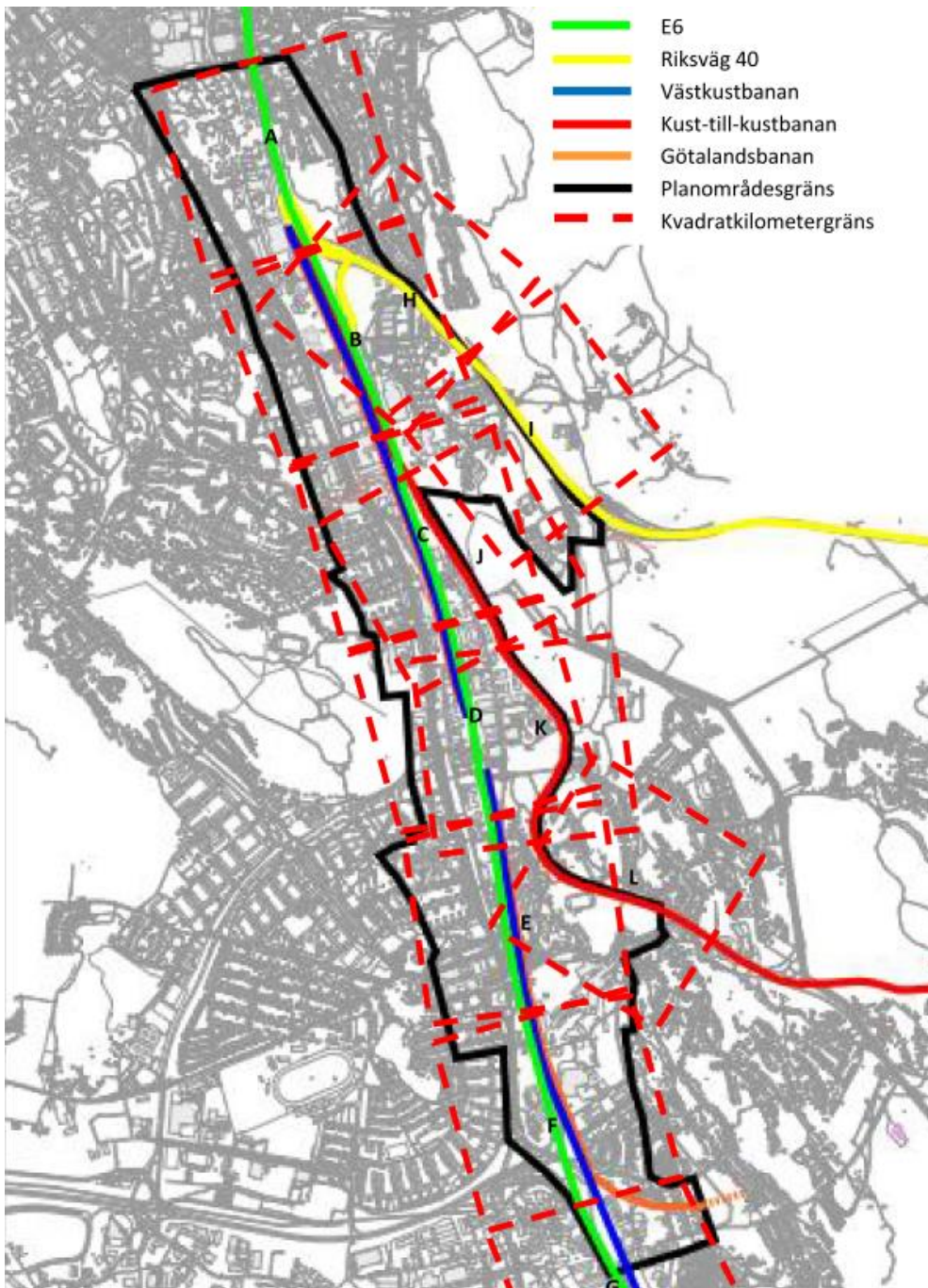
Utifrån detta behandlas följande scenarier vidare för respektive riskkälla (E6, riksväg 40, Västkustbanan och Kust-till-kustbanan):

- Farligt gods-olycka explosiva ämnen och föremål (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med giftigt gasutsläpp (klass 2.3)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)
- Mekanisk skada vid urspårning på Västkustbanan, Kust-till-kustbanan och Götalandsbanan.

## 5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från riskuppskattningarna tillsammans med föreslagna kriterier för riskvärdering. Den sammanlagda risknivån presenteras som individrisk och samhällsrisk, vilka definierats i avsnitt 3.3. Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

För att kunna hantera och bedöma det stora planområdet på ett rättvisande sätt har riskkällorna delats in i delsträckor om 1 km och planområdet i delområden om 1 km<sup>2</sup>. Dessa markeras med bokstäverna A-L i Figur 10 nedan. Detta görs för att kunna studera alla förekommande varianter på kombinationer och fördelning av riskkällor inom planområdet.

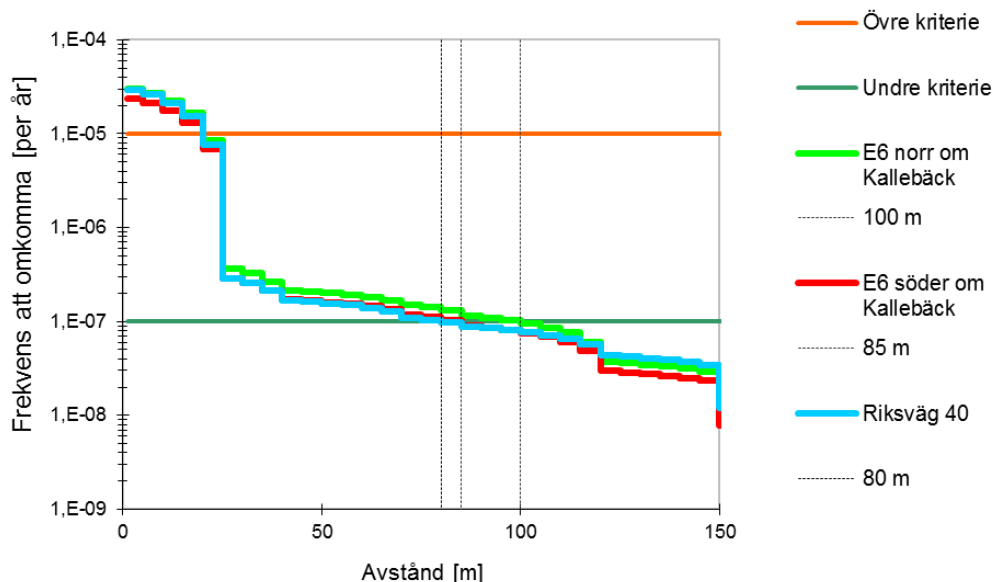


Figur 10. Indelning av planområdet i delsträckor om 1 km och delytor om 1 km<sup>2</sup> (markerade A-L).

## 5.1 Individrisknivå

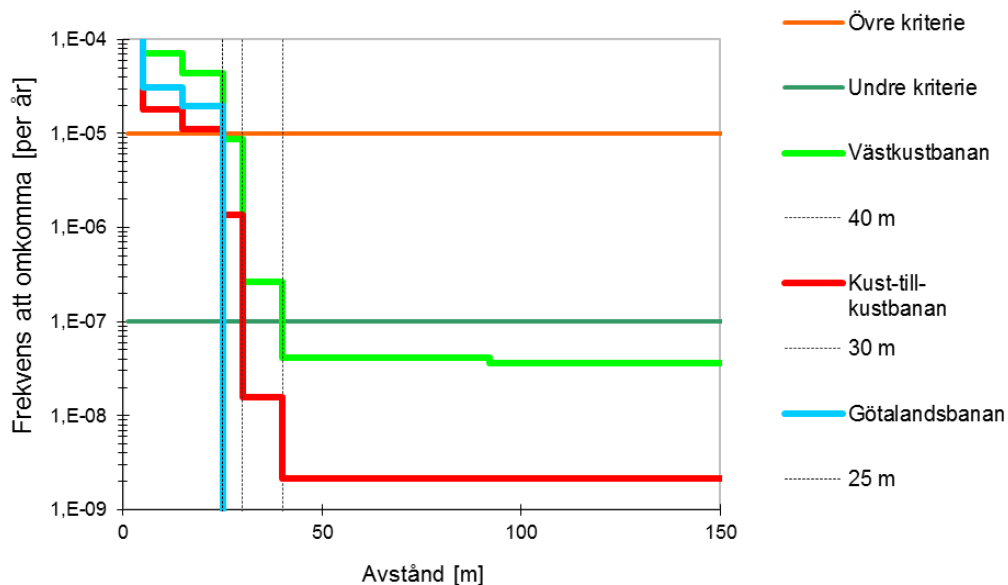
Individrisken har inledningsvis beräknats för varje riskkälla separat enligt metodik angiven i avsnitt 3.3. I flera fall är det flera riskkällor som löper parallellt med varandra genom planområdet. I dessa summeras riskbidraget från de förekommande riskkällorna.

I Figur 11 redovisas individriskbidraget från respektive aktuell vägsträcka där det transporteras farligt gods i och i anslutning till planområdet. I figuren kan utläsas att individrisken är att betrakta som oacceptabelt hög inom ca 20-25 meter från respektive riskkälla och acceptabel bortom ca 80-100 meter från desamma.



Figur 11. Individriskbidrag från farligt gods-transporter på E6 (norr och söder om Kallebäcksmotet) samt riksväg 40.

Järnvägarna har studerats på samma sätt och deras respektive riskbidrag presenteras i Figur 12. Risknivån är oacceptabelt hög inom ca 25-30 meter från respektive sträcka och acceptabel bortom 25-40 meter.



Figur 12. Individriskbidrag från farligt gods-transporter på Västkustbanan och Kust-till-kustbanan samt från urspårning på Götalandsbanan.

Med tanke på att flera riskkällor i många fall löper parallellt med varandra genom planområdet är det viktigt att summera risknivån i en så kallad kumulativ risknivå i förekommande punkter.

Individeriskprofiler för samtliga punkter återfinns i Bilaga E.

I Tabell 2 framgår den kumulativa individerisknivån på var sida av respektive punkt enligt Figur 10. I tabellen kan utläsas att den kumulativa risknivån är störst längs de delar av dalgången där E6 löper parallellt med Västkustbanan. För dessa sträckor (punkt B till punkt G) är individerisknivån oacceptabelt hög inom ca 30-40 meter från riskkällorna och acceptabel först efter ca 400-460 meter. I figurerna i Bilaga E framgår dock att individerisknivån är låg och i närheten av acceptabla nivåer efter ca 130-150 meter för dessa punkter.

**Tabell 2. Kumulativ individerisknivå längs identifierade riskkällor i och i anslutning till planområdet. Benämning av punkter enligt Figur 10.**

Punkt	Riskkälla (från väster)	Förskjutning (m) (väst-östlig riktning)	Individerisk- kriterium (DNV)	Avstånd (m)	
				Väster	Öster
A	E6	0	10 <sup>-5</sup> (oacceptabel) 10 <sup>-7</sup> (acceptabel)	20	20
				100	100
B	Götalandsbanan	Götalandsbanan (0)	10 <sup>-5</sup>	30	41
	Västkustbanan	Västkustbanan (0)	10 <sup>-7</sup>	428	458
	Kust-till-kustbanan	Kust-till-kustbanan (0)			
C, D	E6	E6 (±30)			
	Götalandsbanan	Götalandsbanan (0)	10 <sup>-5</sup>	25	41
E, F	Västkustbanan	Västkustbanan (0)	10 <sup>-7</sup>	413	458
	E6	E6 (±45)			
G	E6	E6 (0)	10 <sup>-5</sup>	41	25
	Västkustbanan	Västkustbanan (±58)	10 <sup>-7</sup>	458	400
	Götalandsbanan	Götalandsbanan (±58)			
H, I	Rv40	0	10 <sup>-5</sup>	20	20
			10 <sup>-7</sup>	80	80
J, K, L	Kust-till-kustbanan	0	10 <sup>-5</sup>	25	25
			10 <sup>-7</sup>	30	30

Sammantaget kan sägas att den uppskattade individerisknivån för stora delar av planområdet indikerar att riskreducerande åtgärder skall vidtagas vid förtätning i dalgången.

Med tanke på den höga exploateringen som planeras inom planområdet behöver dessutom en sammanvägning göras med samhällsrisknivån för att kunna ge ett tillräckligt beslutsunderlag avseende behovet och omfattningen av riskreducerande åtgärder.

