

DETALJERAD RISKBEDÖMNING, Pottholmen, Karlskrona STEG 3

Transporter av farligt gods på Infartsleden samt Karlskrona C

Rapport – 2015-02-12

Dokumentinformation

Process:	Fysisk planering				
Skede:	Program-/Detaljplanskede				
Uppdragsgivare:	Karlskrona kommun				
Uppdragsnummer:	1014 0000/1016 1527				
Handläggare:	Katarina Malmkvist/Joakim Näslund				
Kvalitetsgranskare:	Daniel Sirensjö/Fredrik Larsson				
Uppdragsansvarig:	Daniel Sirensjö/Katarina Malmkvist/Fredrik Larsson				
Datum	Rev	Status	Upprättad	Granskad	Godkänd
10-09-14	-	Granskningshandling	KM	DS	
10-09-27	-	Slutgiltig handling	KM	-	DS
12-05-21		Granskningshandling, steg 2	KM	DS	
15-02-12		Rapport, steg 3	JN	FL	FL

Konsult

WSP Brand & Risk
Box 574
201 25 Malmö
Besök: Jungmansgatan 10
Tel: +46 40 35 42 00
Fax: +46 40 35 43 99
WSP Sverige AB-org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Sammanfattning

WSP har fått i uppdrag av Karlskrona kommun att göra en detaljerad riskbedömning för Pottholmen. Riskbedömningen avser belysa riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med förslaget, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder och riktlinjer för fortsatt planering.

Pottholmen ligger inom den norra delen av Karlskrona centrum. Planeringen av Pottholmen möjliggör utveckling av en ny stadsdel med bostäder, verksamheter och service. Intill ett nytt järnvägstorg föreslås även en kontorsbyggnad till World Trade Center.

Genom området löper Infartsleden (Österleden) (nord-sydlig) och dess fortsättning Järnvägsgatan (östvästlig) som är en transportled för farligt gods. Leden kommer att omgestaltas, i samband med anläggningen av den nya stadsdelen, men kommer även fortsättningsvis att utgöra farligt gods-led. Järnvägsstationen ligger centralt inom planområdet. Karlskrona är ändstation för Kust till- kustbanan och Blekinge kustbana.

Farligt gods-transporter på Infartsleden och tågtrafik på järnvägen har identifierats som riskkällor för området.

Med anledning av länsstyrelsens kompletteringsbegäran för riskbedömningen upprättades ett steg 2 av densamma. På begäran av Trafikverket upprättas nu ett steg 3 av riskbedömningen. Kompletteringen innefattar en uppdatering där samtliga järnvägsspår, även Karlskrona C, ska ses som transportleder för farligt gods.

Den totala samhällsrisknivån för området, med avseende på Infartsleden, Järnvägsgatan och järnvägen, hamnar mestadels inom ALARP-området. Dock anses riskbidraget från järnvägen inte påverka den totala riskbilden i någon större utsträckning förutsatt att det maximalt sker en transport dagligen av farligt gods på järnvägen in till Karlskrona centralstation. Enligt definitionen av ALARP-området ska rimliga riskreducerande åtgärder vidtas. Samhällsriskerna är uppskattade inom 1 km².

Eftersom projektet är i ett tidigt stadium finns goda förutsättningar för att planera det på ett bra sätt ur risksynpunkt. Inför fortsatt planering av området bör följande beaktas:

- Skyddsavstånden till Järnvägsgatan och Infartsleden om 10 respektive 20 meter ska hållas bebyggelsefritt. Detsamma gäller skyddsavstånd om 15 meter till järnvägen.
- Det ska säkerställas att eventuella olyckor inte lämnar vägen. Detta kan göras med avåkningskydd och kantbarriärer (eller en kombination av båda) som kan stå emot tunga transporter och som utförs så att brandfarlig vätska inte kan lämna vägen.
- Helglasade våningsplan och trähus bedöms inte lämpligt mot farligt gods-lederna.
- Disposition av planområdet bör göras med risknivån i åtanke och verksamhetstyper, persontätheter och närhet till farligt gods-lederna ska beaktas.
- På Järnvägstorget ska minst 20 meter hållas mellan farligt gods-leder och uteserveringar som placeras i skydd av avåkningskydd.
- Disposition av byggnader bör göras ur ett riskperspektiv, där exempelvis mindre persontäta verksamheter placeras närmst farligt gods-leden, och mer persontäta delar i skydd av de mindre persontäta.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
1.1	BAKGRUND	5
1.2	SYFTE OCH MÅL	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	KVALITETSSÄKRING	6
1.6	KOMPLETTERING	6
2	OMRÅDESBESKRIVNING	7
2.1	PLANOMRÅDET	7
2.2	INFRASTRUKTUR	8
3	OMFATTNING AV RISKHANTERING	10
3.1	BEGREPP OCH DEFINITIONER	10
3.2	METOD FÖR RISKIDENTIFIERING	10
3.3	METOD FÖR RISKUPPSKATTNING	11
3.4	METOD FÖR RISKVÄRDERING	12
3.5	METOD FÖR IDENTIFIERING AV MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	14
4	RISKIDENTIFIERING	15
4.1	TRANSPORTLEDER FÖR FARLIGT GODS	15
4.2	JÄRNVÄGEN	17
4.3	OLYCKSSCENARIER	18
5	RESULTAT	19
5.1	INDIVIDRISK, NORD-SYDLIG RIKTNING (INFARTSLEDEN)	19
5.2	INDIVIDRISK, ÖST-VÄSTLIG RIKTNING (JÄRNVÄGSGATAN)	20
5.3	INDIVIDRISK, JÄRNVÄGEN IN TILL KARLSKRONA CENTRALSTATION	21
5.4	SAMHÄLLSRISK	22
6	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	23
6.1	SKYDDSAVSTÅND	23
6.2	AVÅKNINGS- OCH AVRINNINGSSKYDD	23
6.3	FASADER MOT FARLIGT GODS-LED	23
6.4	DISPOSITION AV PLANOMRÅDE	23
6.5	DISPOSITION AV BYGGNADER	24
7	DISKUSSION	25
8	SLUTSATSER	26
	REFERENSER	27
BILAGA A	FREKVENSS- OCH SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR - VÄG	
BILAGA B	KONSEKVENSSBERÄKNINGAR - VÄG	
BILAGA C	FREKVENSS- OCH SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	
BILAGA D	KONSEKVENSSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	
BILAGA E	KÄNSLIGHETSANALYS	



1 Inledning

WSP har fått i uppdrag av Karlskrona kommun att göra en detaljerad riskbedömning för Pottholmen. Riskbedömningen avser belysa riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med förslaget, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.1 Bakgrund

Framtaget planprogram för Pottholmen ska möjliggöra utveckling av en ny stadsdel med bostäder, verksamheter och service [1].

I anslutning till planområdet löper Infartsleden (Österleden, väg 28) som är transportled för farligt gods [2]. Några riktlinjer gällande för specifikt Karlskrona har inte identifierats, men enligt exempelvis länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [3]. Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsernas ovan nämnda krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att upprätta ett beslutsunderlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder för att kunna genomföra föreslagen markanvändning.

1.3 Avgränsningar

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

Samhällsbyggnadsförvaltningen i Karlskrona har bedömt att genomförande av planprogrammet kan komma att leda till en sådan betydande miljöpåverkan som enligt miljöbalken 6 kap kräver att särskild miljöbedömning måste göras. [4] Denna riskbedömning är genomförd innan beslut om betydande miljöpåverkan har fattats.

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



1.4 Styrande dokument

Riktlinjer för hur och när riskbedömning inom fysisk planering ska göras gäller främst senare i processen när detaljplan upprättas. Dessa riktlinjer har använts även i detta tidiga programskede.

Det finns styrande dokument i form av lagar och förordningar (PBL, MB m.fl.) som anger att riskanalys (eller motsvarande) ska genomföras. Däremot anges inte i detalj hur riskanalyser ska utföras eller vad de ska innehålla. För att möta behovet av mer detaljerade specifikationer på innehållet i riskanalyser, har det under senare tid kommit ut riktlinjer på området som ger rekommendationer beträffande vilka typer av riskanalyser som bör utföras i olika sammanhang, och vilka krav som bör ställas på dessa analyser.

I samband med upprättande av detaljplaner ställer bl.a. Plan- och bygglagen [5] krav på att olycksrisker ska belysas, för att avgöra om tilltänkt bebyggelse är lämplig med hänsyn till de boendes och övrigas hälsa eller till skydd mot olyckshändelser.

1.5 Kvalitetssäkring

Rapporten är upprättad av Katarina Malmkvist (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) med Daniel Sirensjö (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig och kvalitetsgranskare. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll.

1.6 Komplettering

Med anledning av länsstyrelsens kompletteringsbegäran för riskbedömningen upprättades ett steg 2 av densamma. På begäran av Trafikverket upprättas nu ett steg 3 av riskbedömningen. Kompletteringen innefattar en uppdatering där samtliga järnvägsspår, även Karlskorna C, ska ses som transportleder för farligt gods. Revideringar som omfattas av steg 3 har markerats med ett vertikalt streck i vänstermarginalen. Därtill har de tre sista bilagorna, Bilaga C-E tillkommit sedan tidigare version.

2 Områdesbeskrivning

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av aktuellt planområde med omgivning.

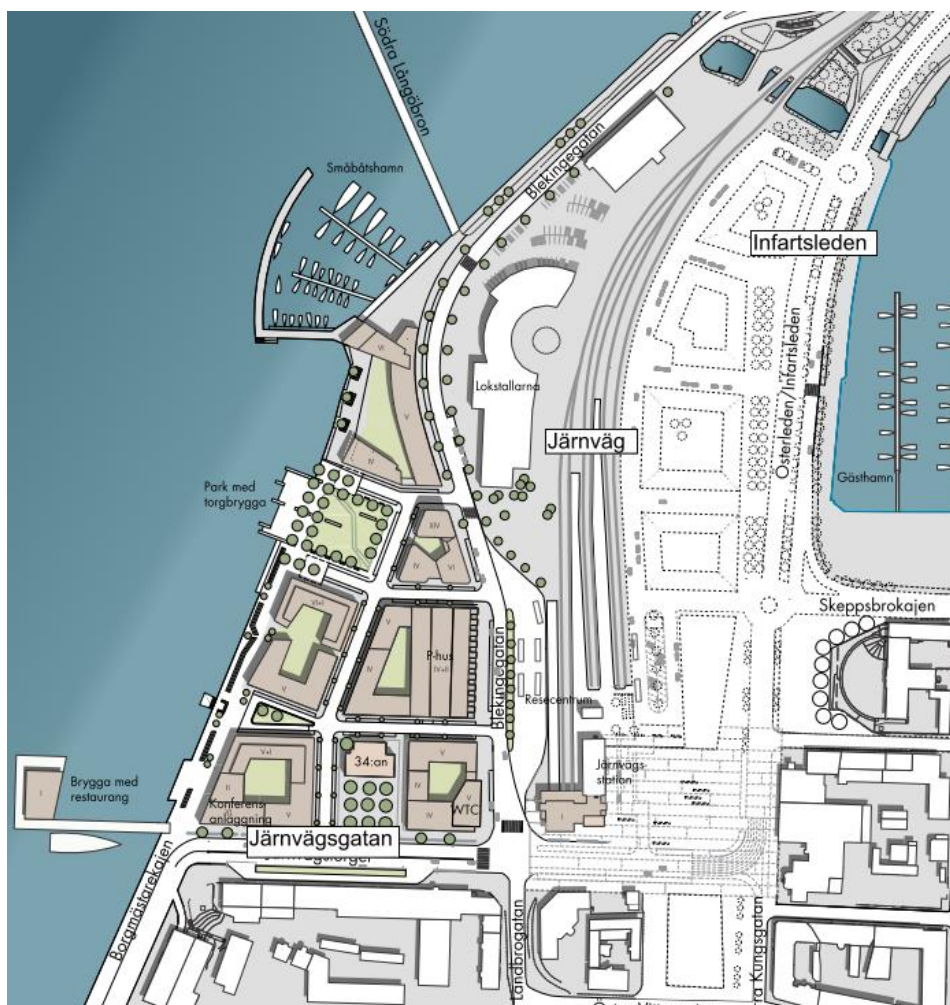
2.1 Planområdet

Pottholmen ligger inom den norra delen av Karlskrona centrum. Området sträcker sig från Brohålan/Pantarholmen i norr till Hoglands park i söder. I väster av gränsas området av Borgmästarfjärden och i öster av Handelshamnen. [1]

Inom planområdet finns ett 20-tal befintliga byggnader. Av dessa föreslås bl.a. bensinstationen och brandstationen omlokaliseras.



Figur 1. Skiss av planområdet.



Figur 2. Ny bebyggelse inom området.

Pottholmen möjliggör utveckling av en ny stadsdel med bostäder, verksamheter och service. Intill ett nytt järnvägstorg föreslås även en kontorsbyggnad till World Trade Center.

Enligt gällande förslag ligger nya byggnader 20 meter från Infartsleden, trottoar ligger 10 meter från Järnvägsgatan i söder och järnvägen ligger 15 meter från nya byggnader. [6]

På den östra sidan av planområdet placeras fem nya stadskvarter. Bebyggelsen kommer enligt förslaget att vara 4-7 våningar. Planområdet föreslås få ett blandat innehåll med en övervikt av bostäder. Cirka 650 lägenheter planeras i området samt kontor, handel och service [7][8]. Förslaget innebär också att ett nytt resecentrum tillkommer väster om stationshuset.

2.2 Infrastruktur

2.2.1 Infartsleden

Genom området löper Infartsleden (nord-sydlig) och dess fortsättning Järnvägsgatan (öst-västlig) som är en transportled för farligt gods [2]. Hastigheten på Infartsleden sänks från 70 till 50 km/h med cirkulationsplats för att försäkra att hastigheten i realiteten sänks. Infartsleden har även mitträcke. På Järnvägsgatan sänks hastigheten ytterligare till 30 km/h. Enligt trafikprognoser för år 2030 kommer ÅDT på Infartsledens norra del att uppgå till ca 34 000 fordon/dygn och på dess västra del ca 16 000 fordon/dygn.

