



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för detaljplan

Transporter av farligt gods

Frihamnen, Göteborgs Stad

2015-11-12

Rapport

Uppdragsgivare

Jonas Uvdal
Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad
Box 2554
403 17 Göteborg

jonas.uvdal@sbk.goteborg.se

WSP kontaktperson

Fredrik Larsson
WSP Sverige AB
Box 13033
40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00
Fax: +46 10 722 74 20

www.wspgroup.se

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Utgåva 2	Revision 1	Revision 2
Anmärkning	Rapport			
Datum	2015-11-12			
Hanläggare	Gustav Nilsson			
Signatur	GNi			
Uppdragsledare	Fredrik Larsson			
Signatur	FL			
Granskare	Katarina Herrström			
Signatur	KH			
Uppdragsnummer	10220356			

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg arbetar med en ny detaljplan för Frihamnen. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av bostäder och arbetsplatser samt skola och eventuellt sjukvård. Planområdet avgränsas av Lundbyleden (väg 155) och Hamnbanan i nordväst och Göta älv i sydost och är beläget på Hisingen i Göteborgs Stad. WSP har fått i uppdrag att upprätta en detaljerad riskbedömning med avseende på riskpåverkan från transport av farligt gods på väg och järnväg, urspårning samt utreda risker förenade med älvtrafiken.

Syftet med riskbedömningen är att uppfylla länsstyrelsen i Västra Götalands läns krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan samt att föreslå åtgärder vid behov.

De risker som har identifierats och bedöms relevanta för undersökt planområde är förknippade med farligt gods-trafiken på Hamnbanan. På Lundbyleden råder restriktioner för transporter av farligt gods och endast transporter av brandfarliga vätskor i mindre omfattning t.ex. drivmedelsstationer förekommer. Transporterna på Lundbyleden föranleder ingen riskpåverkan på det avstånd där planområdet är beläget. Risk från älvtrafiken bedöms inte påverka aktuellt planområde.

Resultatet av individriskberäkningarna påvisar att inget särskilt behov av riskreducerande åtgärder föreligger givet att planområdets gräns är belägen omkring 90 meter från järnvägen.

Samhällsriskberäkningarna visar förhöjd risk och riskreducerande åtgärder enligt nedan föreslås. Åtgärderna bedöms rimliga att implementera utifrån ett kostnad-nyttaperspektiv. Observera att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna bedöma om den riskreducerande effekten är tillräcklig.

De föreslagna åtgärderna är:

- En barriär mellan Hamnbanan och planområdet. Barriärens funktion är huvudsakligen att begränsa spridning av giftiga gaser och minska infallande strålning vid jetflammar. En barriär ger även ytterligare skydd mot urspårning och strålning vid pölbränder, i synnerhet vid vidare exploatering i riktning mot spårområdet (t.ex. senare etapper).
- Inom planområdet bör första radens bebyggelse (den bebyggelse som ligger närmst järnvägsspåret) utformas så att utrymning bort från riskkällan medges.
- Ventilation för byggnader inom 300 meter från järnvägen bör placeras så högt som möjligt och med friskluftsintag vända bort från riskkällan. Därtill föreslås att ventilationen förses med nödavstängningsmöjlighet för att möjliggöra för avstängning av vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten). För byggnader bortom 300 meter ställs inget särskilt krav på ventilationsåtgärder.

Utifrån beräkningarna görs bedömning att implementering av föreslagna åtgärder medför en risknivå som är acceptabel utifrån ALARP-principens kostnad-nyttaperspektiv.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Styrande dokument.....	5
1.5	Underlagsmaterial.....	6
1.6	Revidering	6
1.7	Internkontroll.....	6
2	Områdesbeskrivning	7
2.1	Planområde	7
2.2	Infrastruktur	10
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	11
3.1	Begrepp och definitioner.....	11
3.2	Metod för riskinventering	11
3.3	Metod för riskuppskattning.....	12
3.4	Metod för riskvärdering	13
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder.....	15
4	Riskidentifiering.....	16
4.1	Identifiering och beskrivning av riskkällor	16
4.2	Transportleder för farligt gods.....	16
4.3	Göta älv	17
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	19
5.1	Individrisknivå med avseende på farligt gods- transporter.....	19
5.2	Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods- transporter.....	20
6	Riskreducerande åtgärder.....	21
6.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	21
6.2	Förslag till riskreducerande åtgärder	21
6.3	Uppskattad risknivå efter vidtagna åtgärder	21
6.4	Ytterligare exploatering.....	22
7	Diskussion och osäkerheter	24
7.1	Framtida etapper	24
8	Slutsatser	25
	Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar.....	26
	Bilaga B. Konsekvensuppskattningar.....	35
	Bilaga C. Kontrollberäkningar ventilationsåtgärder	44
	Bilaga D. Referenser.....	51

1 Inledning

WSP har av Stadsbyggnadskontoret i Göteborg fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Frihamnen i Göteborg. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med detaljplanen, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.1 Bakgrund

Planområdet avgränsas av Lundbyleden (väg 155) och Hamnbanan i nordväst och Göta älv i sydost och är beläget på Hisingen i Göteborgs Stad. På nämnda infrastrukturleder förekommer transporter av farligt gods. Närmaste avstånd från planområdet till Lundbyleden och Hamnbanan uppgår till drygt 80 meter. Första radens bebyggelse placeras på mellan 80-100 meter från Hamnbanan. Närmaste avstånd till älven är omkring 150 meter.

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsen i Västra Götalands läns krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda och värdera riskpåverkan på planområdet och vid behov ge förslag på åtgärder.