## 5.2 Samhällsrisknivå

För att kunna uppskatta en framtida samhällsrisknivå i planområdet har skattningar av befolkningstäthet gjorts. Inom planområde önskas en hög grad av förtätning och dalgången på sikt få en bebyggelsestruktur som innebär blandstad att likna vid tät stadsmiljö.

För att kunna uppskatta var och i vilken omfattning människor kommer att vistas kring riskkällorna på sikt har utgångspunkt tagits i den bebyggelsestruktur som rekommenderas i FÖP Göteborg (Göteborgs översiktsplan, fördjupad för transporter för farligt gods (15)), se vidare Figur 2. Denna struktur gäller generellt för områden invid en riskkälla och kan därmed inte med automatik sägas vara giltig även i detta fall där upp till fyra riskkällor löper parallellt. Strukturen utgår dock ifrån förekommande olycksscenarioer förknippade med transporter av farligt gods och bedöms därmed användbar som ett inledande antagande.

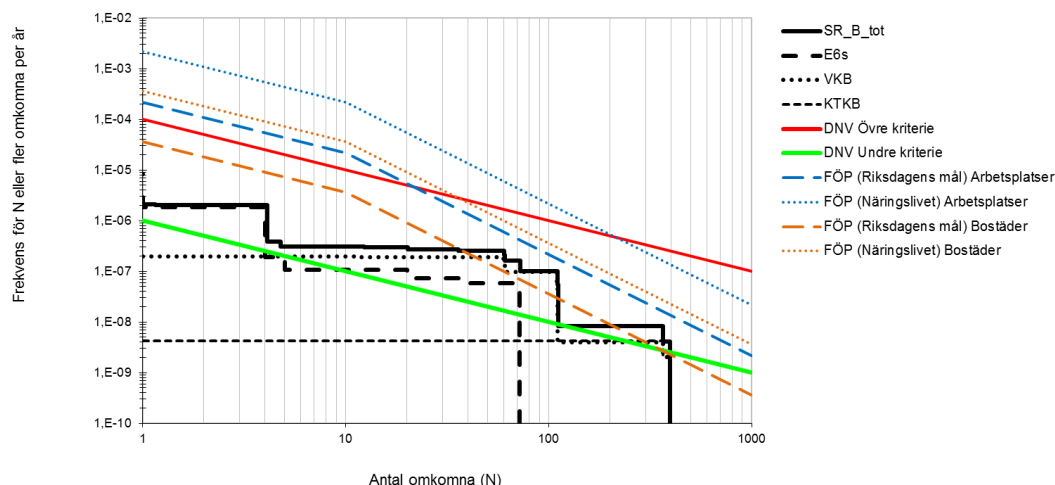
Den fysiska ram som rekommenderas kring transportleder för farligt gods i FÖP Göteborg innebär att:

- Kring järnvägar skall ett 30 meter bebyggelsefritt område upprätthållas. Därefter kan tät kontorsbebyggelse medges. Till bostäder skall avståndet uppgå till 80 meter.
- Kring vägar skall ett 50 meter bebyggelsefritt område upprätthållas. Därefter kan tät kontorsbebyggelse medges. Till bostäder skall avståndet uppgå till 100 meter.

Med en framtida fiktiv bebyggelsestruktur som följer avstånden enligt ovan och med befolkningstätheter för tät stadsmiljö enligt Bilaga B.1 kan samhällsrisk i respektive kvadratkilometer enligt Figur 10 beräknas. En sammanställning över samtliga beräknade samhällsrisker framgår av Bilaga F.

I Figur 13 redovisas, som ett exempel, den högsta beräknade samhällsrisk. Denna erhålls inom den kvadratkilometer med centrum i punkten B enligt Figur 10, där E6 löper parallellt med Västkustbanan, Kust-till-kustbanan och på sikt även Götalandsbanan. Denna punkt är belägen strax söder om Kallebäcksmotet. I Figur 13 kan utläsas att den sammanlagda samhällsrisk kring punkten B ligger inom det s.k. ALARP-området i förhållande till DNV:s kriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder skall vidtagas. Resultatet är liknande för övriga studerade delar om planområdet.

I förhållande till FÖP Göteborgs kriterier (21) klaras båda acceptanskriterierna som anges för arbetsplatser. Avseende bostäder överskrider det nedre något.



**Figur 13. Samhällsrisknivå i punkten B med avseende på farligt gods-transporter på E6, Västkustbanan, Kust-till-kustbanan och Götalandsbanan.**

Någon koppling mellan DNV:s och FÖP Göteborgs kriterier finns inte, men en sammantagen värdering av samhällsrisknivån för planområdet enligt givna förutsättningar är att riskreducerande åtgärder skall vidtagas. Det räcker således inte med enbart en fysisk ram enligt FÖP Göteborg.

## 6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (16). De åtgärder som bedöms kunna reducera riskerna utgörs av nedanstående förslag.

### 6.1 Presentation av riskreducerande åtgärder

- Skyddsavstånd
- Dike
- Avåkningsräcke
- Vegetation
- Vall
- Mur/plank
- Disposition av byggnad
- Placering av friskluftintag
- Förstärkning av stomme/fasad
- Begränsning av fönsterarea
- Brandskyddad fasad

### 6.2 Kvalitativ bedömning av åtgärdernas riskreducerande effekt

#### 6.2.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

Som fastslagits i avsnitt 5.2 är inte de skyddsavstånd som föreslås i Göteborgs FÖP tillräckliga i delar av planområdet där E6 löper parallellt med Västkustbanan. För att undvika behov av ytterligare åtgärder skulle skyddsavstånden behöva ökas. Det går inte att fastställa ett generellt skyddsavstånd i dalgången beroende på lokala förutsättningar, topografi, antal riskkällor etc. Om denna åtgärd är aktuell att vidta bör den utredas vidare i kommande detaljplaneärenden.

#### 6.2.2 Dike

Den riskreducerande effekten av ett dike är att man kan begränsa en pölbrands utbredning. För denna effekt behöver man säkerställa att ett läckage inte kan spridas förbi diket genom att t.ex. ett fordon vid en olycka hamnar på fel sida av diket. Detta kan ske genom att placera avåkningskydd mellan vägen/järnvägen och diket. Dikets nödvändiga bredd, djup och höjd behöver utredas och regleras i



detaljplan. Dike anses vara en åtgärd med god riskreducerande effekt och bedöms vara praktiskt genomförbar.

Ett dike kan i vissa fall även användas som avåkningsskydd för fordon på väg och järnväg. Dikets nödvändiga bredd, djup och höjd behöver utredas för att det ska ha förmåga att ta upp de laster som kan bli aktuella. Om ett dike utformas för att ha funktionen avåkningsskydd behöver detta regleras i detaljplan. Den riskreducerande effekten bedöms som begränsad och åtgärden bedöms som tveksam att omsätta i praktiken.

### 6.2.3 Avåkningsräcke

Avåkningsräcke kan i kombination med t.ex. dike eller tät mur förhindra att brandfarlig vätska rinner mot bebyggelse. I detta avseende kan åtgärden vara en del för att reducera strålningspåverkan. Om avåkningsräcke är en förutsättning för att reducera spridning av brandfarlig vätska behöver den regleras i detaljplan. Räckets funktion, utsträckning och dimensionerande last behöver utredas i det enskilda fallet. I kombination med dike eller tät mur bedöms avåkningsräcke ha god riskreducerande effekt och vara praktiskt genomförbar.

I de fall man behöver skydda konstruktioner från olyckslaster från fordon på väg eller järnväg är avåkningsräcke ett mindre skrymmande alternativ än t.ex. en vall. Räckets funktion, utsträckning och dimensionerande last behöver utredas i det enskilda fallet. Det bedöms vara möjligt att utforma ett räcke så att begränsat skydd mot avåkning av fordon på väg uppnås. För de laster som ett urspårat tåg kan innebära bedöms det vara tveksam till om någon riskreducerande effekt kan uppnås.

### 6.2.4 Vegetation

Vegetation kan i vissa fall lindra effekten av en olycka med farligt gods eller vid avåkning/urspårning. Träd och buskage kan lindra en brands infallande strålning på föremål i omgivningen, i viss mån kan mindre projektiler och splitter fångas upp så att dessa inte träffar föremål i omgivningen och utsläpp av brandfarlig gas eller giftig gas kan i viss mån spädas när gasen passerar vegetation. I vissa fall kan även träd skydda omgivningen vid en avåkning. Denna åtgärd är dock inte lämplig eftersom skadan på fordon kan bli avsevärt större än vid avåkningsräcke.

Den riskreducerande effekten av vegetation bedöms generellt som tveksam. Dessutom är tillförlitligheten ytterst osäker. Nyplanterade träd har oftast inte tillräcklig storlek för att åstadkomma avsedd effekt, underhållsbehovet är stort och effekten är säsonsberoende om träden är lövfällande. Vid större stormar kan träden falla och det kan ta tid att ersätta dessa.

WSP anser inte att vegetation är en lämplig riskreducerande åtgärd att reglera i detaljplan.

### 6.2.5 Vall

En vall av jordmassor kan fungera som en fysisk barriär mellan farligt gods-led och planområde. Vallens tjänar som en avgränsning mot planområdet vid utsläpp av vätskor. Beroende på vallens höjd och utsläppsriktning kan en vall i viss mån även reducera påverkan på omgivningen vid en jetflamma. Gasutsläpp nära marken kan, till följd av den turbulens som vällen skapar i viss mån reduceras och avåkningar mot planområdet förhindras. Åtgärden har dessutom hög tillförlitlighet och kräver ingen skötsel avseende bibehållen riskreducerande effekt. En vall är dock förhållandevis dyr och skrymmande. Vallens höjd, innehåll och utbredning behöver utredas i detalj för att säkerställa den riskreducerande effekten.

### 6.2.6 Mur/plank

Mur eller plank har liknande riskreducerande effekt som vall. Mur eller plank väljs ofta som alternativ i de fall utrymmet mellan riskkälla och planområde inte är tillräckligt för en vall.

För att erhålla skydd mot avåkning behöver muren normalt förstärkas och grundläggas.

Om muren eller planket är tätt kan det förhindra att brandfarlig vätska rinner mot bebyggelse. Därmed kan strålningspåverkan på omgivningen kontrolleras. Detta förutsätter dock att muren är dimensionerad för att omhänderta de laster som kan uppkomma vid avåkning/urspårning alternativt att muren skyddas av ett avåkningsräcke.

I viss mån kan en mur eller ett plank begränsa påverkan av splitter på omgivningen vid en explosion. Beroende på höjden av muren eller planket och utsläppsriktning kan i viss mån även påverkan på omgivningen från en jetflamma reduceras.

I viss mån kan även plank, murar och bullerskärmar reducera strålningspåverkan på omgivningen. Denna effekt är som störst vid mindre bränder t.ex. fordonsbränder. Vid stora pölbränder med brandfarlig vätska kan flammhöjden i vissa situationer bli uppemot 27 m. En strålningsskärm på ca 3 m nära kanten av den brinnande pölen ger i detta fall endast en obetydlig strålningsreduktion på omgivningen.

### 6.2.7 Disposition av byggnad

Genom att i detaljplan reglera disposition av bebyggelse så att t.ex. utrymningsvägar och entréer placeras i skydd av byggnaden i förhållande till riskkällan. Det är tveksamt om en detaljplan kan reglera att endast utrymmen i byggnaden, där människor inte förväntas vistas annat än tillfälligt, får lokaliseras närmast riskkällan. Om dessa åtgärder går att reglera i detaljplan är det tveksamt hur dessa skyddsåtgärder kan säkerställas över tiden, vid t.ex. ändring av byggnaden. Det är även tänkbart att byggnadens användning blir begränsad.

Om dessa åtgärder kan säkerställas bedöms viss riskreducerande effekt erhållas från olyckor med splitter, strålning, gasmolnsexplosion och jetflamma.

### 6.2.8 Placering av friskluftsintag

I dag har merparten av ny bebyggelse täta fasader och är försedda med central ventilation med ett enda friskluftsintag. Om detta friskluftsintag placeras så långt från riskkällan som möjligt, kan påverkan vid ett utsläpp med giftig gas begränsas. Om ventilationsanläggningen även kan nödstoppas kan personer som vistas i en sådan byggnad vara relativt skyddade förutsatt att någon upptäcker att en olycka med giftig gas inträffat och att denne har förmåga att nödstoppa ventilationsanläggningen.