Vid beräkningar delas Infartsleden in i nord-sydlig riktning respektive öst-västlig dito.



2.2.2 Järnvägen

Järnvägsstationen ligger centralt inom planområdet. Karlskrona är ändstation för Kust- till- kustbanan och Blekinge kustbana. Vid planerad halvtimmestrafik 2017 kommer Karlskrona central trafikeras av ca 108 tåg/dag [20]. Vid prognosår 2030 görs antagandet att denna trafik har ökat med i genomsnitt 1 % per år. Detta medför att ca 122 tåg kommer att trafikera Karlskrona central.

Ingen järnvägstrafik går idag till Karlskrona central med farligt gods [1].

Beträffande järnvägstransporter drar kommunen följande slutsatser: För närvarande sker inga godstransporter på järnväg till eller ifrån Karlskrona eller in till centralstation. Om det i framtiden, vilket är kommunens ambition, kommer att transporteras gods på järnvägen kommer detta att ske via och till färjelinjen på Verkö. Vid en rangering är avsikten att eventuellt farligt gods inte ska gå in för rangering vid järnvägsstationen utan istället rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan, så kommunens bedömning är att bebyggelsen på Pottholmen inte kommer att beröras. [9]

Trafikverket vill dock ha fri rådighet över hela systemet och vidhåller att riskanalysen ska inkludera godståg på samtliga spår, även till och från Karlskrona centralstation. Anledningen till detta är att Trafikverket vill ha möjligheten att trafikera även dessa sträckor med godståg när det krävs.

3 Omfattning av riskhantering

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i denna riskbedömning samt de metoder som används.

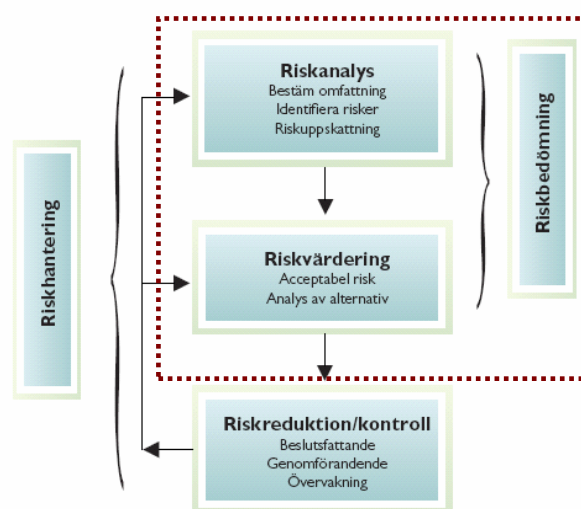
3.1 Begrepp och definitioner

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

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [10,11], dels *riskidentifiering* och dels *riskuppskattning*. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

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



Figur 3. Riskhanteringsprocessen samt omfattning av riskhantering i riskbedömningen (streckad linje).

I en kvalitativ riskanalys uppskattas sannolikhet och konsekvens med skalor av typen liten - stor eller låg - hög. I en kvantitativ analys uppskattas sannolikhet i stället med frekvenser i form av händelser per år, och konsekvens med exempelvis antal omkomna. Kvaliteten på de olika analyserna kan vara densamma, men resultatet presenteras på olika sätt.

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

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, se Figur 3, medan *riskbedömning* normalt enbart avser analys och värdering av riskerna.

3.2 Metod för riskidentifiering

För att riskkällor som är relevanta för aktuellt område har omgivningen studerats och diskussion förts med Magnus Jacobsson på Karlskrona kommun.

3.3 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [12] 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 redovisas i Bilaga B.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [13] beräknas frekvensen för att en järnvägso-lycka, 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 redovisas mer omfattande i Bilaga D.

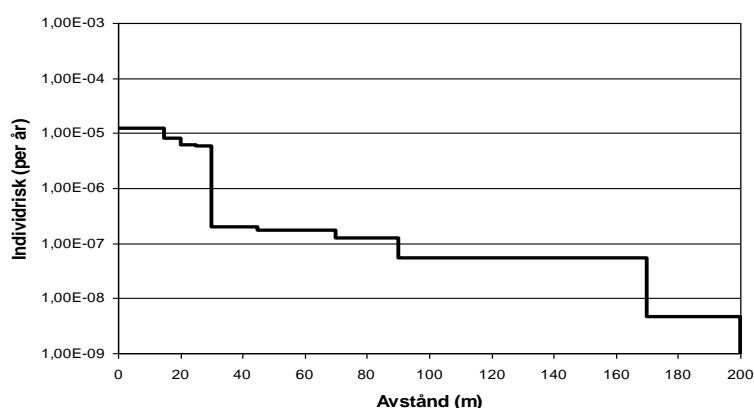
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåten individrisk och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas 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

Med *individrisk* avses sannolikheten (frekvensen) att enskilda individer ska omkomma inom eller i närheten av ett system, d.v.s. frekvensen för att en person som befinner sig på en specifik plats omkommer eller skadas. Individrisken är platsspecifik, och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av skadehändelsen. Individrisken är således oberoende av hur många människor som vistas i området. Syftet med riskmättet är att se till så att enskilda individer inte utsätts för icke tolerabla risker.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar individrisken som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 4.



Figur 4. Exempel på individriskprofil.

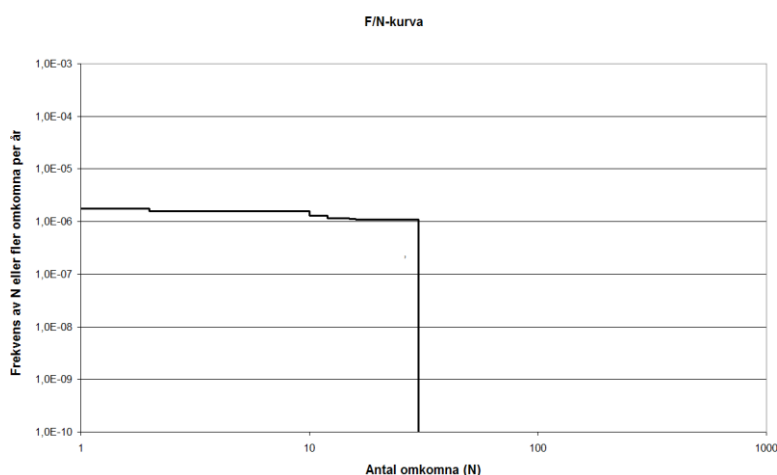
3.3.2 Samhällsrisk

Vid användande av riskmättet *samhällsrisk* beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Då beaktas befolkningssituationen inom det aktu-

ella området, i form av befolkningsmängd och persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Med hänvisning till det tidigare skedet i projektet och osäkerheter rörande persontätheter används samma persontäthet över hela planområdet, 4 100 pers/km². [14]

Samhällsriskerna redovisas ofta med en F/N-kurva, se Figur 5, som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst utfall, t.ex. antal omkomna till följd av en eller flera olyckor.



Figur 5. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

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

3.4 Metod för riskvärdering

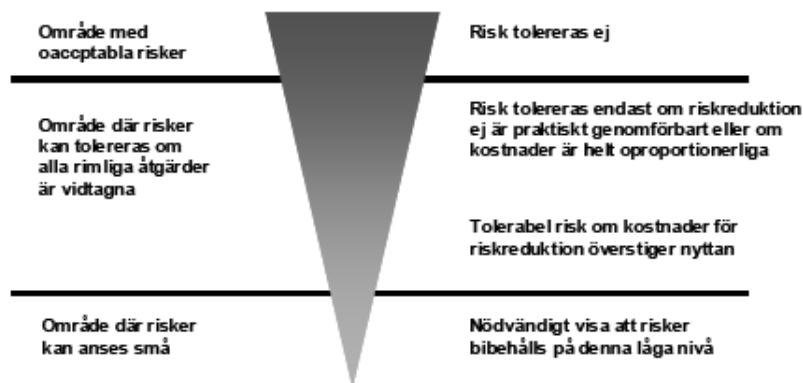
Värdering av risker har sin grund i hur risker upplevs. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

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

3.4.1 Riskkriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [15] gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med restriktioner eller ej tolerabla, se Figur 6.

Som acceptanskriterier för individ- och samhällsrisk används i denna rapport de som är framtagna av DNV på uppdrag av Räddningsverket.



Figur 6. Princip för värdering av risk.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [15]:

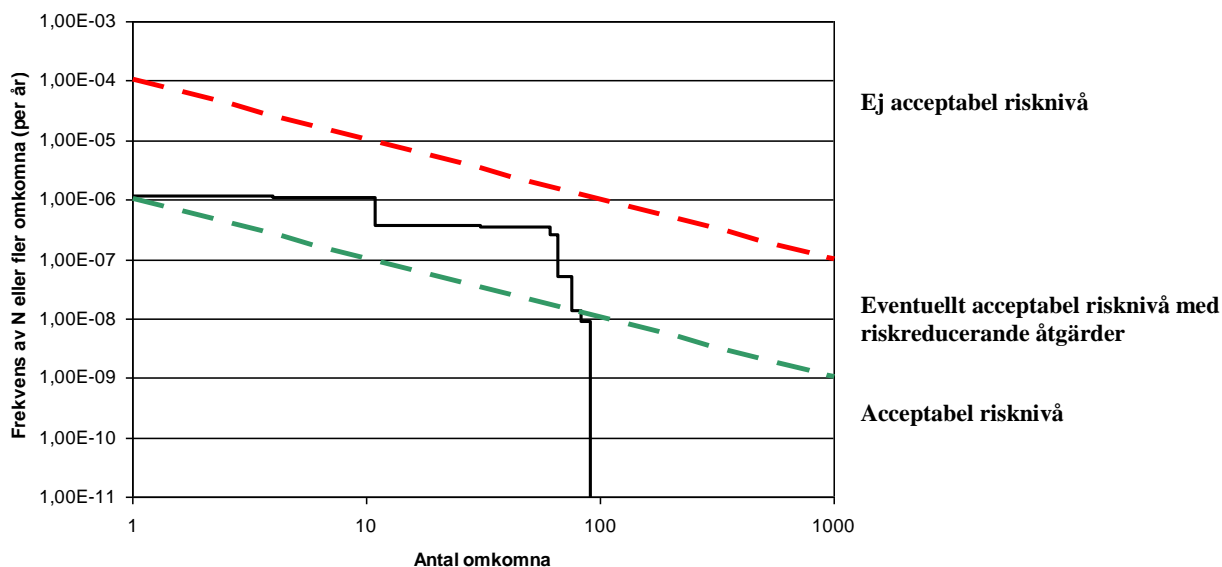
- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna.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

För individrisk föreslog DNV [15] följande kriterier:

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

För samhällsrisk föreslog DNV [15] 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
(Röd linje i Figur 7 nedan)
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år
för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
(Grön linje i Figur 7 nedan)



Figur 7. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk med riskkriterier.

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön.

Kriterierna för samhällsrisk är avpassade för sträckor på 1 km. För planområden som inte sträcker sig 1 km längs farligt gods-led, som i detta fall, kan även en nyansering av samhällsriskens användas, kallad grupprisk. Grupprisk beskriver endast riskbilden för planområdet. Denna anpassning innebär en sänkning av samhällsriskkriterierna om planområdet är kortare än 1 km.

3.5 Metod för identifiering av möjliga riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej tolerabel, ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskreducerande åtgärder identifieras vid behov utifrån Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [16]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån.

4 Riskidentifiering

I detta kapitel beskrivs de riskkällor och scenarier som vid riskidentifieringen bedömts kunna påverka området.

Infartsleden har, i egenskap av transportled för farligt gods, identifierats som riskkälla för området. Järnvägen är inte transportled för farligt gods, men kvarstår som riskkälla till följd av risk för urspårning.

Inga övriga verksamheter i området har identifierats som bedöms kunna påverka risknivån i planområdet.

4.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods, om de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [17] som tagits fram i internationell samverkan. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transporterna 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 olika klasser med hjälp av det så kallade ADR-S/RID-S-systemet [17] som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. 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 [18,19].

ADR-S/ RID-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (10).	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppmot 250 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppmot 700 m (11).
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar 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 30 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 uppmot 150 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter,	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara

	ämnen	bekämpningsmedel, etc.	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 (12). 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.

4.1.1 Transport av farligt gods på Infartsleden

Infartsleden är en primär transportled för farligt gods [2] och inga restriktioner avseende tillåtna farligt gods-klasser har hittats.

För att uppskatta vilka farligt gods-klasser som går på Infartsleden har kontakt tagits med avnämare i närheten som bedömts vara relevanta, bl.a: Kockums, Marinen, Stena (färja mellan Karlskrona och Gdynja).

De verksamheter som vid inventeringen funnits transportera farligt gods var Kockums och Marinen. Enligt uppgifter inhämtade från verksamheterna är farligt gods-transporterna fördelade mellan olika klasser enligt Tabell 2. Några planer på utökning av transportmängd meddelades inte.

Tabell 2. Fördelning mellan olika farligt gods-klasser som bedöms kunna påverka mer än det direkta närområdet.

Klass	Godsklass	Andel av total mängd (%)
1.1	Explosiva ämnen och föremål	16,3%
2.1	Gaser, brännbara	9,4%
3	Brandfarliga vätskor	16,5%
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	11,8%
	Övriga klasser	46,0%

För att uppskatta antal farligt gods-transporter på Infartsleden har de data som erhållits från aktuella avnämare använt. Med konservativa antaganden om antal transporter med respektive godsklass, vilka mängder transporterna går med samt 250 transportdagar om året erhålls en skattning på 4 transporter per dag.