1.3 Avgränsningar

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

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

1.4 Styrande dokument

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

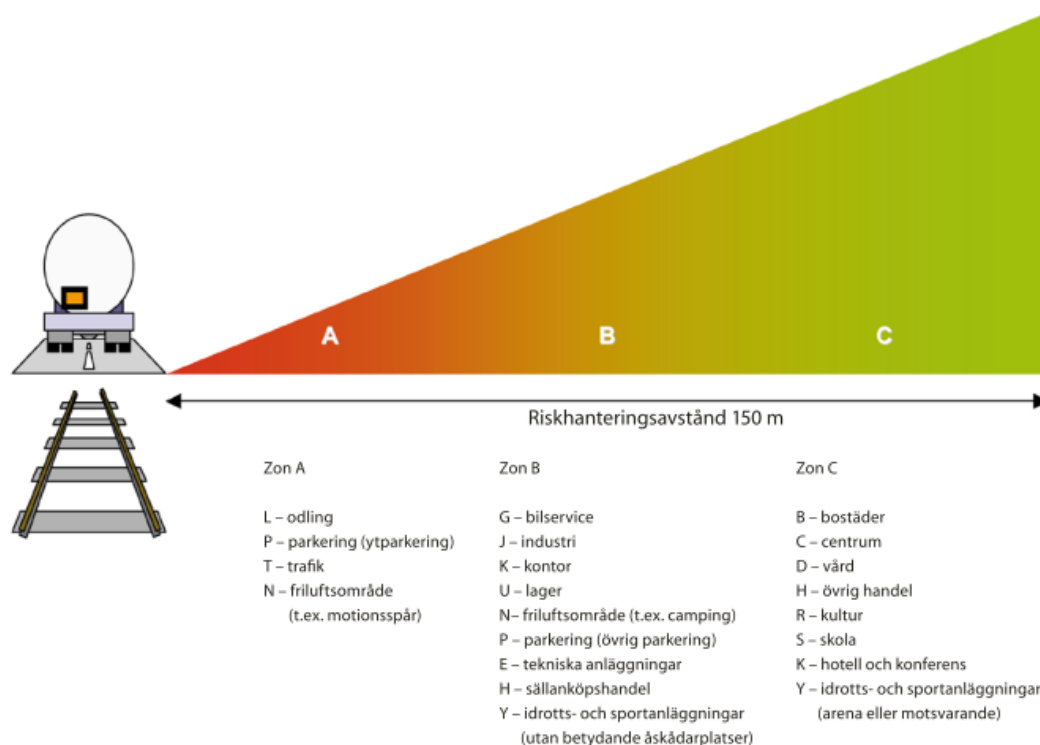
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

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

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

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

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



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

1.5 Underlagsmaterial

Arbetet baseras på följande underlag:

- Strukturplan, Göteborgs stadsbyggnadskontor, uttagen 2015-09-25.
- Riktlinjer för riskbedömningar (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2004).
- Riskhantering i detaljplaneprocessen (Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, 2006).
- Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport (Räddningsverket/Boverket, 2006).

1.6 Revidering

Denna handling utgör en första version och innehåller därmed inga revideringar.

1.7 Internkontroll

Rapporten är utförd av Gustav Nilsson (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering) med Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna

handling av krav på internkontroll. Ansvarig för denna granskning är Katarina Herrström (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering).