Placering av friskluftsintag och att dessa ska kunna nödstoppas bedöms vara möjligt att reglera i detaljplan.

### 6.2.9 Förstärkning av stomme/fasad

Genom att förstärka stomme och/eller fasad kan viss tryckpåverkan vid explosion, splitter eller krafter från avåkta fordon eller urspårade tåg tas upp utan att bygganden rasar eller fortskridande ras inträffar. De dimensionerande lasterna vid explosion blir dock i många fall så stora att omfattning av nödvändiga förstärkningsåtgärder innebär stora kostnader och även begränsar användning av bebyggelsen.

Dimensionerande laster och vilka förstärkningsåtgärder som krävs behöver utredas i det enskilda fallet och eventuellt regleras i detaljplan.

### 6.2.10 Begränsning av fönsterarea

Åtgärden innebär att fönsterarean, inklusive så kallad öppningskomplettering (dörr, port, glasparti) i en fasad begränsas till en viss andel av fasadarean. Även fasader helt utan fönster och öppningar kan anges. Färre öppningar innebär att fasadens svagaste konstruktionsdel minskas och vid explosioner

minskas exponering för tryckvåg och splitter med färre öppningar. I de fall fönsterarena begränsas erhålls även visst skydd mot strålning, gasmolnsexplosion, jetflamma och BLEVE.

Åtgärden bedöms kunna regleras i detaljplan men kan därmed begränsa byggnadens användningsområde.

### 6.2.11 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster och dörrar utförs i brandteknisk klass samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. Fasader utförda i brandteknisk klass ska förhindra brandspridning genom väggen under en viss tid, beroende på brandens intensitet. Denna åtgärd betyder dock inte att fasaden inte kan antändas eller att brandspridning inte kan ske via fasaden till vind eller liknande. För att reducera denna risk behövs även fasadmaterial regleras så att svårantändlighet säkerställs.

Brandskyddad fasad fördröjer brandspridning vidare in i en byggnad. Brandklassade fönster öppnas endast med nyckel och förväntas vara stängt utom vid rengöring och underhåll.

Åtgärden bedöms skydda mot strålningspåverkan och kan i viss mån skydda mot gasmolnsexplosion, jetflamma och BLEVE.

## 6.3 Sammanställning av åtgärdernas riskreducerande effekt

I Tabell 3 ges en grov vägledning om vilka åtgärder som kan vara lämpliga att överväga i den fortsatta planprocessen som ett komplement eller alternativ till skyddsavstånd. Funktion och utformning av valda riskreducerande åtgärder måste utredas och optimeras specifikt i det enskilda fallet och regleras i detaljplan.

Tabell 3. Sammanställning av åtgärders riskreducerande effekt fördelat för respektive typ av olycka.

Riskreducerande åtgärd	ADR/RID Klass 1			ADR/RID Klass 2			ADR/RID Klass 3			ADR/RID Klass 5			
	Tryck	Strålningspåverkan	Splitter	Gasmolnsexplosion	Jetflamma	BLEVE	Utsläpp giftig gas	Strålningspåverkan	Tryck	Splitter	Trafikolycka	Ursparning tåg	Avåkning lastbil
Dike								X				X	X
Avåkningsräcke								X				X	X
Vegetation			X	X			X	X		X		X	X
Vall	X	X	X		X			X		X		X	X
Mur/plank	X	X	X	X	X			X		X		X	X
Disposition av byggnad	X	X	X	X	X			X		X			
Placering friskluftsintag							X						
Förstärkning av stomme/fasad	X		X						X	X		X	X
Begränsning av fönsterarea	X	X	X	X	X	X		X	X	X			
Brandskyddad fasad		X		X	X	X		X					

X	Tveksam riskreducerande effekt eller svårighet att genomföra praktiskt
X	Begränsad riskreducerande effekt eller utmanande att genomföra praktiskt
X	God riskreducerande effekt och möjlig att genomföra praktiskt
	Ingen riskreducerande effekt

## 6.4 Sammanfattning av rekommenderade åtgärder

Det är inte möjligt att generellt fastställa ett åtgärds paket som är optimerat och som reducerar riskerna i alla planområdets delar till acceptabla nivåer. Detta beror på att risknivåerna och de lokala förutsättningarna såsom t.ex. topografi och antal förekommande riskkällor skiljer sig åt inom planområdet. En lokal optimering kräver därför nyansering och vidare utredning.

Nedan presenteras dock ett förslag till riskreducerande åtgärds paket, vilket WSP bedömer sänka risken till acceptabel nivå för den del av planområdet där risknivån beräknats vara högst (punkten B strax söder om Kallebäcksmotet). Denna punkt bedöms representera den allra största delen av planområdet där E6 och Västkustbanan löper parallellt. Det har här förutsatts att det är önskvärt att undvika för långa skyddsavstånd (längre än de som anges i Göteborgs FÖP) från riskkällorna då detta begränsar markanvändningen mycket i det smala planområdet.

- En zon om minst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg lämnas bebyggelsefri. Ytparkering, lokalgata etc. kan medges inom denna zon. Avståndet räknas från den närmast liggande transportleden för farligt gods åt väster respektive öster. Det förutsätts att väg är försedd med avåkningskydd i form av räcke, vall eller tråg etc.
- ”Första radens byggnader” placeras som närmst 30 meter från järnväg och 50 meter från väg och uppförs för arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter, vilka bland annat kännetecknas av en relativt låg persontäthet. För att ge en skyddande effekt bör de utföras lika höga, som bakomliggande bostadsbebyggelse och som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna.
- Bostäder placeras generellt 80 meter från järnväg respektive 100 meter från väg. Där tät skärm/buffert i form av sammanhängande bebyggelse (arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter) uppförs mellan riskkälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 respektive 80 meters skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder.
- ”Första radens byggnader” utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- ”Första radens byggnader” ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. ”Andra radens byggnader” förväntas kunna utrymma i skydd av ”första radens byggnader”.

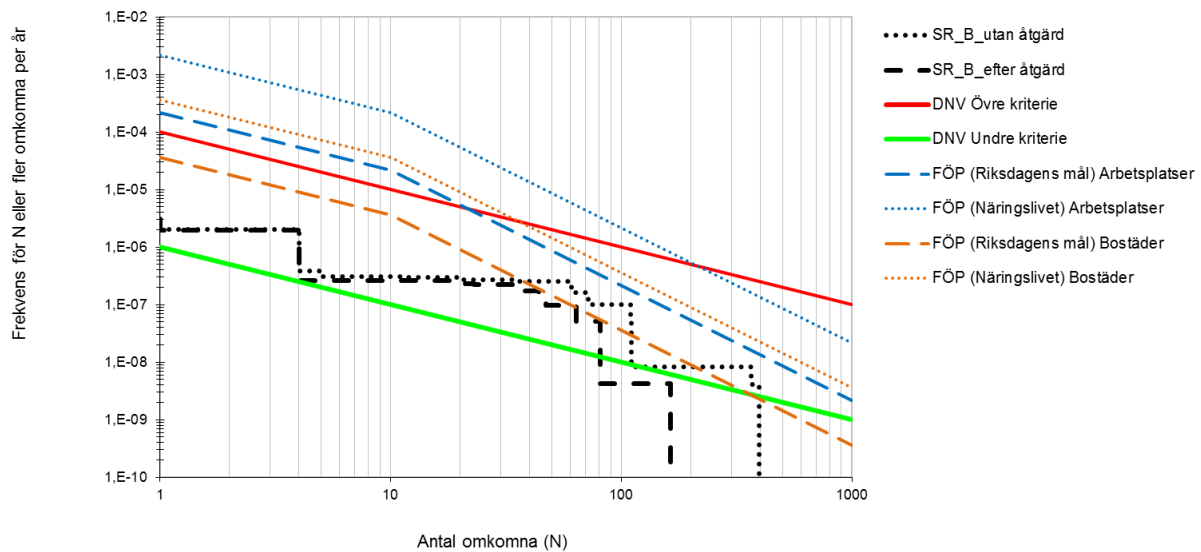
## 6.5 Risknivå efter rekommenderade åtgärder

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kommer att behöva utföras i kommande detaljplaneskeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt föreslaget åtgärds paket kan komma att medföra för risksituationen.

- Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas. Detta antagande baseras på resultat av spridningsberäkningar utförda i tidigare jämförbara uppdrag (22).
- Med tät, buffrande och avskärmade bebyggelse närmst riskkällorna bedöms andelen omkomna i bostadszonen kunna sänkas med 25% för explosioner och giftiga gaser och 75% för bränder.

Samma åtgärds paket har ansattas för samtliga studerade delar inom planområdet. Den riskreducerande effekten presenteras i Bilaga G, där risknivå före och efter vidtagna åtgärder sammanställts för respektive punkt A-L enligt Figur 10. Där framgår även att åtgärds behovet och den riskreducerande effekten är olika stora för olika studerade delar av planområdet. Störst behov och bäst effekt erhålls vid de områden där E6 och Västkustbanan löper parallellt.

I Figur 14 nedan presenteras den riskreduktion som föreslaget åtgärds paket ger för den del av planområdet där risknivå beräknats vara högst (punkten B strax söder om Kallebäcksmotet).



**Figur 14. Bedömd risknivå efter vidtagna åtgärder.**

Med samtliga ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle risknivå i enlighet med Figur 14, till fullo klara FÖP:s riskkriterier avseende arbetsplatser och bostäder samt ligga inom den nedre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s kriterier. Givet att alla rimliga åtgärder anses ha vidtagits bör därmed risknivå, avseende såväl arbetsplatser och bostäder, vara tillfyllest enligt definitionen för ALARP.

## 7 Osäkerheter

Riskbedömningar är alltid förknippade med osäkerheter, i större eller mindre utsträckning. Kunskapsosäkerheter, förknippade med bl.a. underlagsmaterial och beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på kan reduceras med t.ex. tillgång till mer detaljerad data. De antaganden och förutsättningar som främst är belagda med osäkerheter är:

- Trafikprognoser till horisontåret 2030
- Persontätheter inom planområdet
- Information om flödet av farligt gods på vägar och järnvägar
- Framtida förändringar av farligt gods-trafiken i området
- Konsekvensområden för farligt gods-klasser

Det har gjorts ett antal antaganden p.g.a. avsaknad av data. De antaganden som gjorts har därför konsekvent varit konservativa, för att säkerställa att riskerna inte underskattas. Till de konservativa skattningar som bör nämnas hör:

- Trafikprognosen för vägnätet bedöms som väl tilltagen. En uppräknings av trafiken med 2% årligen fram till horisontåret 2030 har utförts i enlighet med Trafikverkets instruktioner (5). Det är dock tveksamt om t.ex. E6 rymmer den prognostiserade trafiken. Dessutom har Göteborg infört trängselskatt, vars trafikbegränsande effekter inte tillgodoräknas i den schablonmässiga uppräknings med 2% årligen.
- Även trafikprognosen för järnvägen bedöms som väl tilltagen och speglar snarare vilken kapacitet trafiksystemen byggs för snarare än en verklig prognos för framtida trafikutveckling.
- Den persontäthet som ansätts inom planområdet gäller tät stadsmiljö och uppgår till 4100 personer/km<sup>2</sup> (23). Denna täthet kan sättas i relation till den som används för tätbebyggda områden i RIKTSAM, vilket är 1000 personer/km<sup>2</sup> (24).
- För den mest frekventa farligt gods-klassen på både väg och järnväg (ADR/RID-klass 3) har antagits att all transporterad brandfarlig vätska utgörs av bensin vilket bedöms vara ett konservativt antagande då bensin är mer lättantändligt och har andra brandegenskaper än t.ex. eldningsolja etc, vilket alltjämt utgör en betydande del av transporterad mängd inom klassen.

På grund av att de antaganden som gjorts är konservativa bedöms osäkerheterna i analysen åtminstone inte påverka värderingen av riskerna så att de undervärderas. Riskberäkningarna visar på en risknivå som inte är direkt acceptabel och slutsatsen av detta är att riskreducerande åtgärder rekommenderas. Därmed torde behovet av ytterligare variationer i indata i känslighetsanalyser vara underordnat för riskberäkningarna.

Med tanke på den stora mängd data av olika kvalitet, antaganden, bedömningar och förenklingar som behövs för att ta fram en riskbedömning, likt denna, kan relevansen och resultaten självklart ifrågasättas. I det sammanhanget bör det övervägas hur beslutsunderlag skulle kunna tas fram istället. Ett systematiskt och strukturerat arbetssätt, där befintlig kunskap i form av indata, antaganden och bedömningar presenteras på ett transparent sätt, ger möjlighet för ifrågasättande och oberoende analys samt minskar risken för onödiga missförstånd mellan inblandade parter (25).