4.2 Järnvägen

På järnvägen in till Karlskrona centralstation förekommer ingen transport av farligt gods [1]. Trafikverket vill dock ha möjlighet att vid behov upplåta sträckan till godståg när detta krävs.

Trafikverket har inte kunnat bidra med information gällande hur många godstransporter som kan tänkas omdirigeras till Karlskrona central. Enligt uppgifter från Karlskrona kommun finns det i dagsläget fysiska begränsningar som medför att det maximalt kommer kunna ske 6 godstransporter per dag som rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan. Är spår 42 av någon anledning obrukbart vill Trafikverket istället kunna använda Karlskrona centralstation för rangeringen. En svårighet som finns med denna lösning är att det inte finns någon möjlighet att vända loket inne på Karlskrona C. För att centralstationen ska kunna användas för rangering behövs således två lok [20]. Då ingen information gällande hur många godståg som kan komma att dirigeras om till centralstationen har tillhandahållits utförs beräkningar inledningsvis utifrån att 1 godståg per dag trafikerar järnvägen in till Karlskrona centralstation. Detta anses vara ett konservativt antagande då farligt gods-transporter endast förväntas ske vid särskilda omständigheter vilket inte antas inträffa dagligen. Då detta antagande har stor inverkan på det slutgiltiga resultatet genomflörs en känslighetsanalys där 10 godstransporter per dag ligger till grund för beräkningarna, se bilaga E.

Återstående olycksrisk för omgivningen är urspårade tåg. Enligt Trafikverket (f.d. Banverket) bör ny bebyggelse generellt inte tillåtas inom ett område på 30 meter från närmaste spårmitt. Dessa riktlinjer gäller främst för tåg med rörelse i ett hastighetsintervall upp till den för banan eller fordonet högsta tillåtna, vid vilken urspårningar kan drabba omgivningen upp till 25 meter från spåret. Längs bebyggelsen inom planområdet går stationsområdet med hastighetsrestriktioner, där maximal hastighetsgräns i norr är 40 km/h och närmar sig därefter 0, eftersom ingen genomfartstrafik förekommer. Vid ca 30 km/h är sannolikheten att en vagn eller annat fordon skall hamna mer än 15 meter från spåret efter en urspårning noll [21]. Mekanisk skada på grund av urspårning bedöms således inte utgöra någon risk för personer inom planområdet, givet ett skyddsavstånd om minst 15 meter.

Då det i dagsläget inte transporteras något farligt gods på järnvägen in till Karlskrona centralstation antas farligt gods-transporterna vara fördelade mellan olika klasser enligt nationellt snitt, se Tabell 3.

Tabell 3. Fördelning mellan olika farligt gods-klasser enligt nationellt snitt från mätning i september 2006.

Klass	Godsklass	Andel av total mängd (%)
1.1	Explosiva ämnen och föremål	0,00005%
2.1	Gaser, brännbara	14,9%
3	Brandfarliga vätskor	53,9%
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	12,1%
	Övriga klasser	19,1%



4.3 Olycksscenarier

Baserat på konsekvensbeskrivningarna i Tabell 1 samt aktuella avstånd mellan vägen/järnvägen och bebyggelsen har följande riskscenarier med farligt gods identifierats:

- Farligt gods-olycka med explosiva ämnen (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)

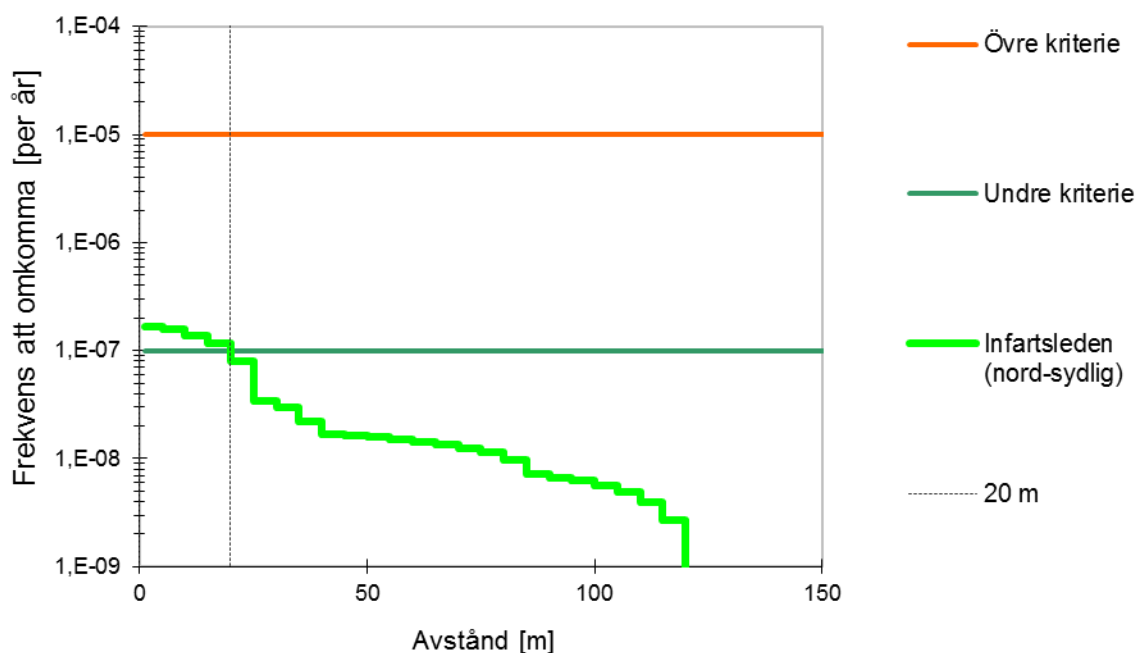
Ovanstående farligt gods-klasser bedöms kunna påverka planområdet och studeras vidare i detalj. Restande klasser bedöms enbart påverka närområdet kring vägen och diskuteras inte vidare i analysen.

5 Resultat

I detta kapitel redovisas risknivån för planområdet med avseende på identifierade scenarier förknippade med farligt gods. Risknivån värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.1. Underlag för beräkningar återfinns i bilagorna A-C.

5.1 Individrisk, nord-sydlig riktning (Infartsleden)

I Figur 8 nedan illustreras individrisknivån genererad av Infartsleden i nord-sydlig riktning. På avstånd från vägen till planerad bebyggelse ligger risknivån lågt inom ALARP-området, och föranleder således låga krav på riskreducerande åtgärder.

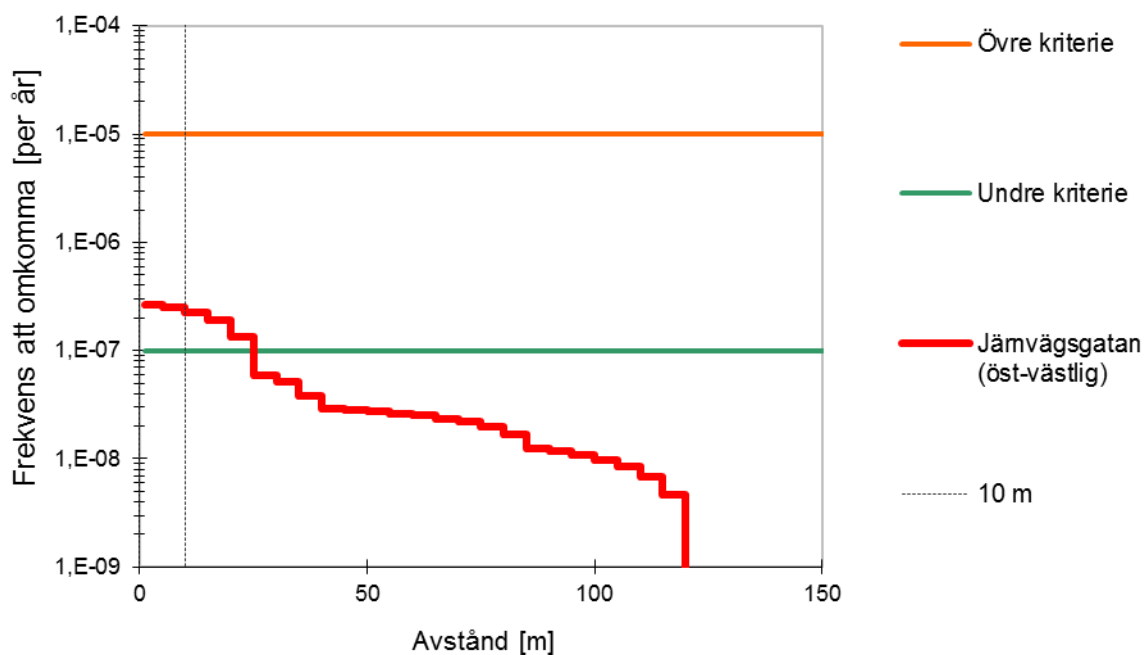


Figur 8. Individriskprofil med avseende på farligt gods-transporter på Infartsleden i nord-sydlig riktning.

5.2 Individrisk, öst-västlig riktning (Järnvägsgatan)

I Figur 9 nedan illustreras individrisknivån genererad av Infartsleden i öst-västlig riktning. Risknivån ligger lågt inom ALARP-området på avstånd till planerad bebyggelse. Enligt definitionen av ALARP-området ska således rimliga riskreducerande åtgärder vidtas.

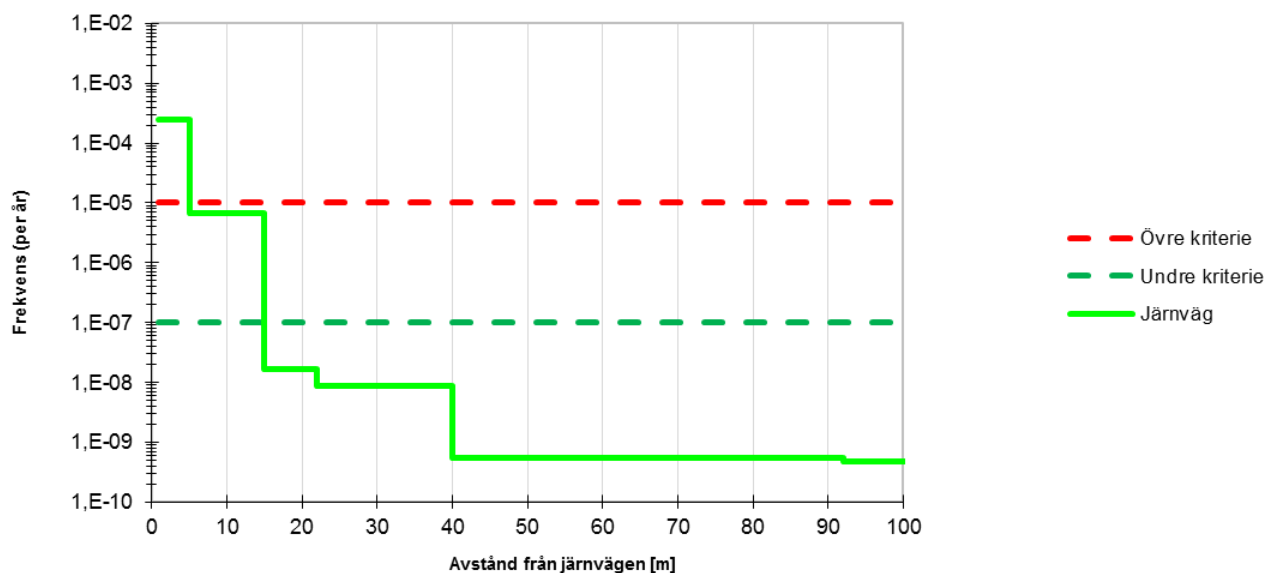
Anledningen till att individrisknivån ligger något högre längs Järnvägsgatan än Infartsleden är att hastigheten är lägre, och vid lägre hastigheter antas en större andel singelolyckor, och därmed högre olyckskvot.



Figur 9. Individriskprofil med avseende på farligt gods-transporter på Infartsleden i öst-västlig riktning.

5.3 Individrisk, järnvägen in till Karlskrona centralstation

Figur 10 illustrerar individrisknivån genererad av järnvägen. Bortom 15 meter från järnvägen är individrisknivån låg och acceptabel.



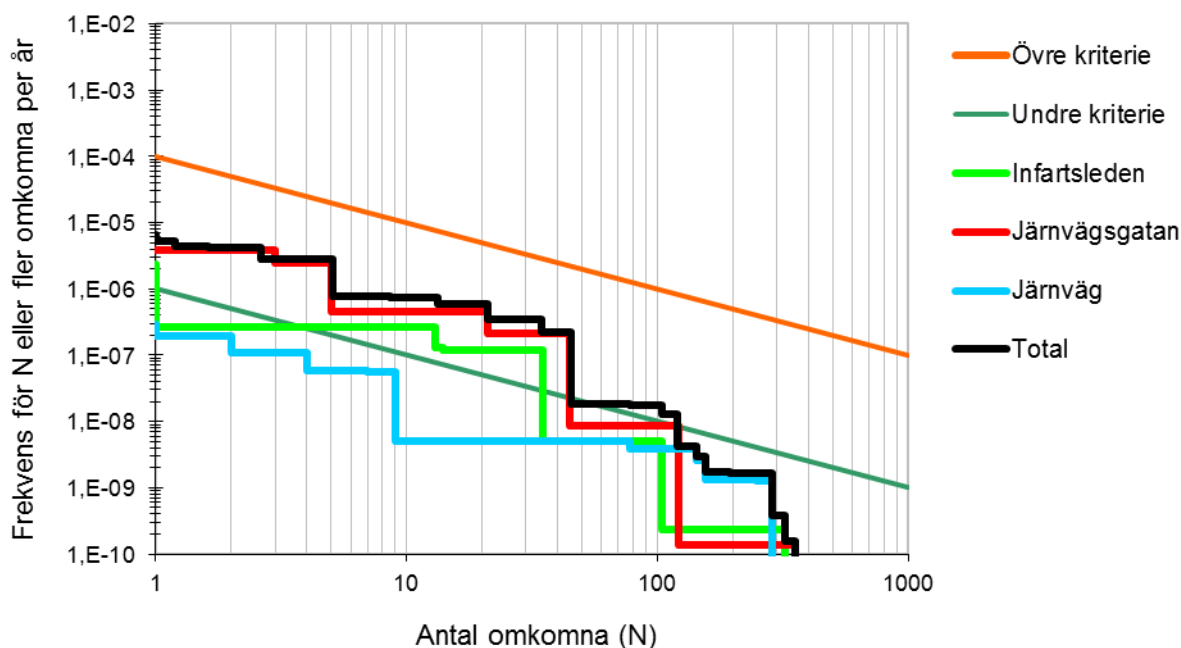
Figur 10. Individriskprofil med avseende på urspårning och farligt gods-transporter på järnvägen.