2 Områdesbeskrivning

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

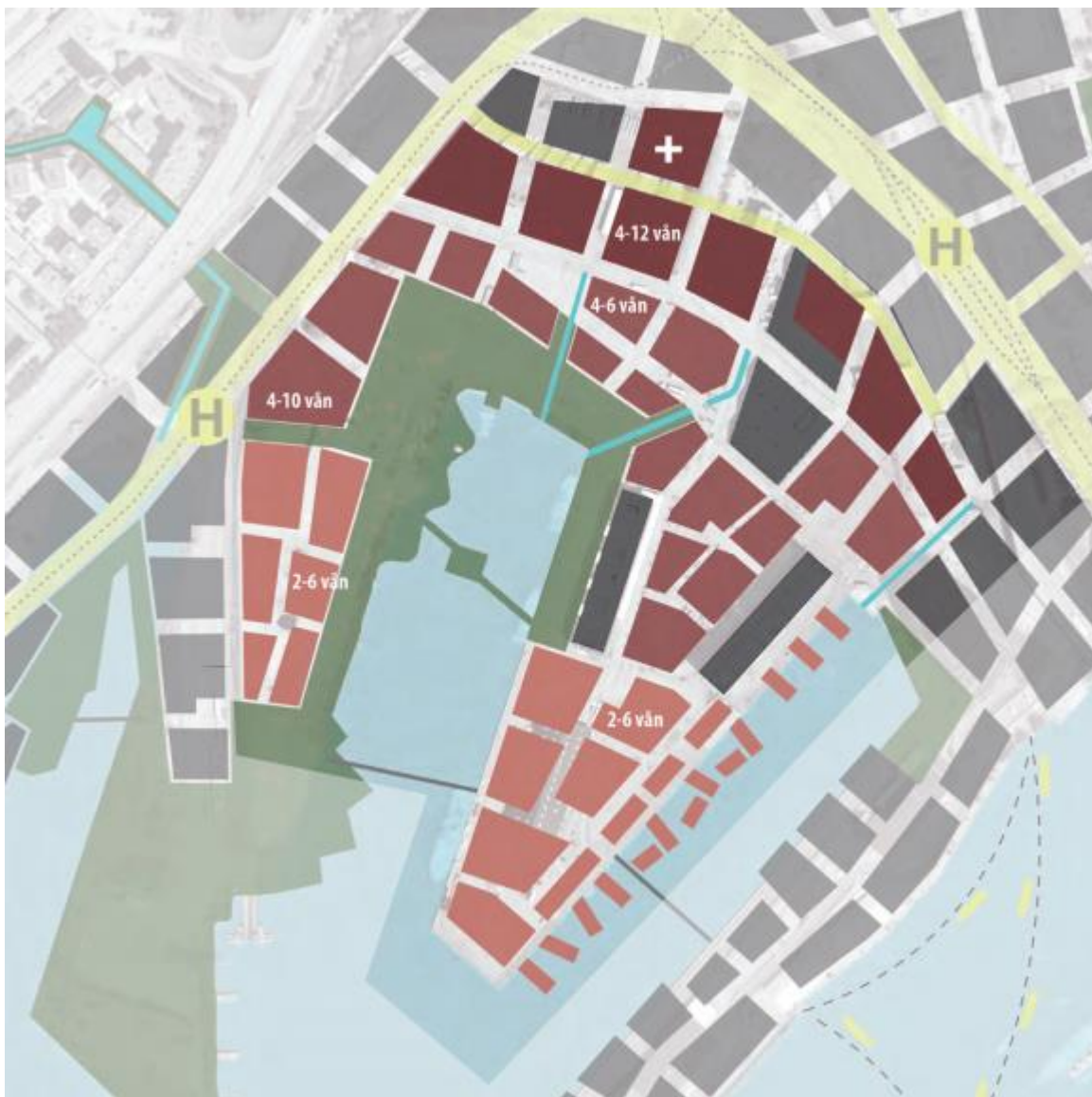
2.1 Planområde

En ny detaljplan för Frihamnen är under framtagande, se Figur 2. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av bostäder och arbetsplatser, samt skola och eventuellt sjukvård. Bebyggelsen uppförs med varierande antal våningar enligt Figur 3. Totalt innefattar detaljplanen 3000 bostäder och 2000 arbetsplatser.

Omgivningen runt det undersökta planområdet består i nuläget av lager och industriell verksamhet. Den långsiktiga planen för området innefattar omformning av detaljplan även för dessa ytor för att möjliggöra för ytterligare bostadsbebyggelse. Nordväst om planområdet löper Hamnbanan och Lundbyleden. Sydost om planområdet löper Göta älv. På en av pirerna planeras grönområdesytor tillgängliga för allmänheten.



Figur 2. Beskrivande bild över planområdet. Endast delarna inom rödpunktad linje (svart) är del i aktuellt detaljplaneärende.



Figur 3. Planerad byggnadshöjd för olika delar av planområdet.

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som omgärdar planområdet.

2.2.1 Lundbyleden

Lundbyleden är en vägtrafikled som utgör del av länsväg 155 och delvis är primär transportled för farligt gods. Den del som utgör primärled för farligt gods sträcker sig fram till Brantingsmotet norr ifrån och idag försörjer det område som utgör underlag för detaljplaneändring. Bland annat sker transport för lossning till fartyg inne i Frihamnen.

Vägavsnittet mellan Brantingsmotet och Brunnsbomotet är under utredning för att anpassa vägens klassificering efter framtida behov. Givet att den del som utgör primärled endast går längs planområdet i det norra hörnet, att avveckling av primärledens målpunkter inom Frihamnen är en förutsättning för detaljplanens genomförande, samt att diskussion kring vägens framtid är förestående görs bedömning att vägens riskbidrag är mycket litet.

I väster, förbi planområdet, ansluter vägen till Lundbytunneln, som tillhör tunnelkategori E, vilket innebär restriktioner för transporter av farligt gods andra än t.ex. diesel och eldningsolja med hög flampunkt. Enligt uppgift förekommer vissa transporter av brandfarlig vätska (ADR-S-klass 3) till drivmedelsstationer etc. vilka kan passera förbi planområdet. Givet avståndet mellan väg och planområdets yttre gräns görs bedömning att konsekvens med ADR-S klass 3 inte behöver utredas vidare.

2.2.2 Hamnbanan

Ungefär 90 meter nordväst om planområdet löper Hamnbanan vilken är en starkt trafikerad transportled för bland annat farligt gods. Aktuell del av Hamnbanan utgörs av enkelspår med en maxhastighet av 40 km/h. Tvåspårutbyggnad är inte aktuell för avsnittet angränsande till planområdet inom avsnittet Eriksberg – Kville. Alternativa utformningar av aktuellt avsnitt har tidigare utretts, såsom nedläggning i tråg, överdäckning, spårdragning genom berg etc. Inga beslut finns dock tagna kring alternativa utformningar varvid befintligt spår förväntas vara kvar vid tilltänkt exploatering av planområdet. Detta är ett konservativt antagande då övriga nämnda utformningar skulle innebära en riskminskning för omgivningen, planområdet inkluderat.

Vid horisontår 2030 förväntas Hamnbanan trafikeras av ungefär 150 godståg per dygn [2]. Ca 5 % av det transporterade godset antas vara farligt gods [3]. Ingen persontrafik förekommer på banan.

2.2.3 Göta älv

Sydost om planområdet går Göta älv som är en viktig transportled för regionen, och fartygstrafiken är relativt intensiv och består av diverse båtslag t.ex. turbåtar, färjor, bunkerbåtar och lastfartyg. Tillgänglig farledsbredd är 150 till 200 meter i området, med ett vattendjup om ca 10 meter.

Enligt Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods [4] medges bebyggelse upp till 10 meter från kajkant mot älven. Avstånd mellan älven och planområdet uppgår i aktuellt fall till ca 150 meter.

Påverkan från älvtrafiken bedöms inte kräva djupare analys i denna riskbedömning givet avståndet. I senare etapper vid eventuellt framtagande av detaljplan för Bananpiren kan dock en maritim riskbedömning vara aktuell. Risk för påsegling i händelse av att fartyg åker in i Frihamnen från älven bedöms kvalitativt inte generera en betydande risk.