## 8 Slutsatser

Beräkningar av individ- och samhällsriskerna påvisar högre risknivåer än vad som kan anses vara direkt acceptabelt i främst de delar av planområdet där E6 och Väst kustbanan löper parallellt.

Detta innebär att den fysiska ram som föreslås i Göteborgs översiktsplan, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods inte enkom är tillräcklig i de delar där E6 löper parallellt med Väst kustbanan. Ytterligare riskreduktion krävs för att acceptabla risknivåer skall erhållas.

Det är inte möjligt att generellt fastställa ett åtgärds paket som är optimerat och som reducerar riskerna i alla planområdets delar till acceptabla nivåer. Detta beror på att risknivåerna och de lokala förutsättningarna såsom t.ex. topografi och antal förekommande riskkällor skiljer sig åt inom planområdet. En lokal optimering kräver därför nyansering och vidare utredning.

I riskbedömningen presenteras dock ett åtgärds paket som bedöms sänka risknivåerna till acceptabla nivåer där risknivåerna funnits vara som störst. Samma bedömning görs därmed även för övriga delar av planområdet där risknivåerna generellt är lägre. Så är fallet invid t.ex. den norra delen av planområdet där E6 utgör enda riskkällan norr om Kallebäck. Så är också fallet längs riksväg 40 och längs Kust-till-kustbanan i de östra delarna. För dessa delar är åtgärds behovet lägre och andra åtgärder än de som föreslås enligt ovan är tänkbara.

WSP bedömer slutligen att den bebyggelsestruktur med tillhörande åtgärds paket som presenteras i denna riskbedömning bör kunna utgöra ett underlag för fortsatt planering av förtätning i Mölnålsåns dalgång.

Med hänsyn till att det föreligger stora lokala variationer inom planområdet rekommenderas att, med stöd i denna riskbedömning, studera aktuell risksituation, åtgärds behov, förslag på åtgärder och deras riskreducerande effekt i samband med framtida detaljplaneärenden i Mölnålsåns dalgång. På så vis kan det övergripande åtgärds paketet som presenterats optimeras och på vissa platser reduceras i omfattning.

## Bilaga A. Frekvensberäkningar – väg

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport (13) 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 (20) 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 två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det första/ andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

### A.1. Statistiskt underlag och prognoser – väg

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2030.

### A.2. Trafikprognoser

#### A.2.1 E6

År 2013 uppmättes trafikflöden (ÅMVD, vardagsmedeldygn) om 110300 fordon på E6 norr om Kallebäcksmotet och 87500 fordon söder om detsamma (4). Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 139000 fordon/dygn norr om Kallebäcksmotet och ca 110000 fordon/dygn söder om detsamma (uppräknings med 2% årligen enligt Trafikverket (5)).

#### A.2.2 Riksväg 40

Trafiken (ÅMVD) uppmättes till 57500 fordon/dygn för aktuell del av riksväg 40 år 2013 (4). Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 72500 fordon/dygn på aktuell del. (uppräknings med 2% årligen enligt Trafikverket (5)).

#### A.2.3 Andel tung trafik

Utav den totala trafiken förutsätts ca 10 % utgöras av tung trafik (26).

#### A.2.4 Andel farligt gods

Av den tunga trafiken förutsätts ca 2,5 % utgöras av transporter med farligt gods (26).

#### A.2.5 Indata i beräkningsmodellen

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används följande värden.



**Tabell 4. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.**

	E6 norr om Kallebäck	E6 söder om Kallebäck	Riksväg 40
ÅDT [fordon per dygn]	139001,9657	110269,0118	72462,49344
Hastighetsgräns [km/h]	70	80	90
Antal fordon med FG	278,0	220,5	144,9
Olyckskvot	0,7	0,7	0,7
Andel singelolyckor	0,35	0,35	0,35
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,12	0,09	0,06
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	8,5	10,8	16,4

#### A.2.6 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 transporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton (27).

Tabell 5 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2010, vilket anses representera den undersökta vägsträckan år 2030 (27) och (28).

**Tabell 5. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser för respektive alternativ.**

	E6 norr om Kallebäck	E6 söder om Kallebäck	Riksväg 40
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	278	230	145
ADR-S klass			
1	2,32%	2,32%	2,32%
2.1	11,87%	11,87%	11,87%
2.3	0,08%	0,08%	0,08%
3	72,74%	72,74%	72,74%
5	3,48%	3,48%	3,48%
Övriga	9,51%	9,51%	9,51%

#### A.2.7 Metodik för frekvensberäkningar

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

### A.3. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (17). 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.

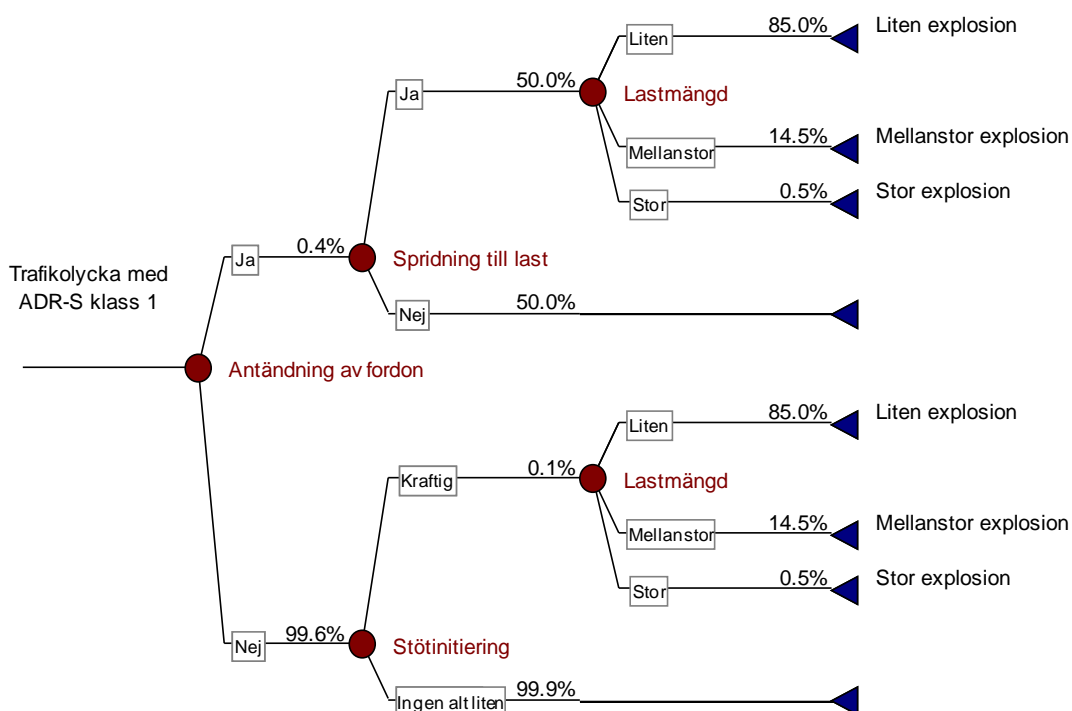
#### A.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (29) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplösiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplösiva varor.

#### A.3.2 Händelsesträd med sannolikheter

Figur 15 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 15. Händelsesträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

#### A.3.2.1. Antändning av fordon

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.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (30). Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % (31) (32).

#### A.3.2.2. Brandspridning till lasten

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

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats (33), 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 bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden 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 (15), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

#### A.3.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (34). Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO (35) anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

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

#### A.3.2.4. 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 (36) (37).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (38) 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 (39). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens (40) tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell 6 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 6. 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

## A.4. 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 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) (17). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

### A.4.1 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, och gaserna är vanligtvis inte giftiga<sup>1</sup>. Brandfarliga gaser är ofta luktfria (41). Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (15).

För brandfarliga 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).

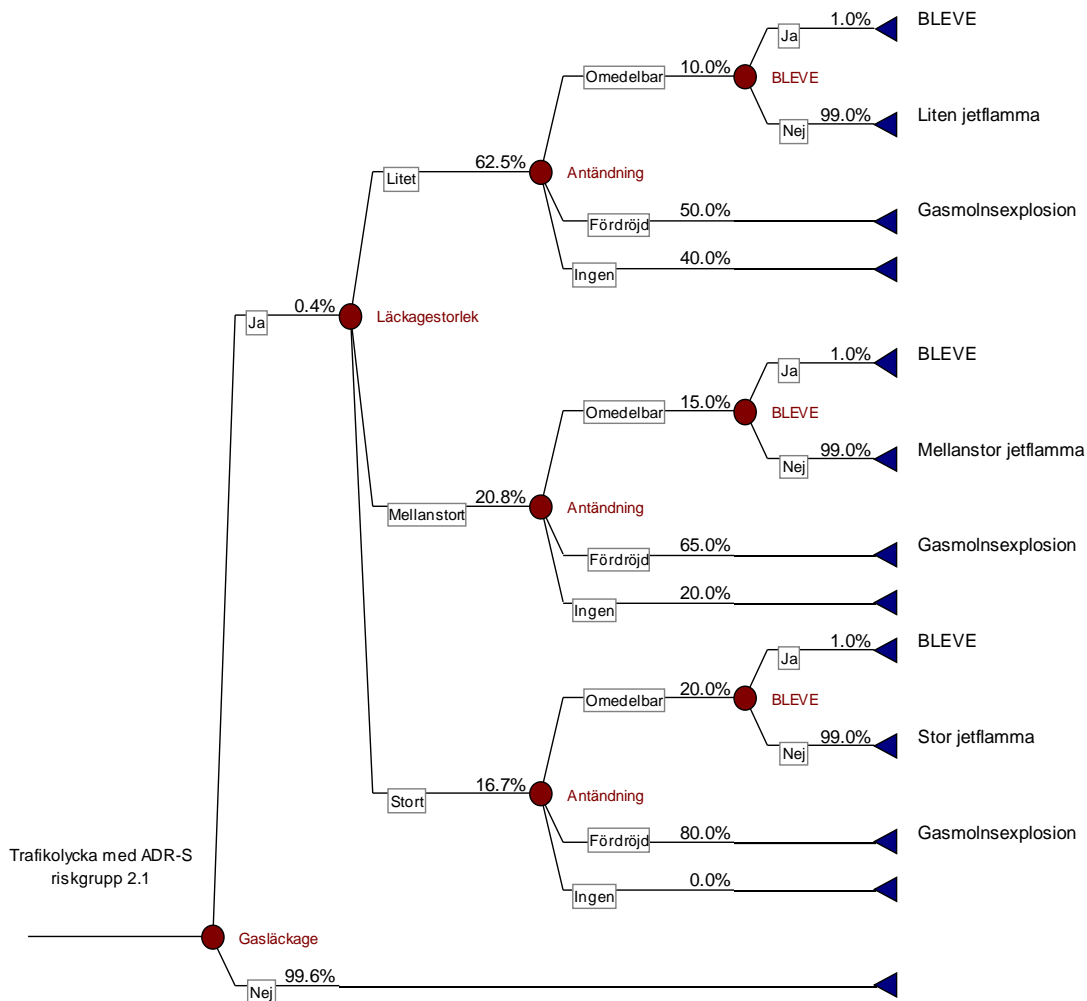
#### A.4.1.1. Representativt ämne

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

### A.4.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

<sup>1</sup> 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.



Figur 16. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

#### A.4.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (42). Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 (13), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas  $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$  för E6 och  $42\% \cdot 1/30 = 1,4\%$  för riksväg 40. Riksväg 40 har högre farligt gods-index (42%) på grund av högre hastighetsbegränsning, vilket medför större sannolikhet för läckage givet trafikolycka.

#### A.4.2.2. 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 (13) 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 cm<sup>2</sup>. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % (13).

#### A.4.2.3. 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 % (43), 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 %.