5.4 Samhällsrisk

Samhällsriskmättet tar, till skillnad från individriskmättet, även hänsyn till persontäthet i området, variationer under dygnet etc. Samma persontäthet har använts över hela planområdet och schablonmässiga dygnsvariationer och vistelse inomhus/utomhus använts. I detta skede är således samhällsrisk, till följd av att endast generella ingångsvärden använts, bara en fingervisning om samhällsrisk för området.

Enligt Figur 11 ligger den totala samhällsrisknivån för området, med avseende på Infartsleden, Järnvägsgatan och järnvägen, mestadels inom ALARP-området. Enligt definitionen av ALARP-området ska rimliga riskreducerande åtgärder vidtas. Samhällsrisk är uppskattad inom 1 km².

Ur figuren kan det också utläsas att det till största del är riskbidragen från Järnvägsgatan och Infartsleden som bidrar till att den totala samhällsrisknivån hamnar inom ALARP-området. Riskbidraget från järnvägen ligger till största del nedan undre kriteriet. Riskreducerande åtgärder längs med järnvägen kommer således därför ha liten inverkan på den totala riskbilden. Detta förutsätter att det maximalt sker en transport om dagen av farligt gods på järnvägen. I bilaga E finns en känslighetsanalys där jämförelse görs med 10 farligt gods-transporter dagligen på järnvägen.



Figur 11. Samhällsrisknivå med avseende på Infartsleden, Järnvägsgatan, järnvägen samt total samhällsrisk.

Då järnvägen inte bidrar med något stort riskbidrag till den totala riskbilden anses de riskreducerande åtgärder som nämns i kapitel 6 inte behöva kompletteras med ytterligare riskreducerande åtgärder utmed järnvägen, givet att ett skyddsavstånd om minst 15 meter hålls bebyggelsefritt.

6 Riskreducerande åtgärder

Den risknivå som uppskattades i kapitel 5 föranleder behov av riskreducerande åtgärder. Nedan redogörs för lämpliga åtgärder i samband med planering av området. Mer detaljerad utformning av åtgärderna och eventuell verifiering av dess riskreducerande effekt kan göras i detaljplaneskede när bebyggelsens karaktär är närmre bestämd.

6.1 Skyddsavstånd

Skyddsavståndet till vägarna är relativt kort, 10 respektive 20 meter gäller för Järnväggsgatan respektive infartsleden. För järnvägen är motsvarande skyddsavstånd 15 meter. Inom skyddsavstånd kan skyddsanordningar och vägar för gång- och cykeltrafik inrymmas. Detta avstånd ska i övrigt hållas bebyggelsefritt.

6.2 Avåknings- och avrinningskydd

Eftersom skyddsavstånd till vägarna är begränsat ska det säkerställas att eventuella olyckor inte lämnar vägen. Detta kan göras med avåkningskydd och kantbarriärer som utförs så att brandfarlig vätska inte kan lämna vägen. Avåkningskyddet ska dimensioneras så att det står emot tunga transporter som håller aktuella hastigheter.

6.3 Fasader mot farligt gods-led

Med tanke på att skyddsavståndet mellan riskkälla och bebyggelse har minskat sen tidigare version av denna riskbedömning föreslås nedanstående fasadåtgärder.

6.3.1 Begränsning av fönsterarea

Åtgärden innebär att fönsterarean, inklusive så kallad öppningskomplettering (dörr, port, glasparti) i en fasad begränsas. Färre öppningar innebär att fasadens svagaste konstruktionsdel minskas, och vid explosioner minskas exponering för tryckvåg och splitter med färre öppningar. Även giftigt inläckage i byggnader förväntas vara mindre. I aktuellt fall bedöms att helglasade våningsplan inte är lämpligt mot farligt godslederna.

6.3.2 Fasadmateriell med avseende på brand

Husrad närmst farligt godslederna bör inte utföras i trä för att fördröja brandspridning vidare in i byggnaden.

6.4 Disposition av planområde

Åtgärden disposition av planområde är egentligen ingen enskild säkerhetshöjande åtgärd, utan en kombination av åtgärder, som t.ex. användning av mark och skyddsavstånd. Mindre känsliga verksamheter som exempelvis parkeringar, eller byggnader med låg persontäthet ska placeras närmst farligt godsleden. Således bör mer känsliga verksamheter med större persontätheter eller samhällsviktiga funktioner placeras längre ifrån i skydd av annan bebyggelse. Kontor och arbetsplatser placeras med fördel närmre godsleden än exempelvis bostäder.

Enligt nuvarande förslag leds infartsleden, och således farligt gods-transporter, förbi Järnvägstorget [1]. Som riskreducerande åtgärd placeras avåkningskydd enligt 6.2 längs Järnvägstorget för att förhindra avåkning och spridning av brandfarlig vätska mot torget. Eventuella uteserveringar på torget placeras minst 20 meter från farligt gods-led, bakom avåkningskydd och företrädesvis mot fasad som inte vetter mot farligt gods-led.



6.5 Disposition av byggnader

Åtgärden innebär disposition av lokaler i en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor. Exempelvis planeras en byggnad så att lokaler med inga eller få personer placeras i den del som är närmst godsleden. Utrymningsvägar i byggnader inom planområdet ska förläggas så att inte alla mynnar mot riskkällan.



7 Diskussion

I detta kapitel framställs en diskussion rörande osäkerheter förknippade med denna riskbedömning.

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som kan påverka resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som generellt är belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området, eftersom projektet befinner sig i ett tidigt skede
- Utformning och disposition av etableringar
- Farligt gods-transporter på Infartsleden
- Schablonmodeller som har använts vid frekvensberäkningar
- Antalet personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario

Det har gjorts ett flertal antaganden där det saknats fakta. De antaganden som gjorts har därför oftast varit konservativt gjorda för att vara på den säkra sidan vid exempelvis riskvärdering och effekter av riskreducerande åtgärder.

8 Slutsatser

Eftersom projektet är i ett tidigt stadium finns goda förutsättningar för att planera det på ett bra sätt ur risk-synpunkt. Inför fortsatt planering av området bör följande beaktas:

- Skyddsavstånden till Järnvägsgatan och Infartsleden om 10 respektive 20 meter ska hållas bebyggelsefritt. Detsamma gäller skyddsavstånd om 15 meter till järnvägen.
- Det ska säkerställas att eventuella olyckor inte lämnar vägen. Detta kan göras med avåkningsskydd och kantbarriärer (eller en kombination av båda) som kan stå emot tunga transporter och som utförs så att brandfarlig vätska inte kan lämna vägen.
- Helglasade våningsplan och trähus bedöms inte lämpligt mot farligt gods-lederna.
- Disposition av planområdet bör göras med risknivån i åtanke och verksamhetstyper, persontätheter och närhet till farligt gods-lederna ska beaktas.
- På Järnvägstorget ska minst 20 meter hållas mellan farligt gods-leder och uteserveringar som placeras i skydd av avåkningsskydd.
- Disposition av byggnader bör göras ur ett riskperspektiv, där exempelvis mindre persontäta verksamheter placeras närmst farligt gods-leden, och mer persontäta delar i skydd av de mindre persontäta.

Vidare anses riskbidraget från järnvägen inte påverka den totala riskbilden i någon större utsträckning förutsatt att det maximalt sker en transport dagligen innehållande farligt gods på järnvägen in till Karlskrona centralstation.



Referenser

- [1] Program för del av Pottholmen 1 mfl, Karlskrona, Karlskrona kommun, Blekingen län, planprogram, Utkast, Samrådshandling 2010-06-21.
- [2] Väginformation om farligt gods, Räddningsverket, Karlstad, 2008.
- [3] Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, 2006.
- [4] E-mail från Sandra Högberg, Planarkitekt, Karlskrona kommun, 2012-05-21.
- [5] Plan- och Bygglagen (1987:10). Utfärdad 1987-01-08, med ändringar till och med SFS 2005:1212.
- [6] Möte med Hans-Olof Hansson och Sandra Högberg, Karlskrona kommun, 2012-01-09.
- [7] Mail från Sandra Högberg, 2015-02-09.
- [8] Mail från Hans-Olof Hansson, 2012-02-21.
- [9] E-mail från Hans-Olof Hansson, Mark- & Exploateringschef, Karlskrona kommun, 2012-02-13.
- [10] International Electrotechnical Commission (IEC). International Standard 60300-3-9, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems, Genève, 1995.
- [11] International Organization for Standardization (ISO). Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards. Guide 73, Geneva, 2002.
- [12] Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996.
- [13] Fredén, Sven. Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen. Borlänge : Banverket, 2001.
- [14] Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Länsstyrelsen i Skåne län, 2007.
- [15] Värdering av risk, Räddningsverket Karlstad, 1997.
- [16] Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, Boverket och Räddningsverket, 2006.
- [17] ADR-S, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (SRVFS 2006:7) om transport av farligt gods på väg och i terräng, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [18] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.
- [19] Handbok för riskanalys, Statens Räddningsverk, 2003.
- [20] Telefonmöte med Tore Almlöf och Jan-Anders Glantz, Karlskrona kommun, 2015-01-26.
- [21] Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001.

Bilaga A Frekvens- och sannolikhetsberäkningar - Väg

För att kunna kvantifiera risknivån för personer i planområdet behövs först ett mått på sannolikhet för de skadescenarier som identifierats i närheten av planområdet. Nedan redogörs för beräkningar för Infartsleden i nord-sydlig riktning om inget annat anges. Beräkningar för Infartsleden i öst-västlig riktning genomförs på samma sätt.

A.1 Väg

I Räddningsverkets *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [1] ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

A.1.1 Trafikolycka med transport av farligt gods på Infartsleden

För att beräkna det totala trafikarbetet på sträckan används följande formel:

$$\text{ÅDT}(\text{fordon} / \text{dygn}) \cdot 365(\text{dygn}) \cdot \text{Vägsträcka}(\text{km}) = \text{Trafikarbete, totalt} (\text{fordonskilometer} / \text{år})$$

Enligt planprogrammet kommer årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) år 2030 efter utbyggnad vara ca 33 820 fordon/dygn på aktuell del av Infartsleden.

Olyckor som inträffar på en vägsträcka på 0,6 km (baserat på planområdets sträckning längs vägen och längsta konsekvensområde för olycka på väg) bedöms kunna påverka planområdet, och därför ansätts den studerade vägsträckan till 0,6 km.

Ovanstående indata används i formeln för att beräkna det totala trafikarbetet på sträckan:

$$33\,820(\text{fordon} / \text{dygn}) \cdot 365(\text{dygn}) \cdot 0,6(\text{km}) = 7\,406\,580 \text{ fordonskilometer} / \text{år}$$

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Olyckskvot} \cdot \text{Trafikarbete, totalt} (\text{fordon} / \text{dygn}) \cdot 10^{-6} = O = \text{Fordonsolyckor}(\text{olyckor} / \text{år})$$

Hastigheten på sträckan är 50 km/h [2]. Vidare har antagits att vägen går i tätort vilket ger olyckskvot 1,20 [1].

Ovanstående indata används i formeln för att beräkna förväntat antal fordonsolyckor på sträckan:

$$1,20 \cdot 7\,406\,580 \cdot 10^{-6} = 8,9 \text{ olyckor/år}$$

Vid beräkning av antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor används följande formel:

$$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen

Andelen transporter skyltade med farligt gods (X) = $4/33\,820 = 1,2 \cdot 10^{-4}$

där 4 är antal farligt gods-transporter per dygn baserat på inhämtat material från lokala avnämare

Uppskattad andel singelolyckor (Y) för vägavsnittet är 0,15 [1].

Ovanstående indata används i formeln för att beräkna förväntat antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor:

$$8,9 \cdot ((1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15) + (1 - 0,15) \cdot (2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4}^2)) = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ per år}$$

Index för farligt gods-olyckor innebär sannolikheten för att ett fordon skyltat med farligt gods i en trafikolycka orsakar en farligt gods-olycka med läckage, och kommer att användas senare för respektive farligt gods-klass. Index för farligt gods-olyckor är 0,03 för aktuellt vägavsnitt [1].

För att uppskatta vilka farligt gods-klasser som går på Infartsleden har kontakt tagits med avnämaren i närheten som bedömts vara relevanta, bl.a: Kockums, Marinen, Stena (färja mellan Karlskrona och Gdynja).

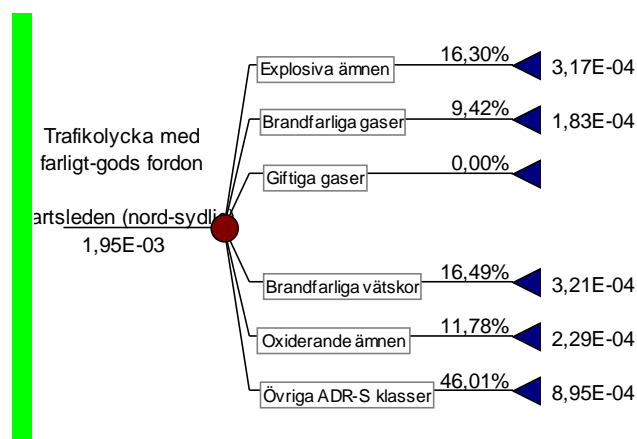
De verksamheter som vid inventeringen funnits transportera farligt gods var Kockums och Marinen. Enligt uppgifter inhämtade från verksamheterna är farligt gods-transporterna fördelade mellan olika klasser enligt Tabell 2. Några planer på utökning av transportmängd meddelades inte.