3 Omfattning av riskhantering och metod

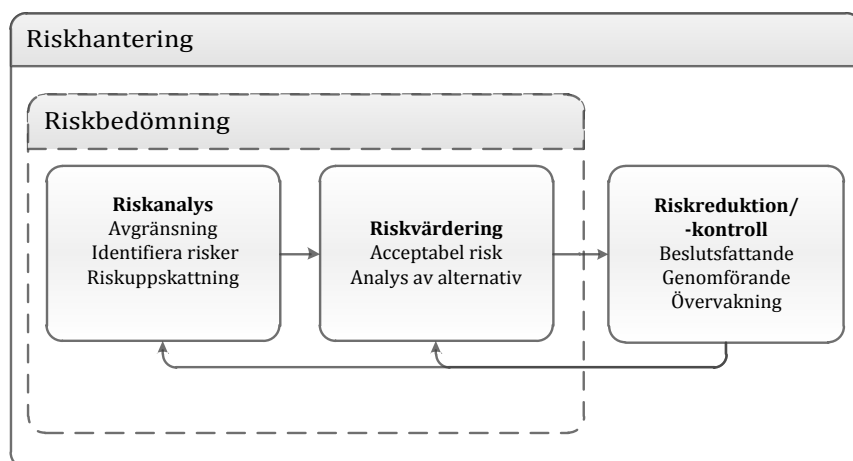
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

3.1 Begrepp och definitioner

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

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [5] [6], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 4. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

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



Figur 4. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

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

3.2 Metod för riskinventering

För att ta reda på vilka risker som föreligger inom aktuellt planområde har kartstudier genomförts. Information från Göteborgs Stad, Trafikverket och Räddningstjänsten Storgöteborg har tillsammans med kartstudierna utgjort riskinventeringen.

3.3 Metod för riskuppskattning

Riskbedömningen utgör i aktuellt fall en kvantitativ bedömning av de skadescenerier som kan inträffa vid transport av farligt gods i planområdets närhet. Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [7].

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [8] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga A.

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

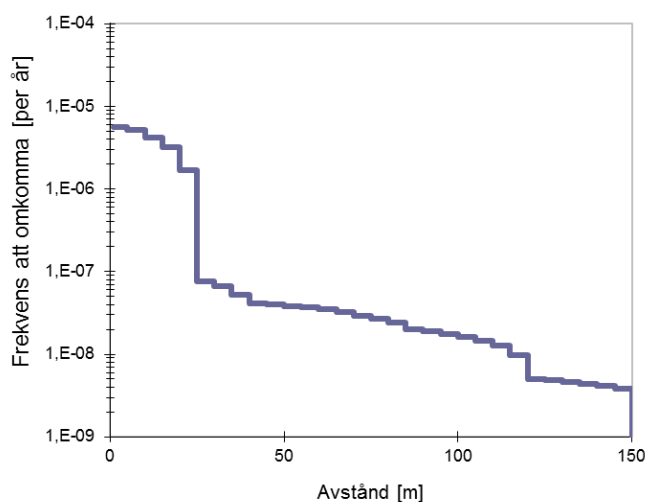
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet individ- och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmått, individ- 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

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus [9]. Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmålet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

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

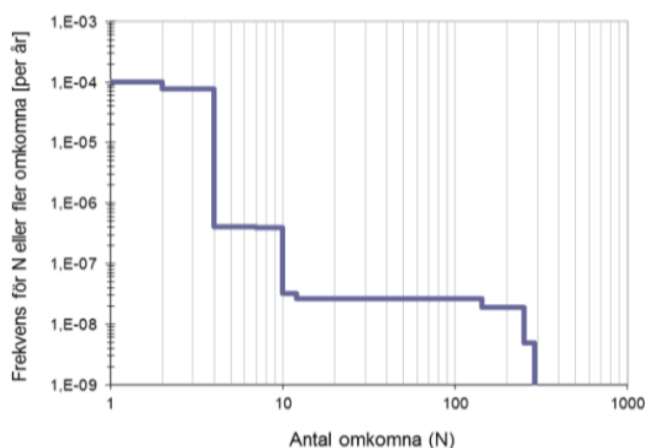


Figur 5. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk

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

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



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

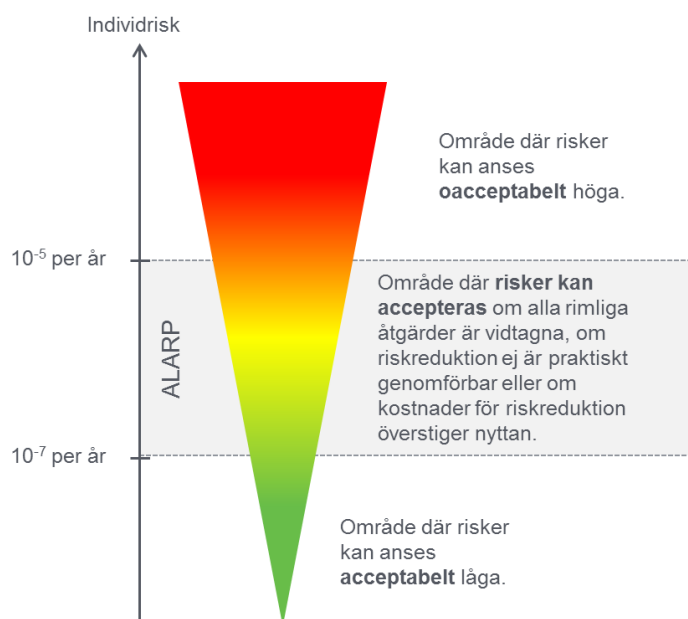
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.4 Metod för riskvärdering

Både individrisk och samhällsrisk används vid uppskattning av risknivån i ett område, så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [9] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 7.