#### A.4.2.4. 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 ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

### A.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

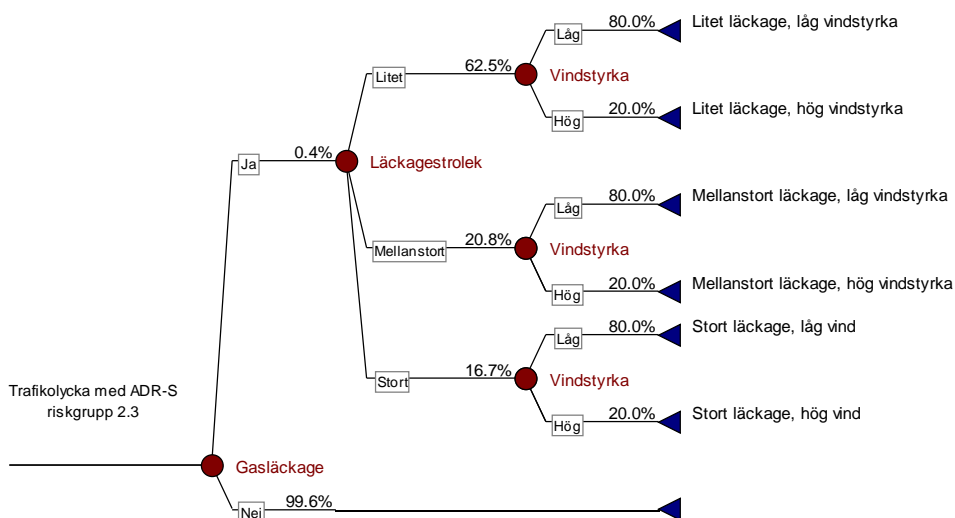
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

#### A.4.3.1. 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. Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, så fortsättningsvis beaktas konsekvenser av en olycka med svaveldioxid.

### A.4.4 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 17. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

#### A.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (13). Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet (42). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 (13), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på  $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$  för E6 och  $42\% \cdot 1/30 = 1,4\%$  för riksväg 40. Riksväg 40 har högre farligt godsindex (42%) på grund av högre hastighetsbegränsning, vilket medför större sannolikhet för läckage givet trafikolycka.

#### A.4.4.2. 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. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm<sup>2</sup>. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % (13).

#### A.4.4.3. Vindstyrka

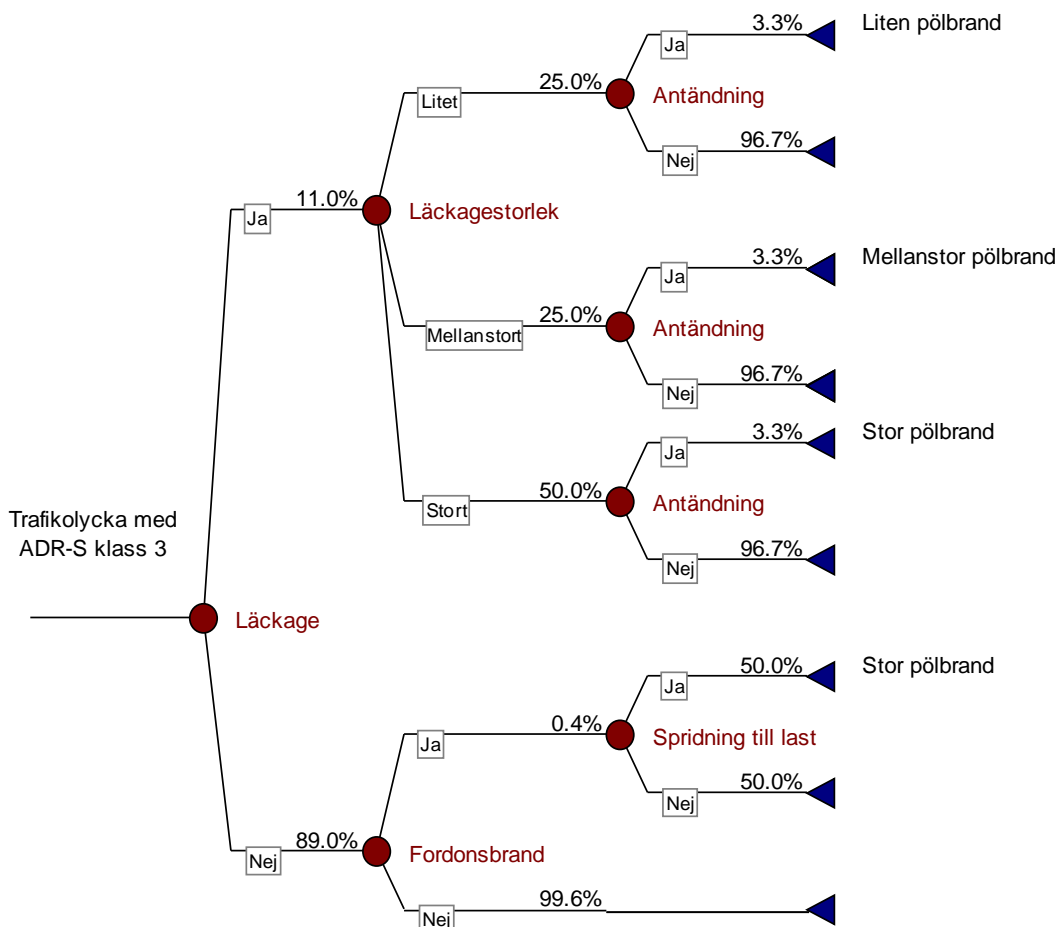
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s (44). Vindhastighet 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 20 % respektive 80 %.

## A.5. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

### A.5.1 Händelseträdd med sannolikheter

Figur 18 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

#### A.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 18% för E6 och 42% för riksväg 40. Riksväg 40 har högre farligt gods-index (42%) på grund av högre hastighetsbegränsning, vilket medför större sannolikhet för läckage givet trafikolycka. (13).

#### A.5.1.2. 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 (45) (46). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (13). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) samt 400 m<sup>2</sup> (*stort*).

#### A.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (47). 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 vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % (35).



#### A.5.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

## A.6. 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).

### A.6.1 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 (17).

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 tryckupbyggnad, eller om det blandas med organiskt material (48). Baserat på uppgifter från Yara i Köping (49) och FOI (50) kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensen, vegetabiliska oljor, 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 liknande egenskaper (51).

### A.6.2 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 och friktion som kontakt med främmande ämne (41). 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.

#### A.6.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter (52), bedöms ammoniumnitrat vara ett 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.

#### A.6.2.2. Händelsesträd med sannolikheter

Figur 19 redovisar ett händelsesträd 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.



#### A.6.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. 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.

#### A.6.2.6. 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 %.

#### A.6.2.7. Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna cirka 0,4 %.

#### A.6.2.8. 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 fordonsbranden 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 %.

#### A.6.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C (49). 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 (48). 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 %.

## A.7. 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 B).

## Bilaga B. Konsekvensberäkningar – väg

Tabell 7 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i B.3. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell 7. 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

### B.1. Persontäthet

För samhällsrisikberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring transportlederna, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för området som undersökts.

Den exploatering som planeras i Mölnålsåns dalgång utgör till stor del tät stadsbebyggelse där detta är möjligt.

För att kunna skatta samhällsrisken på ett analytiskt sätt ansätts en typbebyggelse utmed järnväg enligt översiktsplanen för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (15), se vidare Figur 2. I översiktsplanen gäller 30 meter bebyggelsefritt från järnväg där farligt gods transporteras. Därefter placeras kontor och därmed jämförbar bebyggelse. Bostäder tillåts 80 meter från järnvägen. Motsvarande avstånd för väg uppgår till 50 meter respektive 100 meter. I denna analys ansätts dessa avstånd från närmst belägna riskkälla.

Det är svårt att på ett rättvisande sätt uppskatta kommande befolkningstätheter inom planområdet i detta skede. Vid samhällsrisikberäkningarna i denna riskbedömning väljs därför standardpersontätheter

för stadsmiljö vid beräkningen av antalet omkomna. Tre persontätheter har i litteraturen identifierats som tillämpbara att beakta i aktuellt fall:

- 1000 personer/km<sup>2</sup> (i områden nära väggkant, 20-60 m (24))
- 2500 personer/km<sup>2</sup> (generell siffra för stad (13))
- 4100 personer/km<sup>2</sup> (representativt för tätort (23))

Med tanke på den höga exploateringsgraden i området ansätts det högsta identifierade värdet gälla i planområdet, dvs 4100 personer/km<sup>2</sup>, som ett konservativt antagande.

I beräkningarna uppskattas persontätheten vara 4100 personer/km<sup>2</sup> dagtid i hela planområdet. Nattetid förväntas dock den närmsta zonen innehållande arbetsplatser, kontor, handel etc vara lågt utnyttjad, 10% antas, och därmed ansätts 410 personer/km<sup>2</sup> i denna zon nattetid. Det antas att 12 timmar om dygnet räknas som dag och 12 timmar som natt.

Utifrån typområdet enligt översiktsplanen för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (15), antas vidare att i genomsnitt 90% av befolkningen befinner sig inomhus och 10% utomhus, vilket är ett konservativt antagande då andelen inomhus är betydligt högre nattetid.

I de fortsatta konsekvensberäkningarna beräknas konsekvensområden för olyckor med aktuella farligt gods-klasser. De persontätheter per ytenhet som skattats ovan multipliceras sedan med skadeutsatt yta. En reduktionsfaktor vägs också in för personer som befinner sig inomhus och därmed i visst skydd.

## B.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

## B.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

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) (54).

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 (55). Dessa värden avser dock 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.

Sammantaget 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 det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

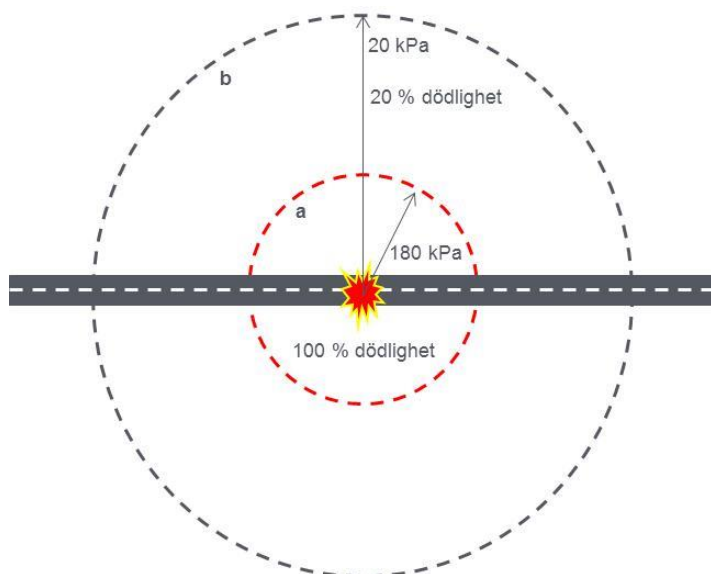
Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa i enlighet Figur 20.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (56) har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka

redovisas i Tabell 8. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

**Tabell 8. 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 $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
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 20. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

## B.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 brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

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

### B.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* (57) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (27), för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 9. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm <sup>2</sup> ]
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.
- En jetflamma antas vara horisontell.

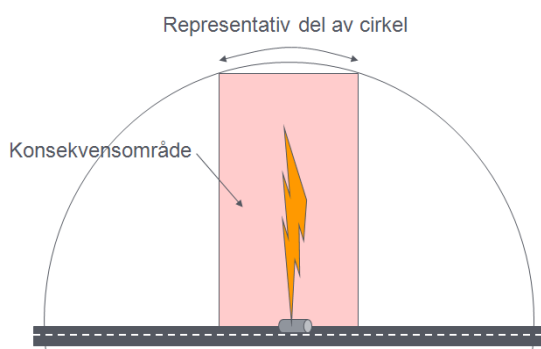
#### B.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (55). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

#### B.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* (55), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (58) 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 21.



Figur 21. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

#### B.4.1.3. Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion 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* (57) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 20.

#### B.4.2 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

**Tabell 10. 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

#### B.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* (57). Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, 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 21, och resultaten redovisas i Tabell 11.

**Tabell 11. 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

### B.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 till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>. 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 (15) (59).



De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) respektive 400 m<sup>2</sup> (*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 (15). I Tabell 12 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 12. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m<sup>2</sup>) för olika pölstorlekar.

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

## B.6. ADR-S klass 5

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

### B.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/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl (51). 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.

### B.6.2 Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

## B.7. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt A.3-A.6, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt B.3-B.6, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt B.1.

I Tabell 20. nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på vägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Tabell 13. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.