Tabell A.1. Fördelning mellan olika farligt gods-klasser som bedöms kunna påverka mer än det direkta närområdet.

Klass	Godsklass	Andel av total mängd (%)
1.1	Explosiva ämnen och föremål	16,3%
2.1	Gaser, brännbara	9,4%
3	Brandfarliga vätskor	16,5%
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	11,8%
	Övriga klasser	46,0%

Baserat på konsekvensbeskrivningarna i kapitel 4, fördelningen i Tabell A. och aktuella avstånd mellan transportlederna och planområdet behandlas farligt gods-olycka med explosiva ämnen (klass 1), brandfarliga gaser (klass 2.1), brandfarlig vätska (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5) vidare i analysen.

I händelseträdet, se Figur 12, redovisas frekvensen för trafikolycka med transport av respektive aktuell farligt gods-klass inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass. Hänsyn tas till respektive gods-klass konsekvensområde, eftersom en eventuell olycka inte antas påverka planområdet längs respektive transportledsavsnitt. Likaså reduceras den beräknade frekvensen med avseende på spridningsvinkel (vindförhållanden). Vid den senare av dessa båda reduceringar är det konservativt endast gaser som antagits påverkas av vindförhållandena. Sannolikheten att en person befinner sig inom spridningsområdet från ett gasutsläpp har konservativt skattats till 1/3.



Figur 12. Händelsetråd med sannolikheter för olycka med respektive farligt gods-klass.

A.2 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas sannolikhetsberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik. Samtliga klasser ingår inte i de ursprungliga beräkningarna, men eftersom samtliga klasser antas bli transporterade förbi området vid känslighetsanalysen redovisas samtliga farligt gods-klasser som bedöms kunna påverka området vid olycka.

A.2.1 Explosiva ämnen

Maximal mängd massexplosiva varor (klass 1.1) som får transporteras på väg är 16 ton, men denna mängd är mycket ovanlig. Det stora flertalet transporter av klass 1-varor, vilka transporteras på väg, bedöms utgöras av mindre mängder styckegods i form av tändsatser, fyrverkerier etc. Vid mindre explosioner (mängder <0,5 ton) antas byggnadernas väggar motstå ras, och inga personer bedöms därmed omkomma vid de scenarierna.

Vid olyckor med större transporterade mängder kan explosioner dock rasera delar av byggnaden, vilket kan leda till omkomna. Endast dessa scenarier studeras därför vidare.

Explosionerna är indelade i ”stor” (0,5-4 ton) respektive ”mycket stor” explosion (4-16 ton). 1/3 av transporterna med klass 1 bedöms konservativt transportera massexplosiva varor och innehålla mängder som överstiger mer än 0,5 ton explosivt gods. Enligt uppgift från transportbolag utgör transporter med mycket stora mängder explosiva varor uppskattningsvis mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [3]. I beräkningarna har det antagits att transporter med mycket stora mängder (mellan 4-16 ton) utgör 2 % av transporterna med klass 1-varor.

För att en olycka med transport av explosiva ämnen ska leda till allvarliga konsekvenser för omgivningen kring olycksplatsen bedöms det nödvändigt att godset utgör massexplosiva varor. Andra typer av klass 1-gods som exempelvis ammunition, tårgas, fyrverkerier etc. utgör en del av transporterna, men bedöms endast leda till konsekvenser för vägområdet kring olyckan.

Vidare är det inte nödvändigt att ämnet läcker ut. Däremot måste det transporterade godset skadas så illa att det exploderar. Detta antas kunna inträffa dels om olyckan leder till fordonsbrand och dels om de mekaniska påkänningarna på fordonet blir tillräckligt stora.

Brand

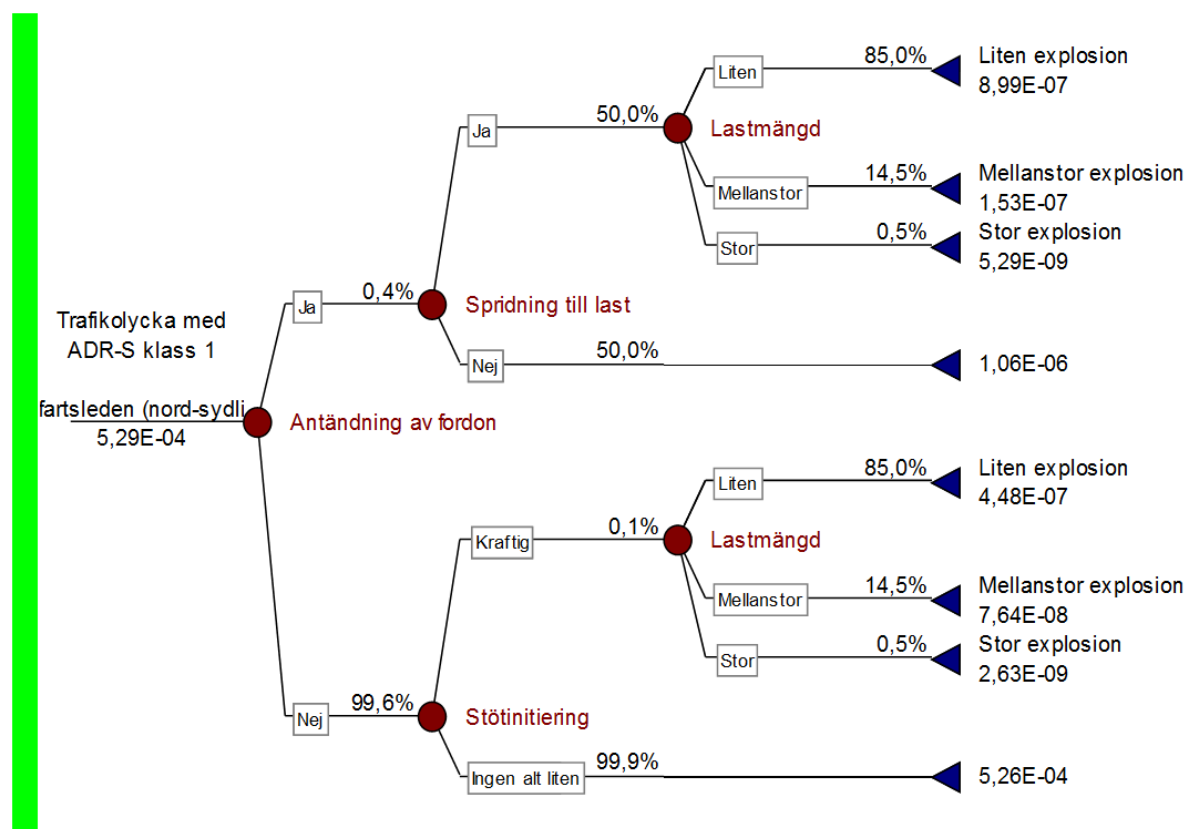
Då energi i form av värme kan leda till deflagration beaktas brand som möjlig initiator till en explosion.

Baserat på uppgifter från VTI antas 0,4 % av olyckor med tunga fordon leda till brand [4,5]. I samband med brand i fordon visar en fransk studie att fyra av tio bränder släcks av personer på plats medan resterande bränder släcks av räddningstjänsten. Släckning antas ske med hjälp av släckutrustning som fordon för transport av klass 1-varor alltid måste vara utrustade med. Då osäkerheter råder kring inom vilken tid räddningstjänsten kan vara på plats kan ingen slutsats dras om att branden inte kan påverka lasten. Vid transporter med över 1000 kg (Ex3-fordon) förvaras godset i brandklassade skåp som skall motverka brandspridning från utomstående brand. Detta medför att det är troligt att även bland bränderna som inte kunde släckas, är det en liten andel som når godset. Sannolikheten för att en brand som uppstått även når godset och leder till detonation bedöms vara 10-50 %.

Stöt

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Kring detta råder en del oklarheter. I viss litteratur skrivs att det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s, vilket motsvarar projektiler från vapen [6]. Till skillnad från brand finns i dag ingen känd forskning angående hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset. Moderna lastbilar är noggrant testade och utformas så att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Det finns olika typer av tester för att klassificera explosivämnen. Ett av dessa är slaghammartest där den energi som krävs för att detonation skall ske kan beräknas. Med stöd av testerna kan konstateras att det krävs ett mycket stort krockvåld för att åstadkomma den energimängd som krävs för detonation. Därför be-

döms sannolikheten för en sådan olycka inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en kollision, dvs. 0,4 %. Att sannolikheten ändå antas vara så hög är att det kan förekomma olyckliga omständigheter där transporterarna inte sker på rätt sätt mm.



Figur 13. Händelsetråd för farligt gods-olycka med explosiva ämnen (ADR-S-klass 1) i lasten.

A.2.2 Gaser

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas på vägavsnittet vara 0,03 (index för farligt gods-olyckor) [1]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med tjocka väggar och därmed stor tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks med faktorn 1/30 [1], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $0,03 \cdot 1/30 = 0,003$ för vägavsnittet.

Ett läckage till följd av farligt gods-olycka med gas i lasten antas till litet, medelstort eller stort. Beroende på hur gaserna transporteras, och vilka typer som förekommer, varierar läckagestorlekarna. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms fördelningen för respektive läckagestorlek vara 0,62, 0,21 och 0,17 [1].

Enligt den statistik som inhämtats förekommer ingen transport av giftig gas, varför ingen giftig gas antagits bli transporterad på sträckan.

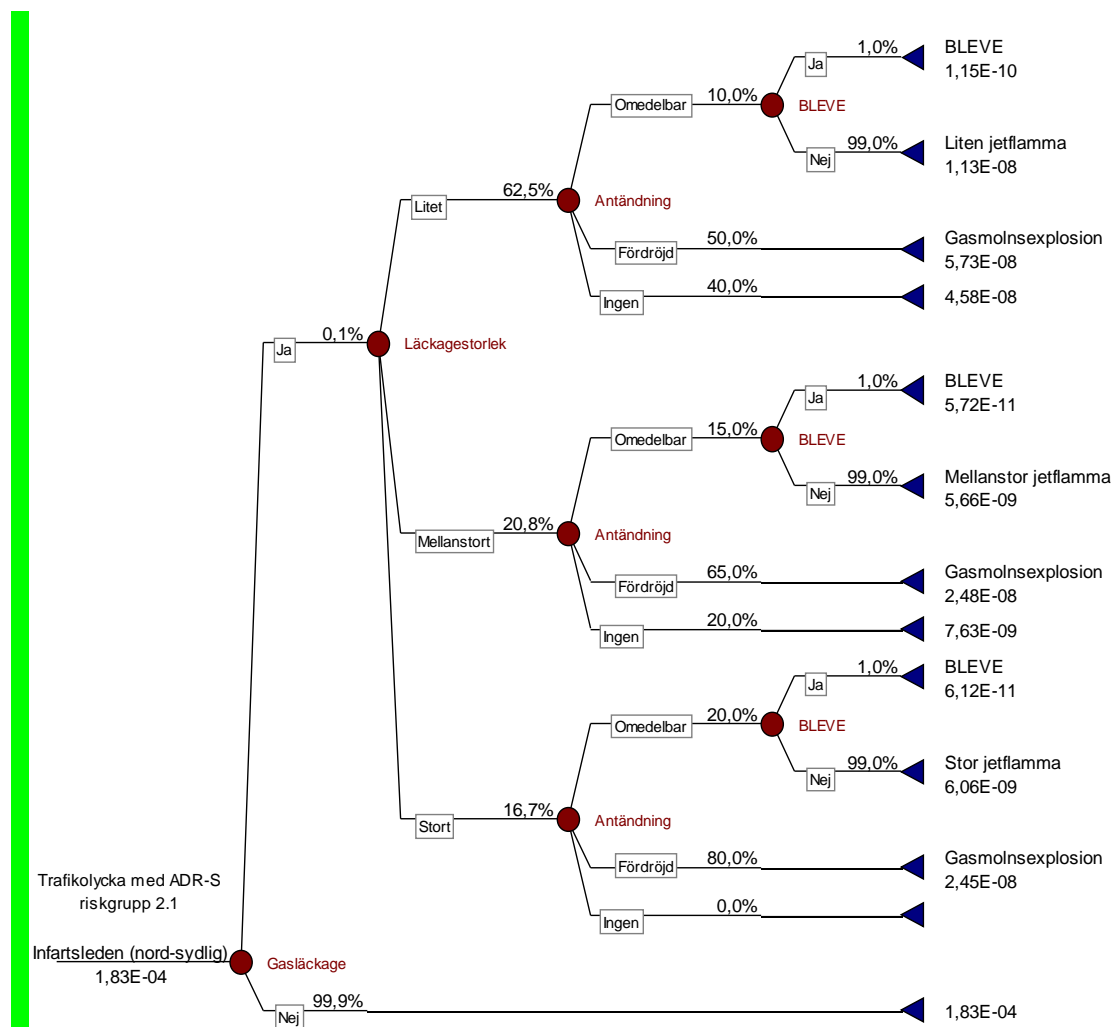
Brandfarlig gas

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 vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är mycket osannolikt, och kan endast inträffa om tankbilen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för utbredd brand. En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan då uppstå, men detta inträffar endast om tanken också utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid, t.ex. då en jetflamma från släpet riktas mot tankbilen.