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

Följande förslag till tolkning rekommenderas [9]:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.
- De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslog DNV [9] följande kriterier:

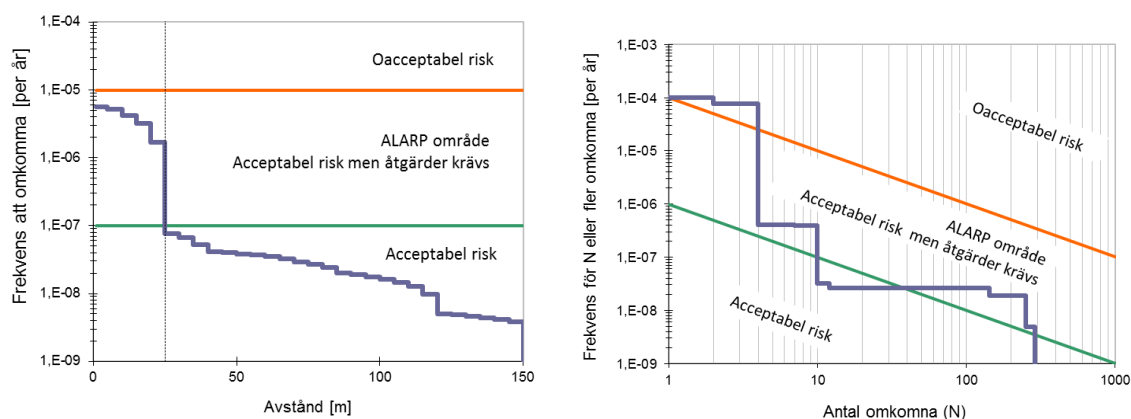
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV [9] följande kriterier:

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

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

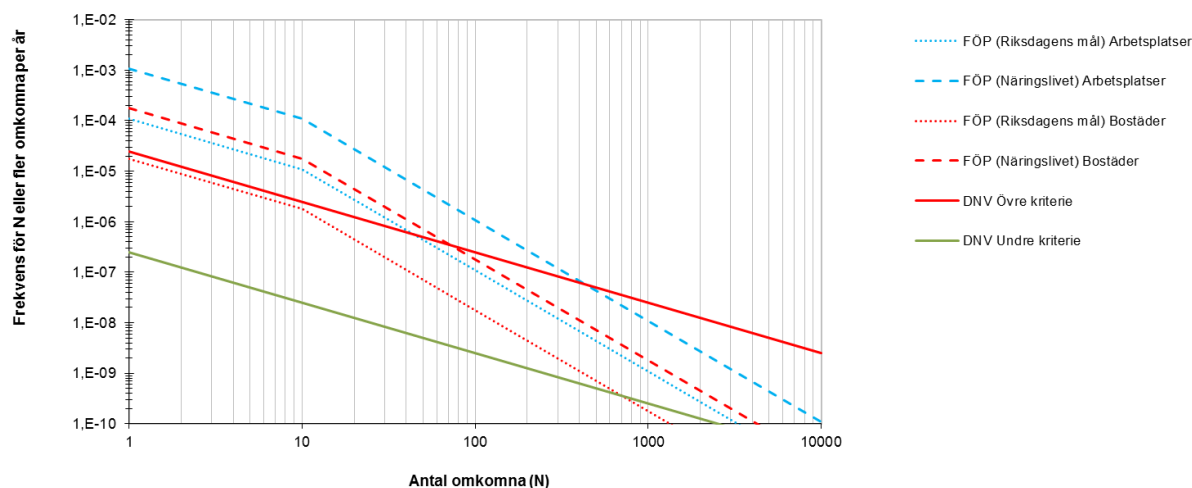
För samhällsrisk föreslog DNV [9] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskutredning studeras dock en kortare sträcka på 0,5 kilometer (planområdets ungefärliga bredd), varför acceptanskriterierna måste justeras (sänkas). Resultatet visas i Figur 8. Anledningen till denna korrigering är att planområdet får en mycket högre persontäthet än kringliggande områden inom 1 km². Grundtanken med att korrigera acceptanskriterierna är att planområdet skall värderas på jämförliga grunder som andra ytor med mer homogen befolkningsstruktur.



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [9].

3.4.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [4] har föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit. Aversionskurvorna i FÖP finns i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder och gäller tät typbebyggelse på båda sidor om en 2 km lång riskkälla/transportled. För att kunna jämföras med DNV-kriterierna har FÖP-kriterierna anpassats på ett likartat sätt som beskrivits i avsnitt 3.4.1. Resultatet åskådliggörs i Figur 9.



Figur 9. Föreslagna kriterier samhällsrisk enligt DNV och FÖP Göteborg [4].

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

3.5 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [10], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

4 Riskidentifiering

I detta kapitel presenteras identifierade riskkällor samt en sammanställning av de olycksscenarier som beaktas vidare i rapporten.

4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

De risker som har identifierats för planområdet är förknippade med farligt gods-trafiken på Hamnbanan samt urspårning. På Lundbyleden förbi planområdet råder restriktioner för transporter av farligt gods och endast transporter av brandfarliga vätskor i mindre omfattning till t.ex. drivmedelsstationer förekommer. Transporterna på Lundbyleden föranleder inget riskbidrag på det avstånd där planområdet är beläget.

Inga övriga riskkällor, såsom farliga verksamheter, Sevesoverksamheter etcetera har identifierats i områdets närhet.

4.2 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [11] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods som transporteras på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 1 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka. Samtliga av dessa ämneskategorier förutsätts transporteras på Hamnbanan förbi planområdet.

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

RID-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger <u>skadeområde med uppemot 250 m radie</u> (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 ge skadeområden med uppemot 700 m radie [12].
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, brinnande gasmoln eller BLEVE. <u>Konsekvensområden över 100-tals m.</u> Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. <u>Konsekvensområden vanligtvis inte större än 40 m för brännskador.</u> Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.

RID-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. <u>Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.</u>
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. <u>Konsekvensområden för tryckvågor 150 m.</u>
6	Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat, vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. <u>Konsekvenserna begränsas till närområdet.</u>
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras ofta som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. <u>Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [13] (LC₅₀).</u> Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. <u>Konsekvenser begränsade till närområdet.</u>

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade ämnen och mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; RID-S-klass 1, 2 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte generera konsekvenser på de avstånd som är aktuella i projektet (> 90 meter). Mekanisk skada vid urspårningar uppstår endast inom 30 meter från spår varför ingen djupare utredning av risken bedöms nödvändig. Risk för mekanisk påverkan vid urspårning och olyckor med RID-S klass 3 (brandfarlig vätska) inkluderas dock i beräkningar av individrisk.