ADR-S-Klass	Skadescenario	Konsekvens- område (m)	Andel omkomna inne	Andel omkomna ute
1	Liten explosion	41	50%	50%
	Mellanstor explosion	88	50%	50%
	Stor explosion	193	50%	50%
2.1	BLEVE	170	2%	10%
	Liten jetflamma	5	1%	10%
	Gasmolnsexplosion	42	2%	33%
	Mellanstor jetflamma	17	2%	10%
	Stor jetflamma	73	2%	10%
	2.3	Litet läckage låg vindstyrka	27	10%
Litet läckage hög vindstyrka		29	10%	100%
Mellanstort läckage låg vindstyrka		88	10%	100%
Mellanstort läckage hög vindstyrka		96	10%	100%
Stort läckage låg vindstyrka		458	10%	100%
Stort läckage hög vindstyrka		461	10%	100%
3	Liten pölbrand	12	0%	1%
	Mellanstor pölbrand	21	0%	1%
	Stor pölbrand	27	0%	1%
5	Explosion	123	50%	50%
	Brand	27	0%	1%

## Bilaga C. Frekvensberäkningar – järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (60). Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

### C.1. Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/dygn) är cirka:
  - Västkustbanan: 230 persontåg och 60 godståg (6).
  - Kust-till-kustbanan: 76 persontåg och 10 godståg (7).
  - Götalandsbanan: 180 persontåg och inga godståg innehållande farligt gods (7).
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka:
  - Västkustbanan: 675 000 (6).
  - Kust-till-kustbanan: 175 000 (7).
  - Götalandsbanan: 295 000 (7).
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan antas uppgå till i medeltal 1 st.

#### C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 14 (60):

Tabell 14. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
<b>Vagnfel</b>		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm

Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm

### C.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant (60) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### C.1.3 Plankorsningsolyckor

Inom planområdet finns inga plankorsningar.

### C.1.4 Växling och rangering

Inom planområdet antas inte ske växlingsarbete eller rangering av farligt gods-vagnar.

### C.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

$$\text{Urspårningsfrekvens (per år)} \cdot \frac{\text{Godståg (st)}}{\text{Totalt antal tåg (st)}} = \text{Frekvens, godstågsolycka (per år)}$$

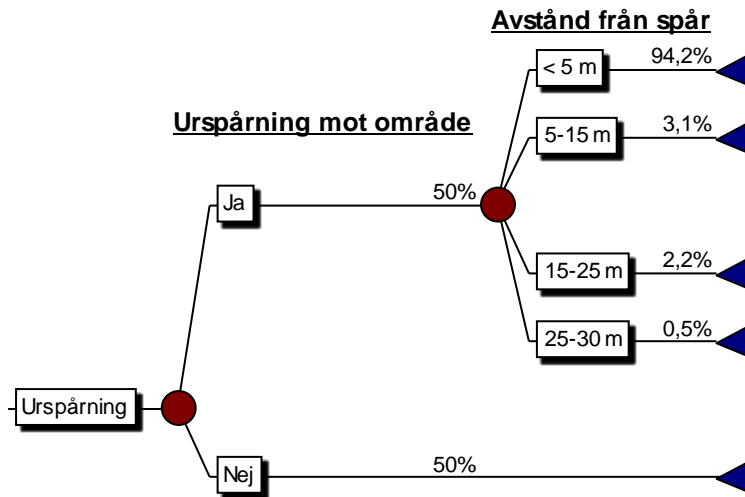
### C.1.6 Avstånd från spår för urspårade vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 15 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (86 % persontåg och 14 % godståg utgör nationell fördelning) (60).

Tabell 15. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,52%	18,23%	2,70%	2,24%	0,31%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten (61). Enligt Tabell 15 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i Figur 22.



Figur 22. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

## C.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas enligt avsnitt C.1.5 till:

- Väst kustbanan: 6,41E-03 per år.
- Kust-till-kustbanan: 1,02E-03 per år.
- Götalandsbanan: 1,72E-02 per år (siffran för persontåg då gods inte förekommer).

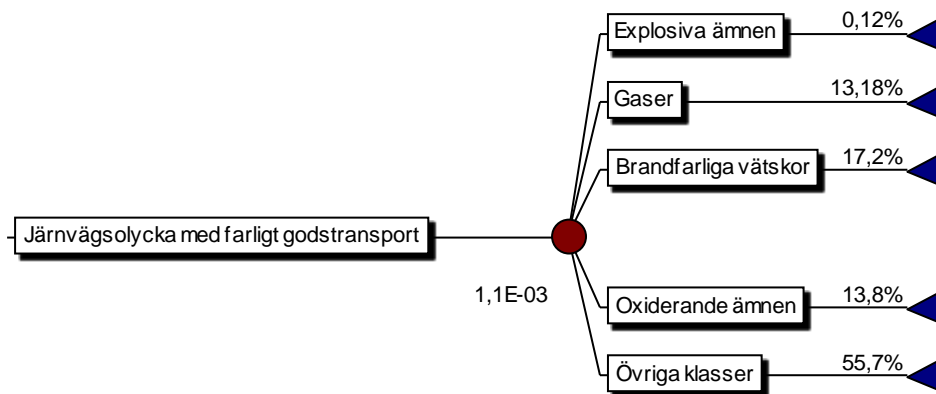
I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar (62). Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar där farligt gods förekommer (63). Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-0,05)^{3,5}$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli cirka:

- Väst kustbanan: 1,05E-03 per år.
- Kust-till-kustbanan: 1,68E-04 per år.
- Götalandsbanan: 0 per år (då farligt gods inte förekommer).

I händelseträd för Väst kustbanan Figur 23, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass. Beräkningen för Kust-till-kustbanan sker på samma sätt.



Figur 23. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods på Västkustbanan.

### C.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

#### C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

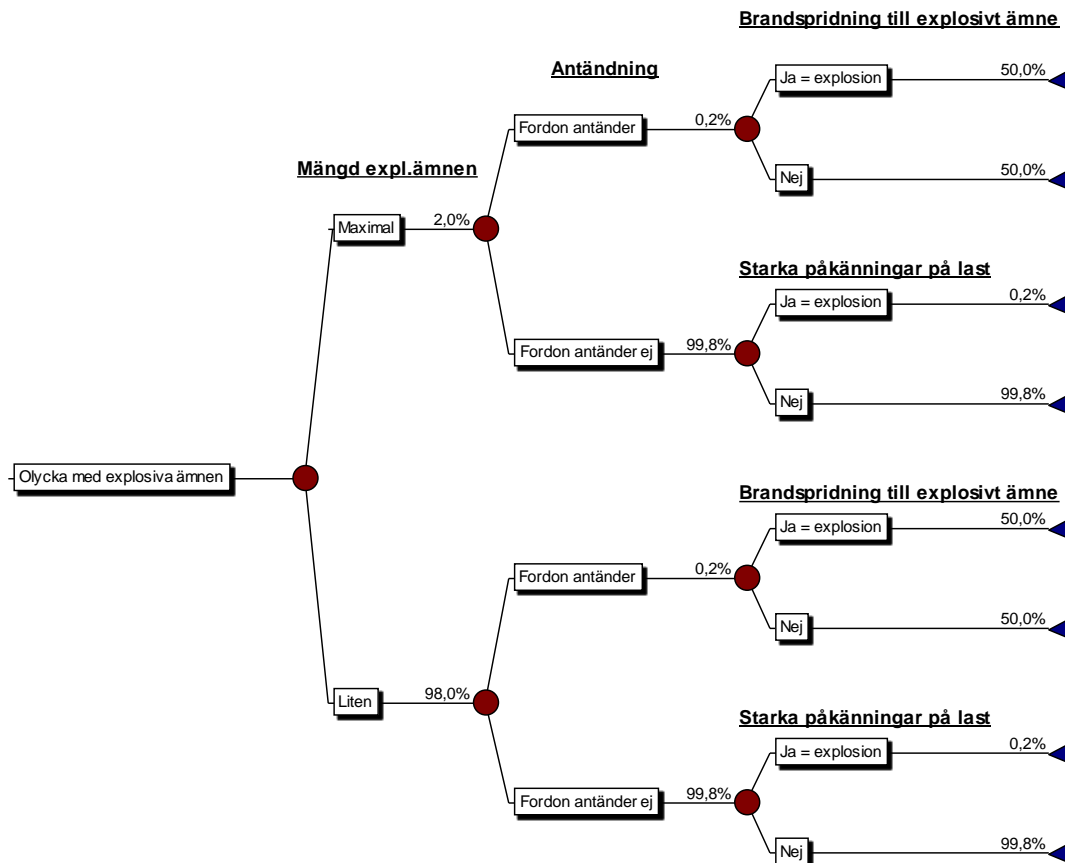
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods (63). Denna siffra gäller för Sverige i helhet, och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade det endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne (64).

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka (31) (32). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (21).

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 (34). Till skillnad från i fallet med 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 (35) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 24 redovisas möjliga scenarier.



Figur 24. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmäts 2006 (65), antas 87 % av transportererna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen (60). Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

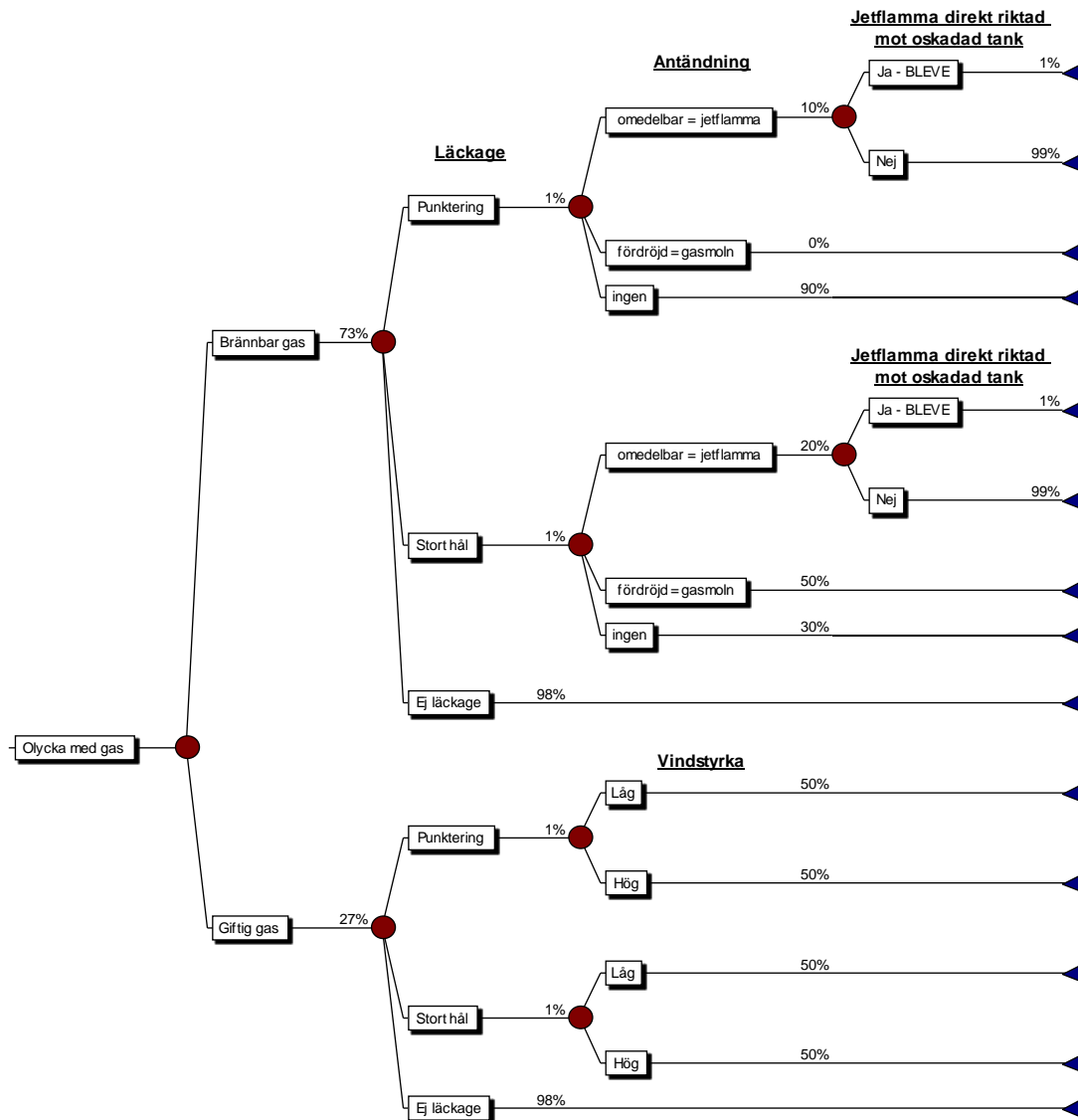
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (66) för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % (66). En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 25 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.