För ett litet utsläpp brännbar gas (20 mm hål) gäller att sannolikheterna för omedelbar antändning (jetflamma), fördröjd antändning (brinnande gasmoln) och ingen antändning är 0,1, 0,5 respektive 0,4 och för ett stort utsläpp (100 mm hål) är motsvarande siffror 0,2, 0,8 och 0 [7]. Motsvarande tal för ett medelstort utsläpp (50 mm hål) antas vara medeltal av ovanstående sannolikhet, d.v.s. 0,15, 0,65 och 0,2.

En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten, uppskattningsvis mindre än 0,01.

I Figur 14 redogörs för frekvenserna som beräknats för olycka med klass 2.1 (brandfarlig gas).



Figur 14. Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig gas (ADR-S-klass 2.1) i lasten.

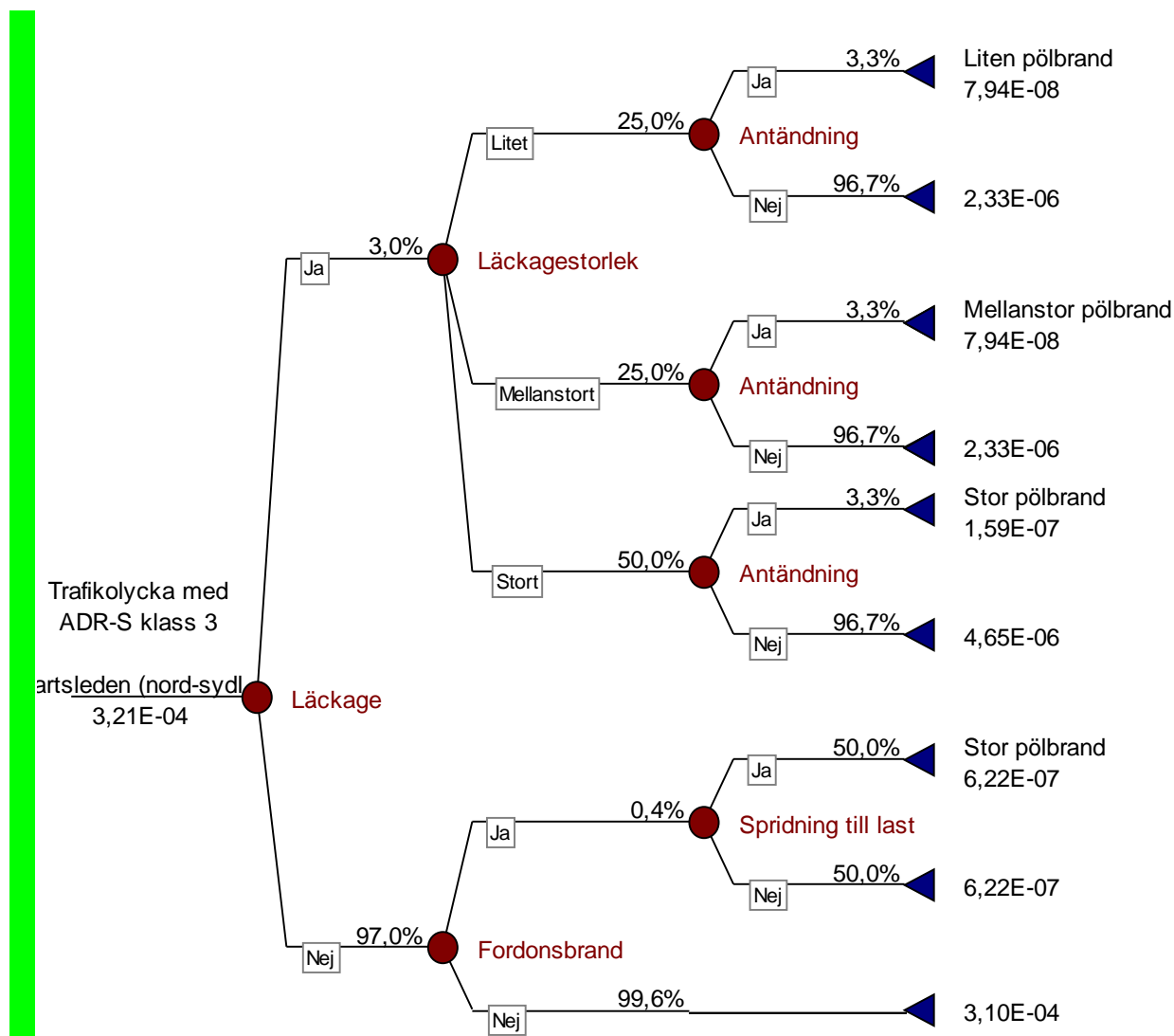
A.2.3 Brandfarliga vätskor

För att leda till större konsekvenser för människor måste utsläpp och antändning ske av den brandfarliga vätskan, alternativt att fordonet fattar eld till följd av olyckan. Antändning av bensin och E85 antas ske med en sannolikhet på ca 0,033 [1,7], oberoende av om det är litet eller stort läckage. Sannolikheten för antändning av ett läckage med diesel eller eldningsolja på väg är mycket låg om ens befintlig. Som ett konservativt antagande kommer dock all flytande bränsle beaktas som bensin.

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas för vägvägnittet vara 0,03 (index för farligt gods-olyckor) [1].

Vid läckage från tankbil antas fördelningen för respektive läckagestorlek (pölarea) vara 0,25, 0,25 och 0,50 [1].

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är cirka 0,004 [4,5]. Sannolikheten för spridning till last vid fordonsbrand antas till 0,5. Konsekvenserna vid scenariot brandspridning till last antas motsvara de för stor pölbrand. I Figur 15 nedan redovisas samtliga scenarier och beräknade sannolikheter.



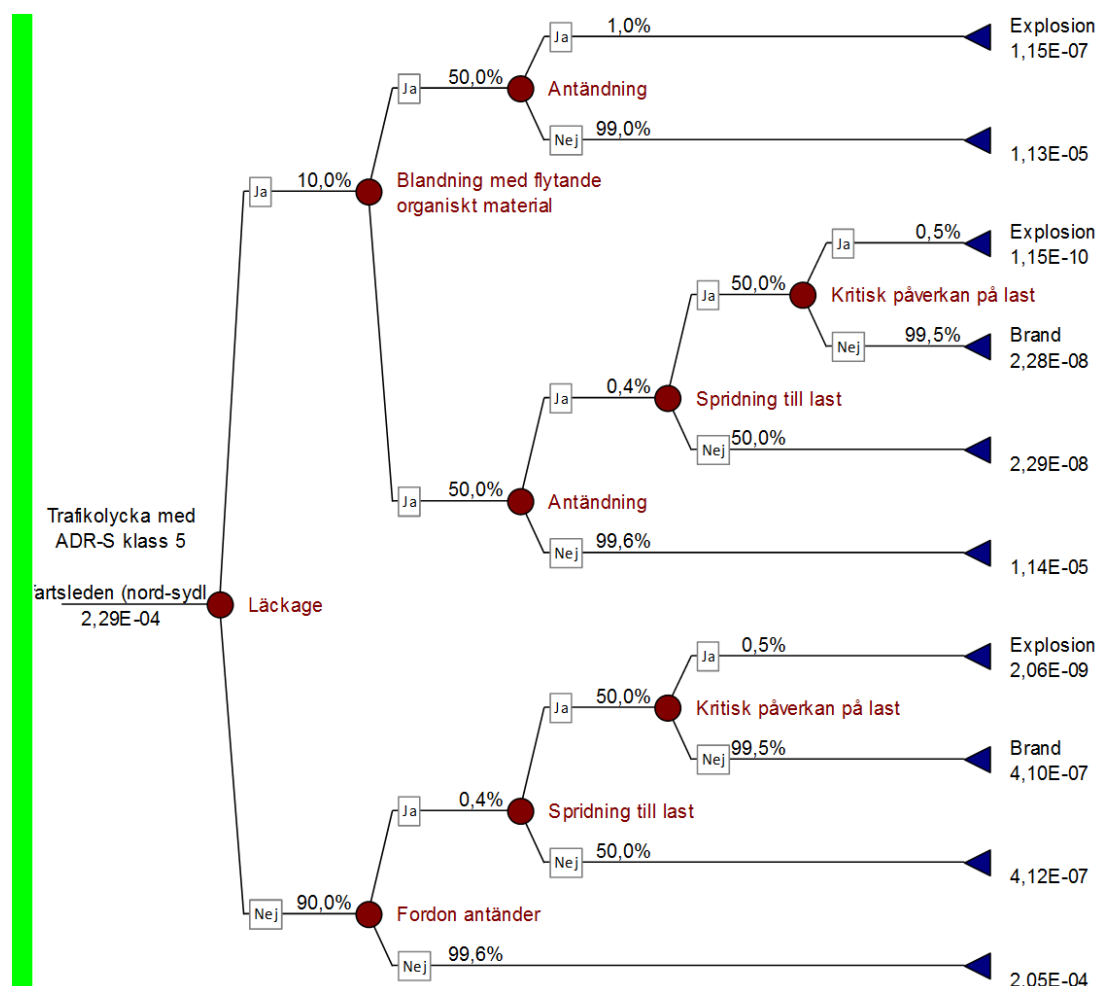
Figur 15. Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (ADR-S-klass 3) i lasten.

A.2.4 Oxiderande ämnen

Olycka med oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om ämnena kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då självantända och leda till kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Oftast blandas en stabilisator, flegmatiseringsmedel, i det oxiderande ämnet för att minska reaktionsbenägenheten hos det farliga godset. 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. gräsbrand invid vägen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas konservativt utgöra 1/3 av den totala mängden av farligt gods-klass 5 som transporteras. Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas för vägavsnittet vara 0,03 (index för farligt gods-olyckor) [1]. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara relativt hög (antaget 0,50), men förbränning bedöms endast uppkomma i 10 % av fallen. Utav dessa förbränningar antas konservativt en andel om 0,1 kunna ge upphov till explosionsartade förlopp.



Figur 16. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämne (ADR-S-klass 5) i lasten.

Sedan ursprungliga beräkningar avseende ADR-S-klass 5 togs fram har räddningstjänsten informerat om förekomst av högkoncentrerad väteperoxid (85%) på Infartsleden och Järnvägsgatan. Högkoncentrerad vä-

teperoxid är mycket mer reaktivt än mer normala blandningar (<60 %) som tidigare antagits i riskbedömningen. I värsta fall kan väteperoxid (85 %) leda till detonation med konsekvenser liknande explosiver (ADR-S-klass 1.1).

Vid kontakter med Marinen [8] och Räddningstjänsten [9] har dock framkommit att mängden och antalet transporter av högkoncentrerad väteperoxid är så liten (<1000 kg/år fördelat på 2-4 transporter per år) att det blir försumbart i jämförelse med de mängder som ursprungligen legat till grund för riskberäkningarna. I ursprungsberäkningen har 130 transporter med ADR-S-klass 5 årligen antagits passera planområdet. Därtill har 180 transporter med ADR-S-klass 1.1 antagits passera planområdet.

Kontrollberäkningar har utförts där ytterligare 2-4 transporter/år lagts till de enligt ursprungsberäkningarna uppskattade 130+180 st som kan leda till detonation. Dessa kontrollberäkningar har inte bidragit till märkbart högre risknivå än ursprungligen beräknat.

Redan tidigare har explosionsbegränsande åtgärder rekommenderats, såsom att ej tillåta helglasade fasader mot riskkällorna, samt att disponera planområdet och byggnaderna så att personintensiv verksamhet förläggs så långt från riskkällorna som möjligt.

Därmed bedöms således inga ytterligare åtgärder än de som tidigare rekommenderats vara relevanta med hänsyn till de få transporterna med högkoncentrerad väteperoxid.



Referenser Bilaga A

- [1] Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996.
- [2] Program för del av Pottholmen 1 m.fl., Karlskrona, Karlskrona kommun, Blekingen län, planprogram, Utkast, Samrådshandling 2010-06-21.
- [3] Samtal med Dyno, Bofors samt Börjes Åkeri i Nybro, samtliga stora transportörer av explosiva varor, 2007-01-30.
- [4] Vägtrafikskador 2001, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [5] Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut, 2003-05-27.
- [6] Lamnevik, S. 2000. Explosivämneskunskap. Institutionen för energetiska material Försvarets Forskningsanstalt (FOA).
- [7] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, vol 33, 1993.
- [8] Samtal med Björn Edarp, Marinen, 2014-09-12.
- [9] Samtal med Frida Eiman, Räddningstjänsten, 2014-09-01.

Bilaga B Konsekvensberäkningar – Väg

I denna bilaga redogörs för de antaganden och beräkningar som gjorts för att uppskatta de konsekvenser som identifierade risker kan orsaka. Uppskattningen görs med hjälp av konsekvensområden för respektive scenario och persontätheter på planområdet. Samtliga klasser ingår inte i de ursprungliga beräkningarna, men eftersom samtliga klasser antas bli transporterade förbi området vid känslighetsanalysen redovisas samtliga farligt gods-klasser som bedöms kunna påverka området vid olycka.

B.1 Bedömda konsekvensområden

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 Bilaga A. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts. Följande kriterier för bedömning av konsekvensområde där personer antas omkomma har använts:

- Värmestrålning: Nivåer över 15 kW/m² orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering.
- Explosion: Gränsen för direkt dödliga skador går vid 180 kPa tryck.

B.1.1 Explosiva ämnen

Av klass 1 är det endast underklass 1.1, massexplösiva ämnen, som vid en olycka allvarligt kan skada människor på större avstånd än några 10-tal meter. Gränsen för direkt dödliga skador går vid 180 kPa tryck. Vid en explosion av 15 ton explosiva ämnen kan detta tryck uppnås ca 60 meter från olycksplatsen [1].

En modern byggnad utförd i betong med sammanhållen stomme klarar av ett tryck på ca 40 kPa. Vid en (mycket stor) explosion av 4-16 ton explosiva ämnen kan detta tryck uppnås på en fasad som vetter mot en olycksplats ca 200 meter bort, och för övriga fasader 120 meter bort [1].