4.3 Göta älv

Enligt Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods [4] medges intill Göta älv tät bebyggelse fram till 10 meter från kaj, vilket inte överskrids i detta fall. Nedan redogörs dock för eventuell risk förknippad med genomfartstrafiken med farligt gods på Göta älv.

Farligt gods transporteras i älvtrafiken både i bulk och som förpackat gods. Sjötransport av farligt gods på älven och i hamnen sker enligt gällande internationella regler såsom IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods) för paketerat gods och för tankfartyg med farligt gods i bulk gäller krav på dubbelskrov. Fartyget har då en yttre och en inre botten. Avståndet mellan bottenarna är 2–3 meter. Konstruktionen ökar säkerheten vid en eventuell grundstötning, då normalt endast den yttre botten skadas och läckage kan undvikas. Dubbelskrov innebär att även sidorna är dubbla.

Givet planområdets placering relativt älven görs bedömning att ingen vidare utredning av risken behöver genomföras i detta skede. Vid ytterligare exploatering i riktning mot älven (t.ex. på ”Bananpiren”) rekommenderar WSP att en maritim riskbedömning med avseende på älvtrafiken som helhet genomförs.

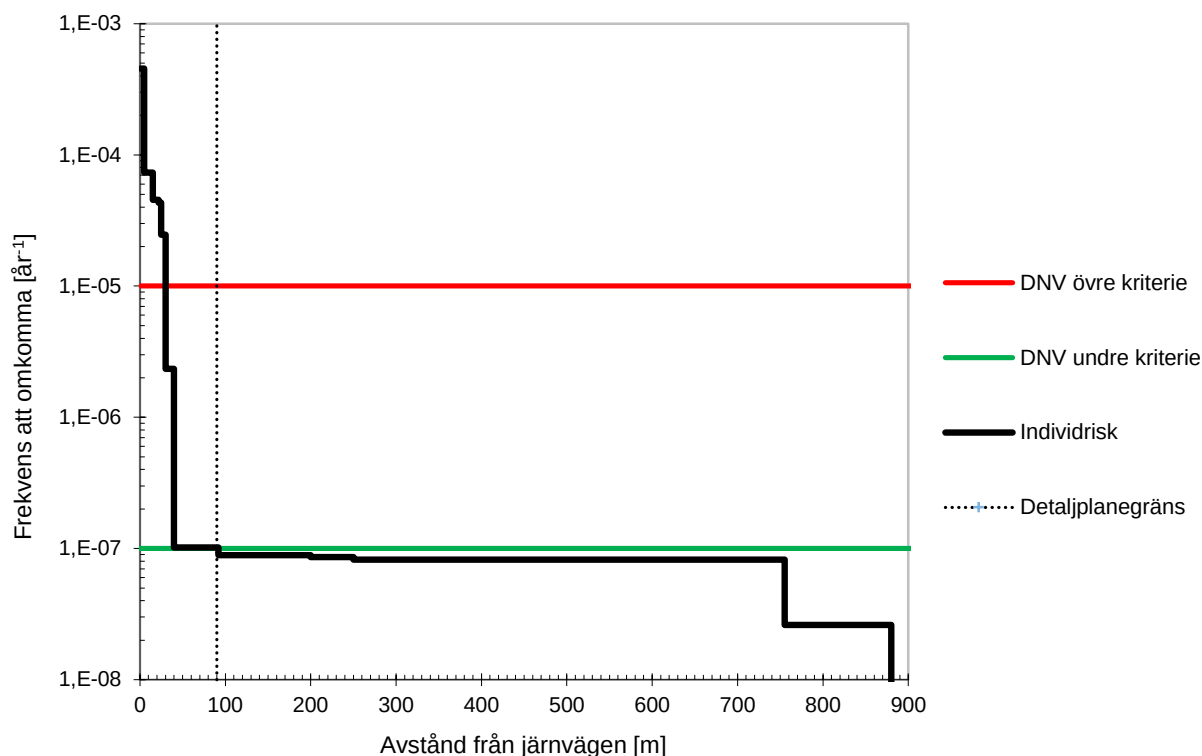
4.3.1 Påsegling

Göta älv trafikeras av ett stort antal fartyg årligen. Förekommande trafik utgörs av t.ex. bulkfartyg i Vänertrafik, passagerarfärjor, kryssningsfartyg, Älvsnabben och fritidsbåtar. Farledsbredd och vattendjup varierar i älven. Påsegling av byggnader inom planområdet skulle kunna ske om ett fartyg av misstag viker av från älven och in i Frihamnen. Scenariot bedöms dock som osannolikt och utreds inte vidare i den här rapporten.

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas individrisknivå och samhällsrisknivå för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med transport av farligt gods på Hamnbanan år 2030. Individ- och samhällsrisknivå värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.