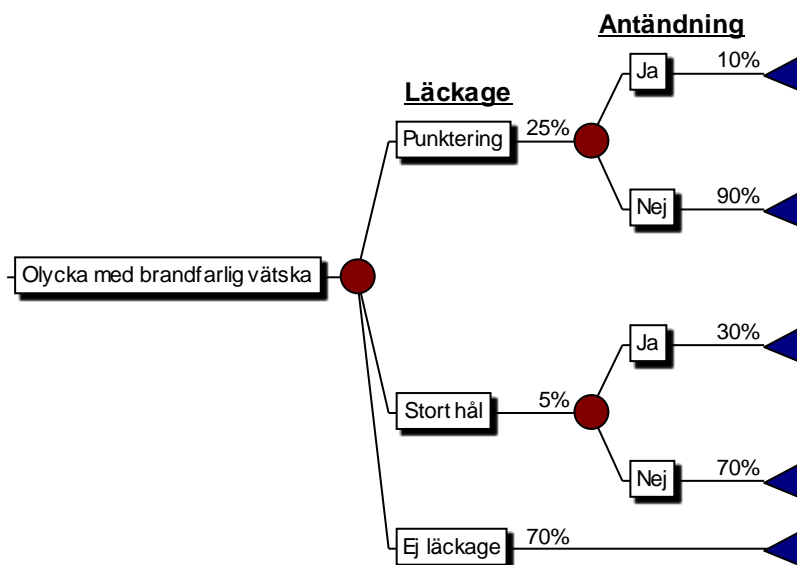
Figur 25. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### C.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % (60). I 70 % av fallen förekommer inget läckage.



Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % (60). I Figur 26 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 26. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

### C.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

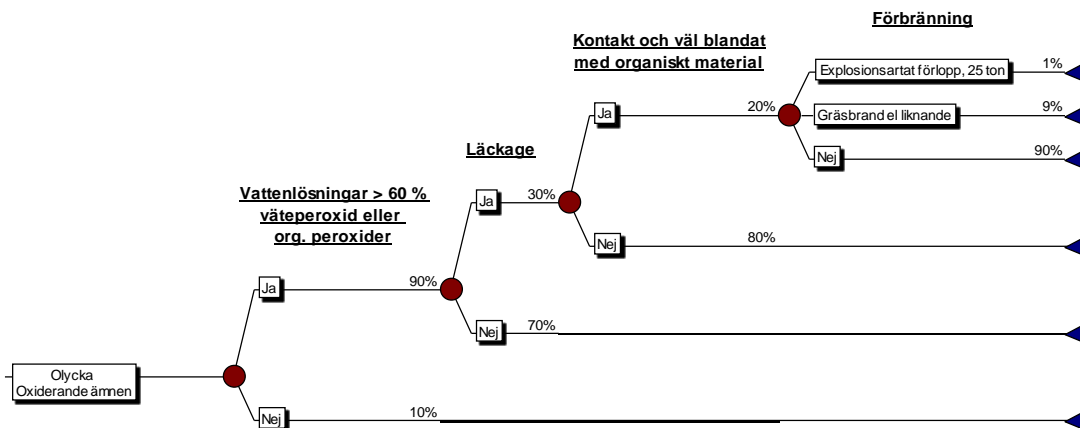
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik (63) anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt C.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % (21). Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 27 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 27. Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

#### C.4. Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

## Bilaga D. Konsekvensberäkningar – järnväg

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

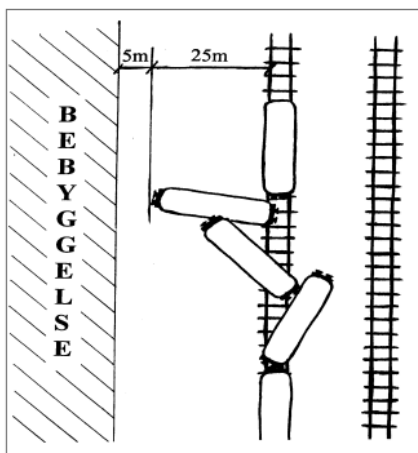
Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

### D.1. Persontäthet

Se bilaga B.1.

### D.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Riskerna för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur 28 (67).



Figur 28. Urspårningsolycka på järnväg.

### D.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i 0. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

#### D.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna för människor 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 som splitter kastas mot människor (sekundära) (68).

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 (69). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då cirka 120 meter för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter (21).

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg (21) anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

### D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

#### D.3.2.1. Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton (70).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (71). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* (72), dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m<sup>2</sup> (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg

- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4\*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 16 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 16. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Konsekvensavstånd (m)
BLEVE			Cirkulärt 200 m radie
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	18 18
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	91 21

#### D.3.2.2. Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* (73) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador ( $LC_{50}^2$ ) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (73). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (73).

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 17.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt

<sup>2</sup> Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

**Tabell 17. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.**

Scenario	Vindstyrka (m/s)	Konsekvensavstånd utomhus (m)
Punktering (0,45 kg/s)	3	38
	8	34
Stort hål (112 kg/s)	3	755
	8	880

### D.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först 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 överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>, vilket 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 (71).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m<sup>2</sup> pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m<sup>2</sup> pöl.

Strålningsberäkningarna 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 (74).

I Tabell 18 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

**Tabell 18. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.**

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensen (100 m <sup>2</sup> )	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensen (400 m <sup>2</sup> )	11 m	29 m	40 m

### D.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas

leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton masseexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med masseexplosiva varor (21), se vidare avsnitt C.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt C.3.3.

**Tabell 19. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.**

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

## D.4. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt C.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt D.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt D.1. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

I Tabell 20. nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

**Tabell 20. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.**

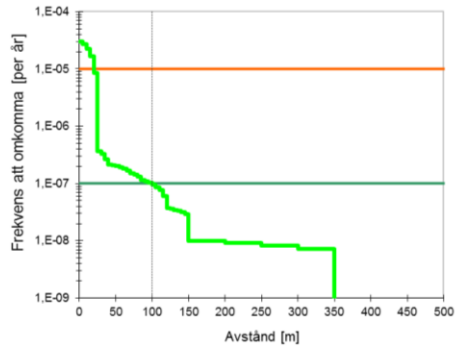
RID-S-Klass	Skadescenario	Konsekvensområde (m)	Andel omkomna inne	Andel omkomna ute
1	Explosiva ämnen, 25 ton	250	50%	50%
	Explosiva ämnen, 150 kg	25	1%	5%
2.1	BLEVE	200	2%	10%
	Jetflamma, punktering	18	1%	10%
	Gasmoln, punktering	50	1%	33%
	Jetflamma, stort hål	92	2%	10%
	Gasmoln, stort hål	50	2%	33%
2.3	Punktering giftig gas, svag vind	38	10%	33%
	Punktering giftig gas, stark vind	34	10%	33%
	Stort hål giftig gas, svag vind	755	10%	33%
	Stort hål giftig gas, stark vind	880	10%	33%

3	Liten pölbrand	17	0%	1%
	Stor pölbrand	23	0%	1%
5	Explosion oxiderande, 25 ton	250	50%	50%
	Gräsbrand etc, oxiderande	23	0%	1%

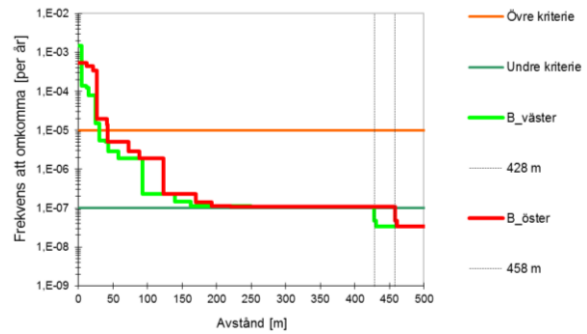


## Bilaga E. Individriskprofiler

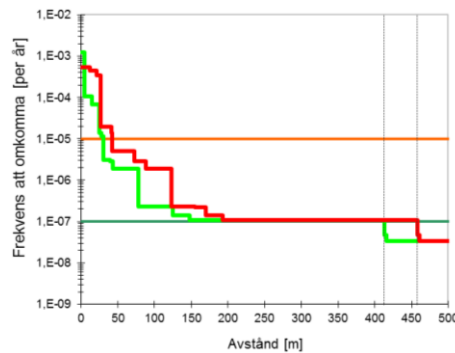
I nedanstående diagram redogörs för individriskprofilerna vid punkterna A-L enligt Figur 10.



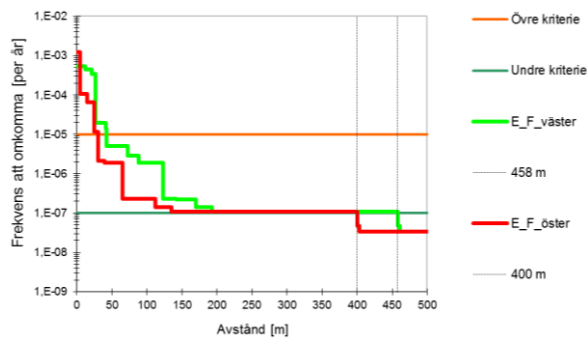
Figur 29. Individrisk vid punkt A.



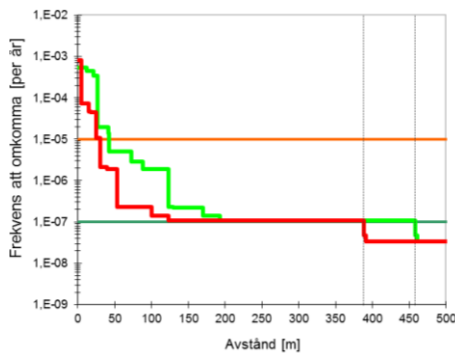
Figur 30. Individrisk vid punkt B.



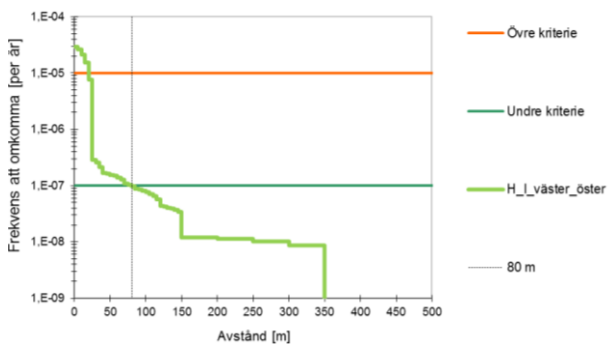
Figur 31. Individrisk vid punkt C och D.



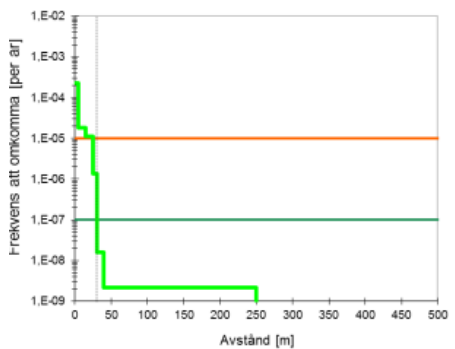
Figur 32. Individrisk vid punkt E och F.



Figur 33. Individrisk vid punkt G.



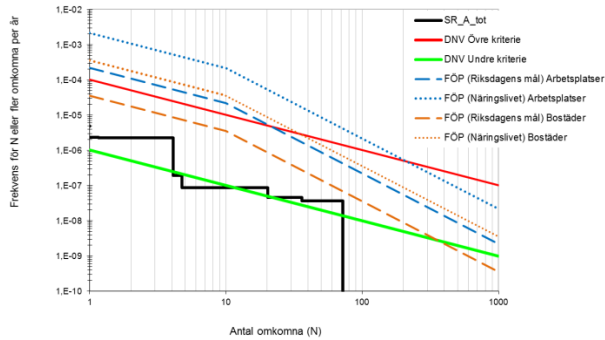
Figur 34. Individrisk vid punkt H och I.



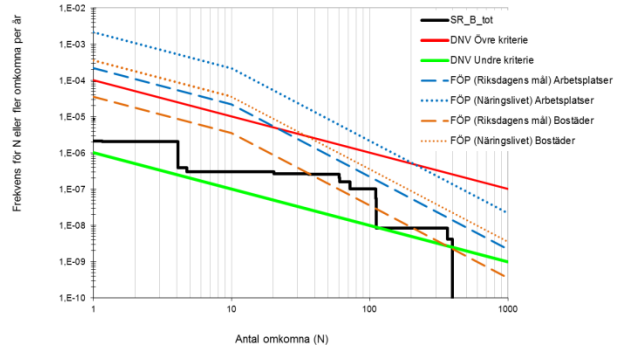
Figur 35. Individrisk vid punkt J, K och L.