Vid en (stor) explosion av 0,5-4 ton explosiva ämnen kan tryck över 180 kPa (direkt dödligt tryck) uppstå inom en radie på 30 meter från olycksplatsen och fasader kan antas rasa (tryck på 40 kPa för ny betongbyggnad) inom 70 meter [1].

En olycka med en liten mängd explosiva ämnen i lasten, exempelvis 50-100 kg ammunition antas endast leda till skador på människor som vistas utomhus. Skadorna bedöms dock inte bli livshotande och scenariot bedöms inte leda till några omkomna i eller kring byggnaderna.

B.1.2 Gaser

Brännbar gas

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brännbar gas uppskattas grovt att samtliga gastransporter utgörs av tankbilar och att mängden gas i en tankbil är 25 ton. Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga tankbilar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns vilket antas medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än för andra brännbara gaser.

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm), medelstort hål (hålstorlek 50 mm), och stort hål (hålstorlek 100 mm). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [2], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym. Det skadedrabbade området vid en eventuell BLEVE beräknas också för tank med 25 ton gasol. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet, men den totala mängden gas i tanken påverkar inte skadeområdet. 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 så är fallet. Utsläppet antas vara i ca 30 minuter, varefter räddningstjänsten antas kunna vidta åtgärder. Vindstyrkan varierar från 3-8 m/s.

Indata som använts i *Gasol* [2] för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktade utåt)
- Tankdiameter: 2,0 meter
- Tanklängd: 18 meter
- 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: Tätortsförhållanden (många fordon, barriärer etc.)

Nedan visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. De avstånd som anges är de från utsläppspunkten i jetriktningen till tredje gradens brännskador. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tankbilen och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det är i och kring vägen som de mest sannolika tändkällorna finns i form av bilars motorer osv. I detta sammanhang avses s.k. flashfire eller antändning och flamförbränning av ett gasmoln, utan efterföljande explosion och tryckuppbyggnad. Enligt beräkningsverktyget *Gasol* [2] kan inte fördröjd gasmolnsexplosion uppkomma vid studerade scenarier. För att en sådan ska ske krävs stora momentana utsläpp av gasol, eller motsvarande totala tankbrott, vilket är mycket osannolikt i sammanhanget, se även avsnitt A.2.2. Vid brinnande gasmoln (flashfire) uppskattas det skadedrabbade området vara molnets storlek plus avståndet inom vilket tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten. Vid jetflamma och brinnande gasmoln beror skadeområdet på läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet.

Tabell B.1. Skadedrabbat område för olika scenarier vid farligt gods-olycka med brännbar gas i lasten.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Vindstyrka [m/s]	Skadedrabbat område
BLEVE				Cirkulärt 170 m radie
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma	-	Plym 18,1 m * 16 m
		Gasmoln	3	Moln 18,2 m * 13,7 m
		(flashfire)	5	Moln 18 m * 11,5 m
			8	Moln 15,9 m * 11 m
	Medelstort hål (15 kg/s)	Jetflamma	-	Plym 46,3 m * 40 m
		Gasmoln	3	Moln 18,9 m * 18,2 m
		(flashfire)	5	Moln 18,5 m * 17 m
			8	Moln 19,2 m * 19,4 m
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma	-	Plym 91,5 m * 80 m
		Gasmoln	3	Moln 21 m * 26,4 m
		(flashfire)	5	Moln 20,7 m * 25,6 m
			8	Moln 21,2 m * 24,4 m

B.1.3 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 fram till där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2 , vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (ca 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör underligas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [1,3].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50, 200 respektive 400 m^2 .

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar. De formler som använts är baserade på den forskning inom brandområdet som bedrivits under lång tid. Använda formler och samband är etablerade och används vid bedömning av olika typer av brandförlopp [1].

I Tabell redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika pölareor. 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. Vid beräkningarna har i detta fall antagits att pölen breder ut sig cirkulärt med centrum i respektive olycksplats.

Tabell B.2. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m^2) för olika pölstorlekar.

Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m^2 från pölkant
50 m^2	12 m
200 m^2	22,5 m
400 m^2	30 m

B.1.4 Oxiderande ämnen

Vid olycka med oxiderande ämne antas inte några personer inom planområdet omkomma, om inte det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning har i avsnitt A.2.4 delats in i explosionsartade förlopp, där lasten kommer i kontakt med t.ex. bilens drivmedel, samt i gräsbränder eller liknande där det utläckta ämnet understödjer förbränning av det organiska material det kommer i kontakt med.

En explosiv oxidatorbränsleblandning innehåller ca 13 % bränsle. Lasten vid en farligt gods-olycka på väg kan blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material) och skapa cirka 3 ton explosiv blandning. Tryck över 180 kPa (direkt dödligt tryck) kan då uppstå inom en radie på 30 meter från olycksplatsen och fasader kan antas rasa (tryck på 40 kPa för ny betongbyggnad) inom 70 meter [1].

Referenser Bilaga B

-
- [1] Översiktsplan för Göteborg – Fördjupad för sektorn transport av farligt gods, bilaga 2, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, december 1997.
- [2] Gasol 2001 – version 2.5, handbok, Räddningsverket 2005.
- [3] BBR, Boverkets Byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t o m BFS 2006:12, Boverket 2006.

Bilaga C Frekvens- och sannolikhetsberäkningar - 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* (2). Därefter används händelseträds metodik 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/år) är cirka 122.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 142 082.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 5st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell C. (2):

Tabell C.1. 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	$33,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
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 (2) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

C.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

C.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet finns 5 växlar. I beräkningarna har hänsyn tagits till att inom undersökt område kommer växling ske till sidospår då det rör sig om ett stationsområde

C.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas till 7,7E-05 med formeln:

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

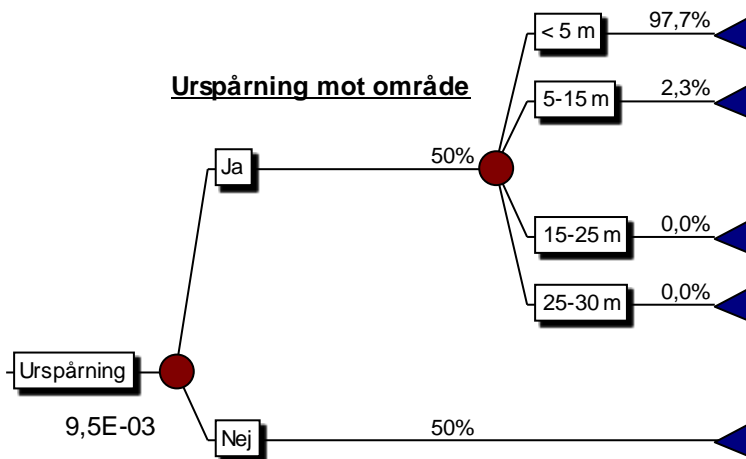
C.1.6 Avstånd från spår för urspårade vagnar

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 C. nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (86 % persontåg och 14 % godståg) (2).

Tabell C.2. 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	79,31%	18,39%	2,30%	0,00%	0,00%
Godståg	73,56%	20,69%	5,75%	0,00%	0,00%
Viktat medel efter andel	79,26%	18,41%	2,33%	00,00%	0,00%

Vid ca 30 km/h är sannolikheten att ett urspårat tåg skall hamna mer än 15 ifrån spåret noll (1). Enligt Tabell C.2 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 urspårade tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i figur C.1. nedan.



Figur C.1. Händelseträdd med sannolikheter för urspårningar.

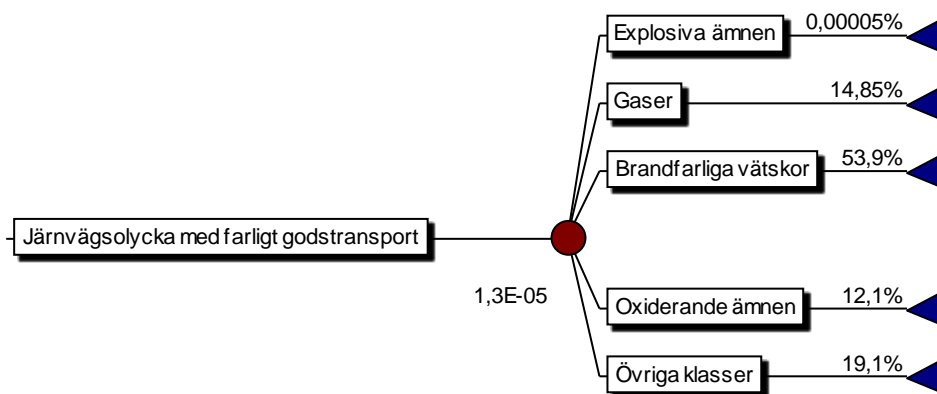
C.2 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

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 är enligt avsnitt C.1.5 beräknad till 7,7E-05 per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar (4). Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar. 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 1,3E-05 per år.

I händelseträdet, se Figur C., redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur C.2. Händelseträdd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

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.

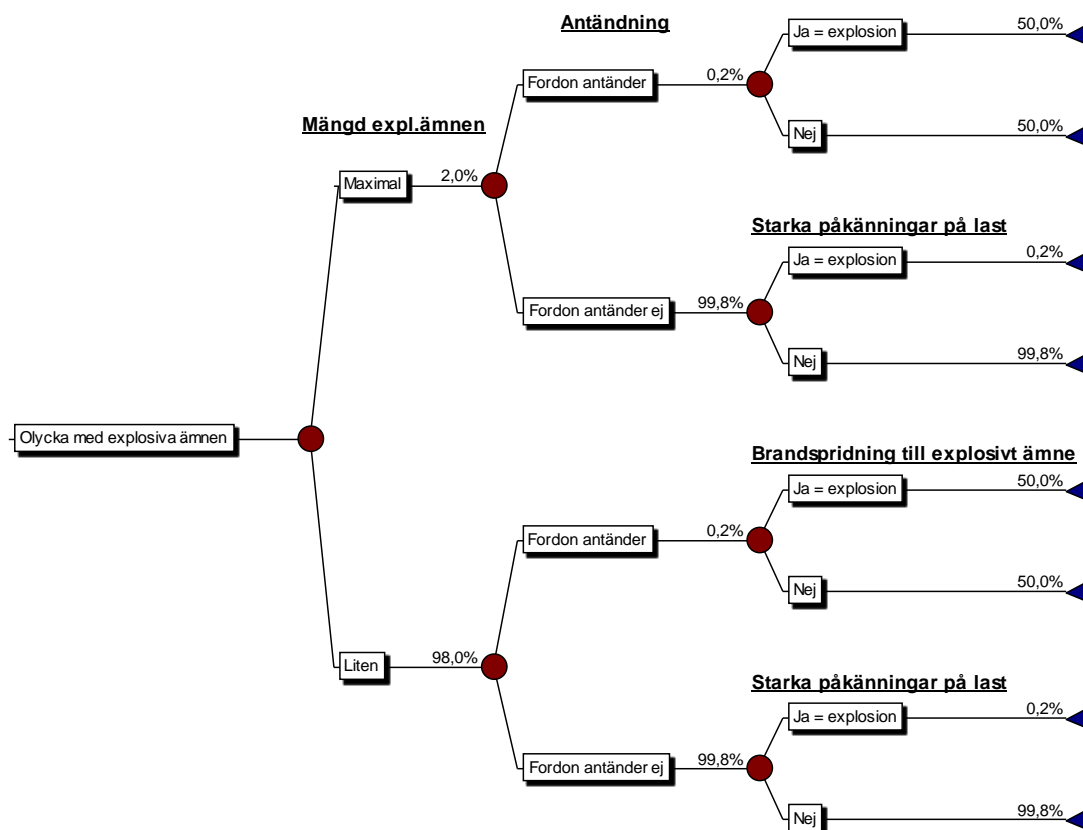
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods (5). Denna siffra gäller för Sverige 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 (6).

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 (7) (8). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (9).

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 (10). 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 (11) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur C. redovisas möjliga scenarier.



Figur C.3 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmäts 2006 (12), antas 87 % av transporterna 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 (2). 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.