5.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



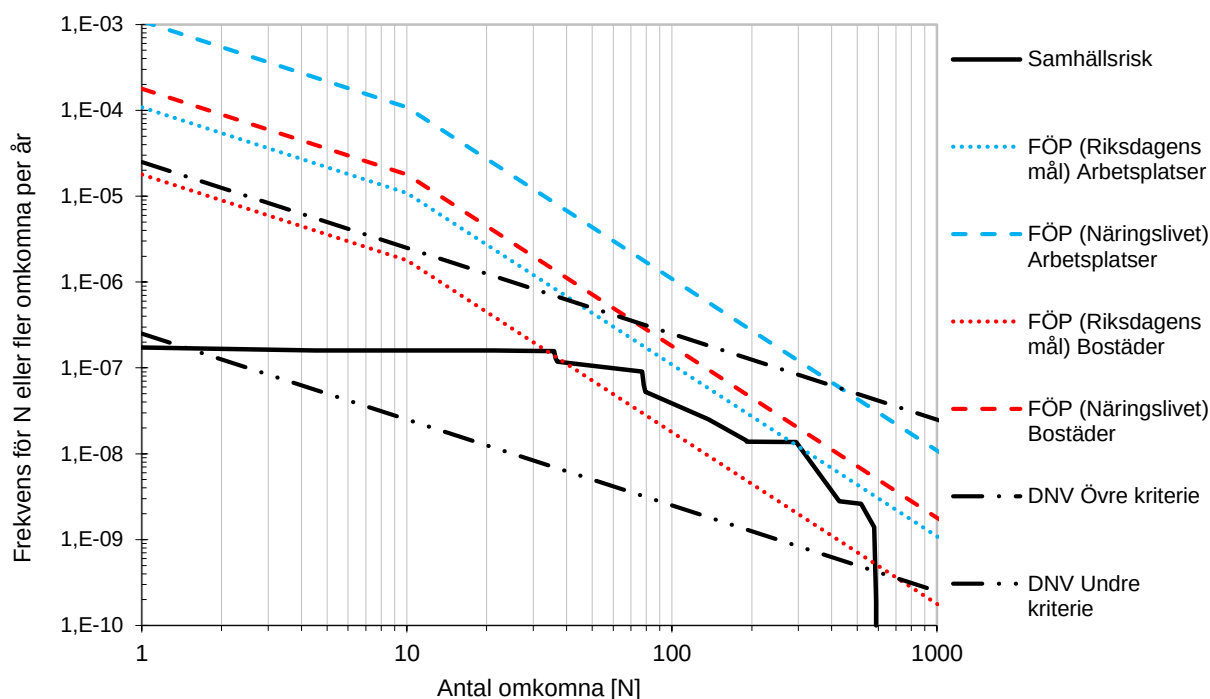
Figur 10. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Hamnbanan.

I Figur 10 illustreras individrisknivån för planområdet längs Hamnbanan vid horisontår 2030. De vågräta linjerna markerar övre och undre gränser för ALARP-området enligt DNV:s kriterier, se avsnitt 3.4. Bortom 40 meter från järnvägen är individrisknivån låg och acceptabel.

Planområdesgräns tillika närmaste position för planerad bebyggelse är belägen omkring 90 meter från järnvägen, vilket markeras med vertikal streckad linje. På detta avstånd är individrisken acceptabel.

Detta riskmått tar dock inte hänsyn till persontäthet inom området. Därför är det nödvändigt att även studera samhällsrisknivån.

5.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 11. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Hamnbanan.

I Figur 11 illustreras samhällsrisknivån för planområdet. Risken har matchats mot ett antal olika kriterier för att möjliggöra för bedömning:

<i>DNV:s kriterier</i>	Risken är i mitten av ALARP, vilket innebär att den är acceptabel givet att riskreducerande åtgärder utreds och implementeras ur ett skälighetsperspektiv.
<i>FÖP Riksdagens mål</i>	Risken överstiger acceptabel nivå för bostäder och tangerar gränsen för acceptabel risk även för arbetsplatser.
<i>FÖP Näringslivet</i>	Samhällsrisken är acceptabel både avseende bostäder och arbetsplatser.

Baserat på de tre måttstockar som utgör värderingsunderlag görs bedömningen att riskreducerande åtgärder krävs om planerad etablering skall kunna genomföras.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [10]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

6.1 Behov av riskreducerande åtgärder

Resultaten av riskuppskattningen visar att den beräknade samhällsrisknivån för planområdet fordrar åtgärder enligt DNV:s [9] och FÖP:s [4] värderingskriterier. Identifierade olycksscenarier som bedöms kunna påverka planområdet är explosion (RID-S klass 1 och 5), BLEVE (RID-S klass 2.1) samt spridning av giftig gas (RID-S klass 2.3). Det förväntade skadefallet för explosion, BLEVE respektive giftig gas förhåller sig ungefär 25:1:100.

6.2 Förslag till riskreducerande åtgärder

Det är svårt att reducera frekvenserna för olycka med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför ges primärt förslag på konsekvensbegränsande åtgärder. WSP bedömer föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Observera att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede.

6.2.1 Barriär

En barriär mellan godsled och planområde, vilken tjänar som en avgränsning mot planområdet vid utsläpp av vätskor, begränsar både storlek och bildandet av pölar och i förlängningen eventuella pölbränder. Gasutsläpp (i synnerhet tunga gaser) nära marken kan, till följd av den turbulens som barriären skapar, reduceras till ca hälften i koncentration. Tryckvågor från explosioner kan reduceras och avåkningsmotståndet förhindras. Åtgärden har dessutom hög tillförlitlighet och kräver ingen skötsel avseende bibehållen riskreducerande effekt. Barriärens typ, höjd och utbredning bör utredas i detalj för att säkerställa den riskreducerande effekten. Därtill behöver geotekniska förhållanden utredas så att barriären inte ger upphov till sättningar i banvallen.

De funktionskrav som ställs på barriäråtgärden är att den skall hindra urspårning mot planområdet, vara så hög att den avskärmar jetflammar och begränsar strålningspåverkan från pölbränder samt ha en sådan utbredning och höjd att den hindrar/försvarar spridning av tunga gaser mot planområdet. Av dessa anledningar behöver barriären placeras så nära Hamnbanan som möjligt och sannolikt ges en höjd om 4-5 meter ovan spårnivå. Utbredningen i längdled bör vara förbi hela planområdet.

6.2.2 Disposition av planområdet

Inom planområdet bör första radens bebyggelse utformas så att utrymning bort från riskkällan medges.

6.2.3 Ventilationsåtgärder

Ventilation för byggnader inom 300 meter från järnvägen bör placeras så högt som möjligt och med friskluftsintag vända bort från riskkällan. Därtill skall ventilationen förses med nödavstängningsmöjlighet så att ventilation kan stängas av manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).