## Bilaga F. Samhällsrisksdiagram utan åtgärder

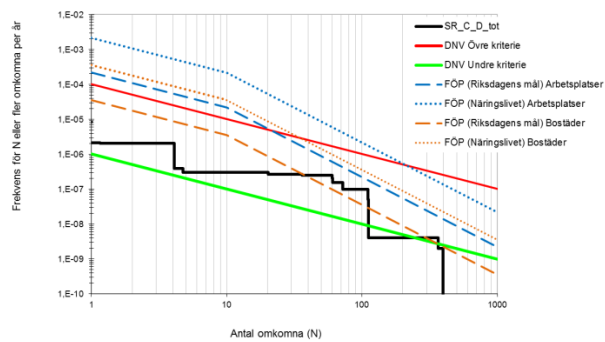
I nedanstående diagram redogörs för samhällsrisk inom 1 km<sup>2</sup> kring punkterna A-L enligt Figur 10.



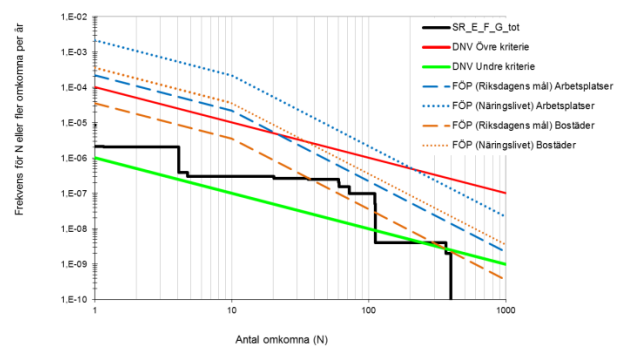
Figur 36. Samhällsrisk vid punkt A.



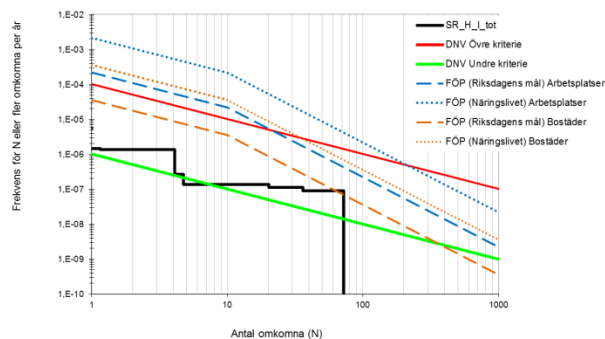
Figur 37. Samhällsrisk vid punkt B.



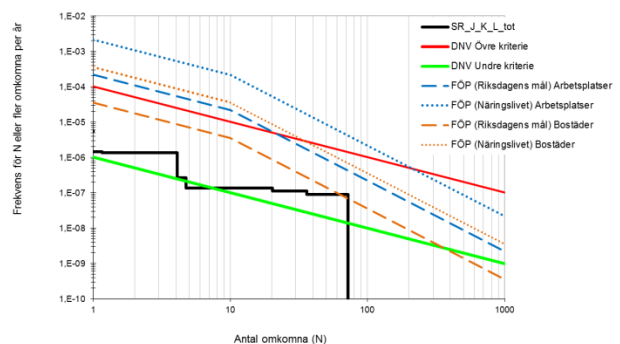
Figur 38. Samhällsrisk vid punkt C och D.



Figur 39. Samhällsrisk vid punkt E, F och G.



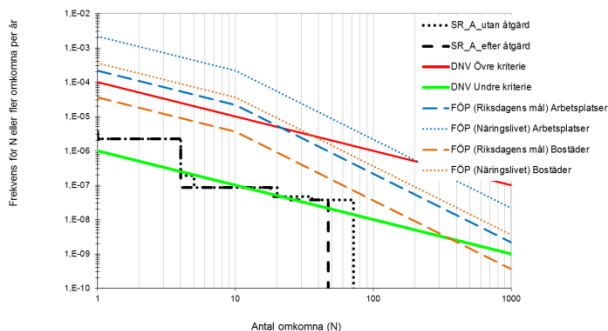
Figur 40. Samhällsrisk vid punkt H och I.



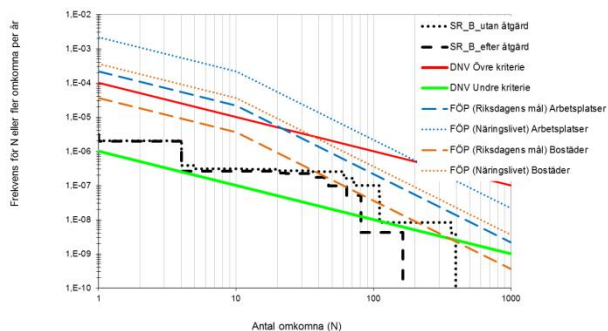
Figur 41. Samhällsrisk vid punkt J, K och L.

## Bilaga G. Samhällsriskdiagram med åtgärder

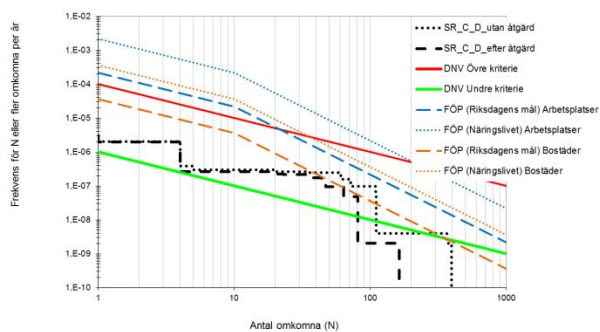
I nedanstående diagram redogörs för samhällsrisk inom 1 km<sup>2</sup> kring punkterna A-L enligt Figur 10 med vidtagna åtgärder.



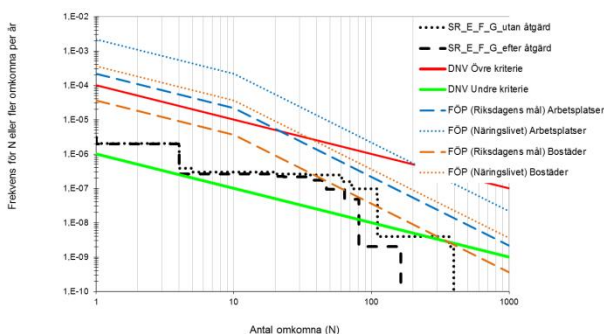
Figur 42. Samhällsrisk vid punkt A efter åtgärd.



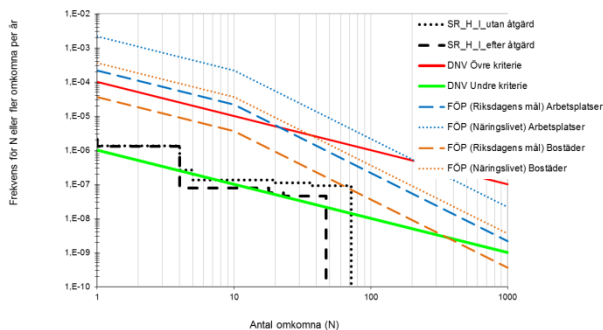
Figur 43. Samhällsrisk vid punkt B.



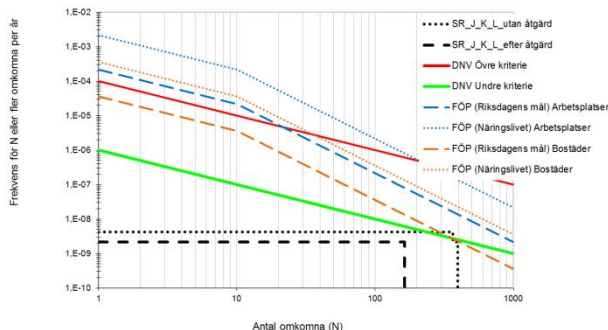
Figur 44. Samhällsrisk vid punkt C och D.



Figur 45. Samhällsrisk vid punkt E, F och G.



Figur 46. Samhällsrisk vid punkt H och I.



Figur 47. Samhällsrisk vid punkt J, K och L.

## Bilaga H. Referenser

1. **Räddningsverket.** *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006b.
2. **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.
3. **Stadsbyggnadskontoret i Göteborg.** Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5. 1997.
4. **Trafikkontoret Göteborgs stad.** [www.goteborg.se](http://www.goteborg.se). [Online] 2014-11-06.
5. **Stenerås, Trafikverket Per.** e-post. 2014-11-20.
6. **Hellervik, Alexander.** Långsiktig planerare, trafikanalytiker. e-post. 2013-09-17.
7. —. Långsiktig planerare, trafikanalytiker. e-post. 2014-11-19.
8. **Banverket.** Almedal - Mölnlycke, En del av Götalandsbanan. *Förstudie, Slutrapport* . mars 2010.
9. **Göteborgs stad och Mölndals stad.** *Översiktsplan för Göteborg och Mölndal fördjupas för Mölndalsåns dalgång.* Samrådshandling november 2013.
10. **IEC.** International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems.* Geneva : International Electrotechnical Commission, 1995.
11. **ISO.** Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73.* Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
12. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
13. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
14. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
15. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
16. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
17. **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.
18. —. *RID-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:3) om transport av farligt gods på järnväg.* 2009 : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
19. **Räddningsverket.** Förvaring av explosiva varor. Karlstad : u.n., 2006.
20. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
21. **Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.** *Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.* 1997.
22. **WSP Brand- och Riskteknik.** *Riskbedömning i samband med detaljplan för handel vid Torpavallen.* 2007.
23. **Kylefors, M.** *Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making, Rapport 1023.* u.o. : Avdelningen för brandteknik, Lunds Universitet, 2001.
24. **Länsstyrelsen i Skåne Län.** Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM). *Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods - Skåne i utveckling 2007:06.* 2007.
25. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** VTI rapport 387:1. 1994.
26. **Henki Refsnes, Trafikanalytiker WSP Samhällsbyggnad.** Muntligen. 2013-09-11.
27. **TRAFSA.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.

28. **SIKA.** *Lastbilstrafik 2008 helår. Rapport 2009:12.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
29. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.
30. **Ingasson, Haukur, o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.
31. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
32. **VTI.** *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
33. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels.* u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.
34. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
35. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
36. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.
37. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
38. **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.
39. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30.* 2007.
40. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet.* 2008.
41. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.
42. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.
43. *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.
44. **Alexandersson, H.** *Vindstatistik över Sverige 1961-2004 (nr 121).* Norrköping : Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
45. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
46. **Gammelgård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.
47. **SPI.** *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk]* Hämtad 2010-07-08.  
<https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
48. *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.
49. **Karlsson, Lars-Håkan.** Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.
50. **Magnusson, Johan.** Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan.* u.o. : FOI, Tumba, 2008.
51. **Forsén, Rickard.** *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.
52. **VROM.** *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.
53. **Havai, Jan.** Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen.* u.o. : Yara AB, Köping, 2008.
54. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** *Verkan av explosioner i det fria.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
55. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
56. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
57. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
58. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
59. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.
60. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
61. **Banverket och Räddningsverket.** *Säkra järnvägstransporter av farligt gods.* 2004.

62. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2.* 1994.
63. **Trafik analys - TRAFÄ.** *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24.* 2011.
64. **Pettersson, Jan.** Säkerhetsansvarig Green Cargo. *Muntligt.* 2012.
65. **MSB.** *Trafikflödet på järnväg – 2006.* . [<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/>] 2013-08-09.
66. **Purdy, Grant.** Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. *Journal of Hazardous materials*, 33. 1993.
67. **Länsstyrelsen Stockholms län.** *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer.* 2000.
68. **Stefan Lamnevik AB.** *Verkan av explosioner i det fria.* 2010.
69. **Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker.* Tumba : u.n., 1997.
70. **Svenska gasföreningen.** *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter.* 2004.
71. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4.* 1994.
72. **Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.** *Datorprogrammet Gasol.*
73. **RIB, Statens räddningsverk.** Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.
74. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken, Rapport 3161.* Lund : u.n., 2012.

**WSP Sverige AB**

Box 13033

402 51 Göteborg

Tel: +46 10 7225000

Fax: +46 10 7226345

<http://www.wspgroup.se>

UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE