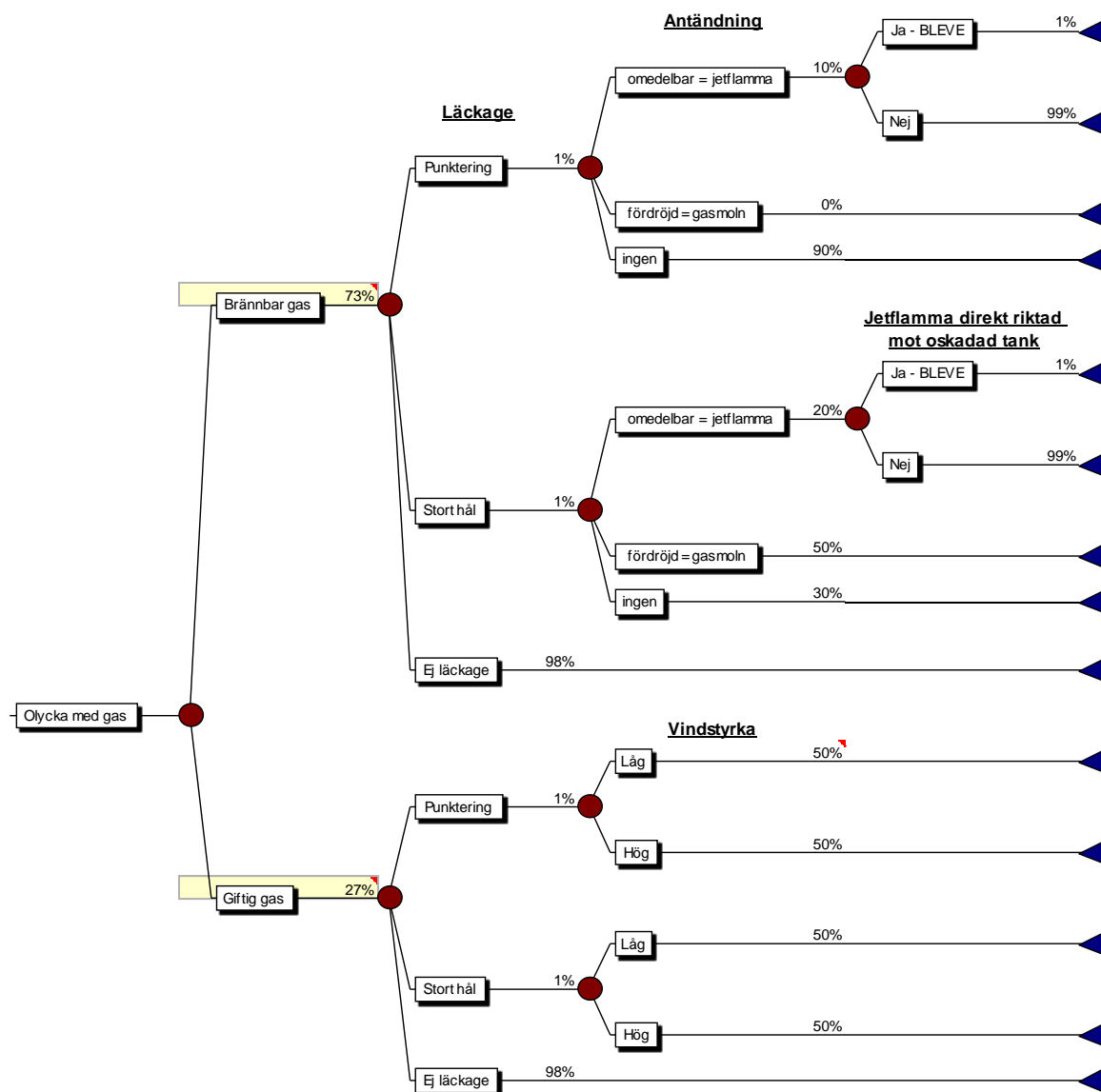
För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (13) för:

- 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 % (13). 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

intelligande 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 C. redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

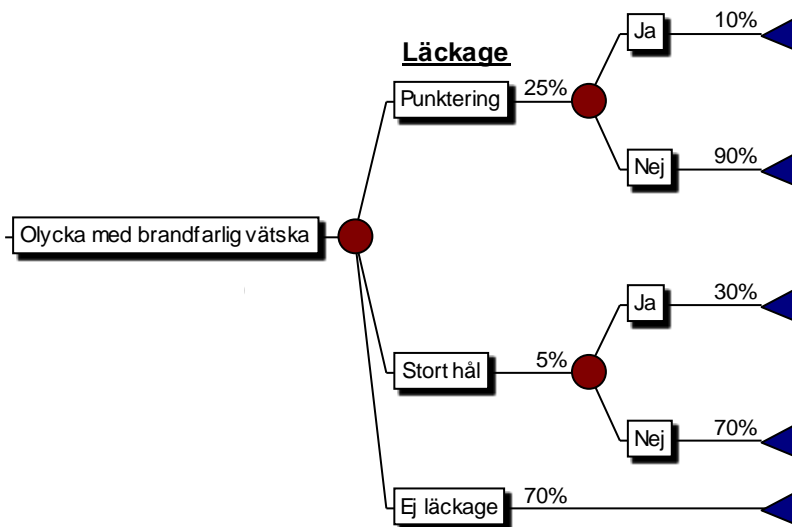


Figur C.4 Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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 % (2). 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 % (2). I Figur C. 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 C.5 Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

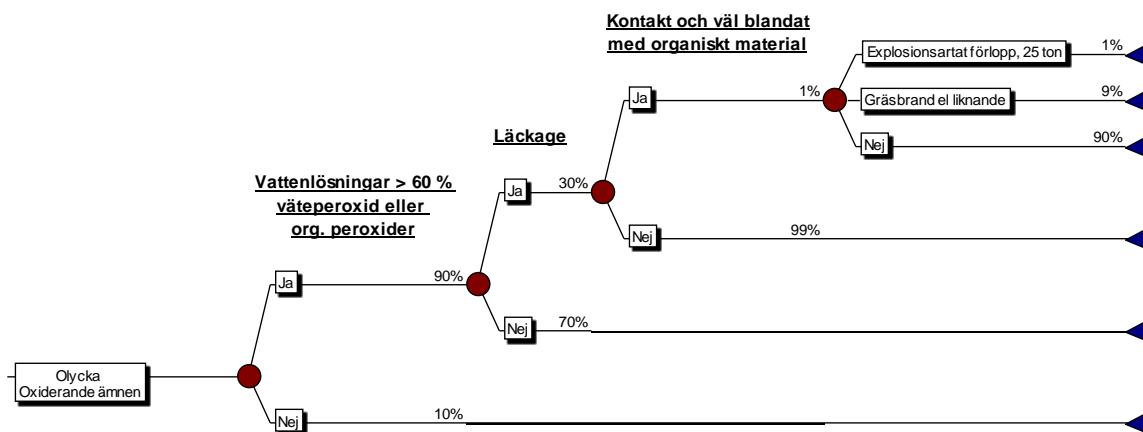
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensen, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. 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 (5) anger att 93 % av transporterna 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 transporterna 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 % (8). 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 C. redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur C.6 Händelsetråd 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.

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.

C.5 Persontäthet

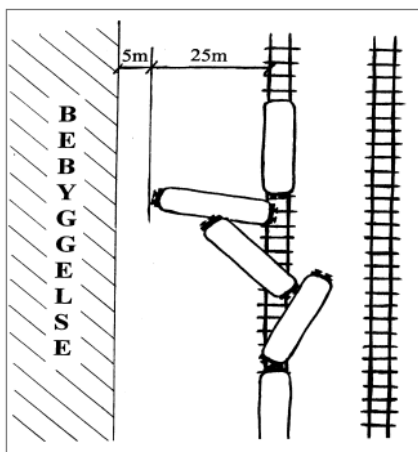
För samhällsriskberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för hela området som undersökts.

Uppskattad persontäthet är 2000 dagtid och 2000 nattetid (1). Det antas att 12 timmar om dygnet räknas som dag och resten som natt.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt och i aktuellt fall utgör cirka 15 meter ett befolkningsfritt avstånd från närmaste spår. De personer som omkommer på detta område räknas bort från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisk. För individrisken är detta avstånd oväsentligt eftersom riskmålet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

C.6 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 begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur D. (14).



Figur D.1 Urspårningsolycka på järnväg.

C.7 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 Bilaga C. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

C.7.1 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) (15).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan 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 (16). 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 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter (9).

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 (9) 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.

C.7.2 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.

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 (17).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (18). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* (19), 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/m² (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 fläktat 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 D. 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 D.1 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	18
		Gasmoln	18
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma	91
		Gasmoln	21

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* (20) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^1) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (20). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (20).

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 D..

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

¹ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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

Tabell D.2 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

C.7.3 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/m², 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 (18).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensin 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 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² 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 (21).

I Tabell D. 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 D.3 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 bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

C.7.4 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-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 massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor (9), 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 D.4 Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

C.8 Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt C.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt C.7, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt C.5. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

Referenser bilaga C och D

1. **Räddningsverket.** Olycksrisker och MKB. Karlstad : u.n., 2001.
2. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
3. **Banverket och Räddningsverket.** *Säkra järnvägstransporter av farligt gods.* 2004.
4. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2.* 1994.
5. **Trafik analys - TRAFKA.** *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24.* 2011.
6. **Pettersson, Jan.** Säkerhetsansvarig Green Cargo. *Muntligt.* 2012.
7. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
8. **VTI.** Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
9. **Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.** *Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.* 1997.
10. **Lamnevik, Stefan.** Explosivämneskunskap. u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
11. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
12. **MSB.** *Trafikflödet på järnväg – 2006.* . [<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/>] 2013-08-09.
13. **Purdy, Grant.** Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. *Journal of Hazardous materials*, 33. 1993.
14. **Länsstyrelsen Stockholms län.** *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer.* 2000.
15. **Stefan Lamnevik AB.** *Verkan av explosioner i det fria.* 2010.
16. **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.
17. **Svenska gasföreningen.** *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter.* 2004.
18. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4.* 1994.



19. **Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.** *Datorprogrammet Gasol.*

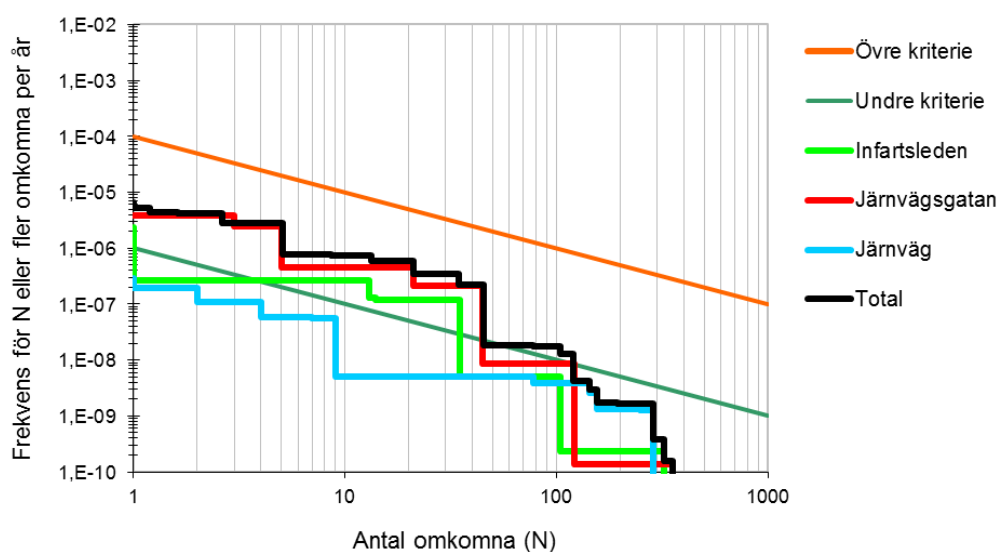
20. **RIB, Statens räddningsverk.** Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.

21. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken, Rapport 3161.* Lund : u.n., 2012

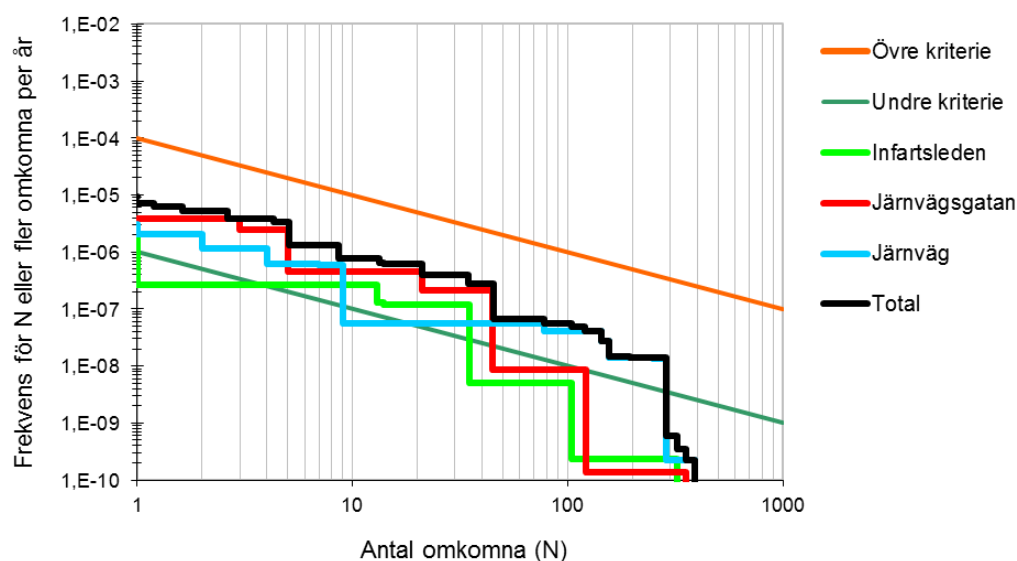
Bilaga D – Känslighetsanalys

Trafikverket har inte kunnat bidra med information gällande hur många godstransporter som kan tänkas omdirigeras till Karlskrona central. Enligt uppgifter från Karlskrona kommun finns det i dagsläget fysiska begränsningar som medför att det maximalt kommer kunna ske 6 godstransporter per dag som rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan. Beräkningarna i rapporten grundar sig i antagande om att det sker 1 transport av farligt gods per dag på järnvägen in till Karlskrona central. Detta anses vara ett konservativt antagande då farligt gods-transporter endast förväntas ske vid särskilda omständigheter vilket inte antas inträffa dagligen. Då detta antagande har stor inverkan på det slutgiltiga resultatet genomflörs en känslighetsanalys där 10 farligt gods-transporter per dag ligger till grund för beräkningarna.

I figur E.1. illustreras samhällsrisknivån då det sker 1 transport av farligt gods dagligen och figur E.2. illustrerar samhällsrisknivån då det sker 10 transporter av farligt gods dagligen.



Figur E.17. Samhällsrisk vid 1 farligt gods-transport dagligen på järnvägen



Figur E.2. Samhällsrisk vid 10 farligt gods-transporter dagligen på järnvägen



Ur figurerna kan det utläsas att skillnaden mellan 1 och 10 farligt gods-transporter per dag är stor. Sker 10 transporter dagligen hamnar även järnvägens riskbidrag inom ALARP-området. Slutsatsen som kan dras av detta är att vid enstaka farligt gods-transporter, som endast förväntas ske vid särskilda omständigheter, behöver inte några riskreducerande åtgärder tillämpas utmed järnvägen. Skulle förutsättningarna ändras med följd att flertalet farligt-gods transporter dagligen sker till Karlskrona centralstation bör lämpliga riskreducerande åtgärder utredas och tillämpas.