6.3 Uppskattad risknivå efter vidtagna åtgärder

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kommer att behöva utföras i kommande

skeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt föreslaget åtgärds paket kan komma att medföra för risksituationen.

- En barriär förväntas sänka antalet omkomna utomhus med 90 % gällande brandscenarier (BLEVE exkluderat).
- En barriär förväntas sänka antalet omkomna utomhus med 50 % gällande scenarier med tunga, giftiga gaser (klor, ammoniak och svaveldioxid etc.).
- Ventilationsåtgärder för bebyggelsen inom planområdet förväntas sänka andel omkomna inomhus med 90 % gällande scenarier med giftiga gaser. Se även Bilaga C.

Genom att implementera en eller flera av ovan nämnda åtgärder kan risknivån reduceras enligt Figur 12 på nästa sida. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor, bedöms risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området.

Motsvarande ALARP-område saknas för FÖP:s kriterier. Enligt Figur 11 överstigs kriterierna för bostäder enligt riksdagens mål. Dock bedöms att tillämpandet av FÖP:s kriterier är något missvisande i aktuellt fall där planområdets gestaltning och höga persontäthet överskrider det typområde som ligger till grund för FÖP:s kriterier.

WSP:s rekommendation i aktuellt fall är att tillämpa DNV:s kriterier och ALARP-definition för mest rättvisande riskvärdering.

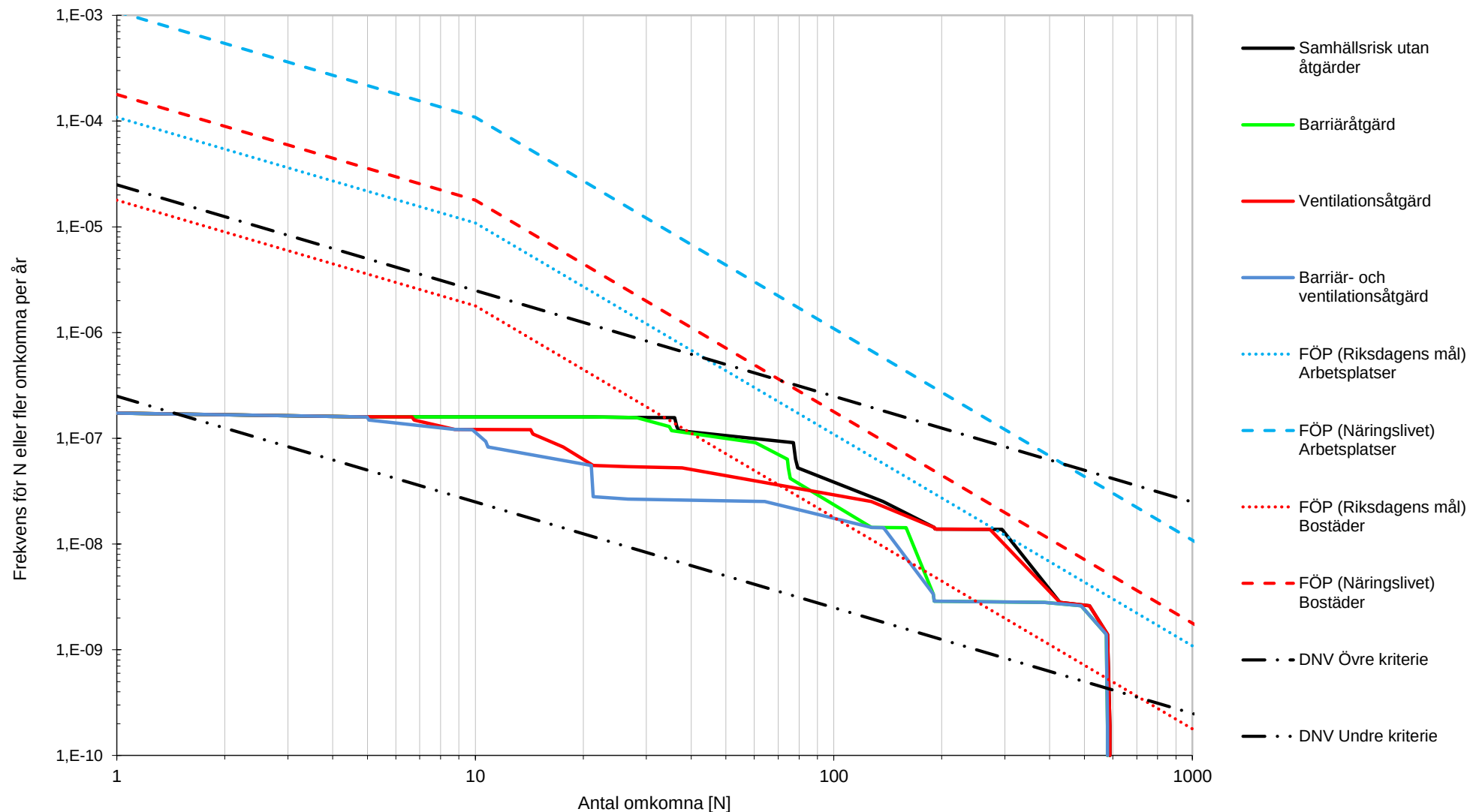
Som komplement till Figur 12 redogör Tabell 2 för hur de båda föreslagna åtgärderna påverkar det förväntade skadeutfallet över tid, dvs. hur många personer som förväntas omkomma årligen till följd av olycka på hamnbanan.

Tabell 2. Förväntat skadeutfall vid implementering av olika riskreducerande åtgärder.

Utformningsalternativ	Inga åtgärder	Ventilation	Barriär	Ventilation och barriär
Förväntat antal omkomna, år ⁻¹	1,39·10 ⁻⁵	8,41·10 ⁻⁶	1,09·10 ⁻⁵	5,32·10 ⁻⁶
Procentuell reduktion	0 %	39,7 %	22,2 %	61,9 %

6.4 Ytterligare exploatering

I denna riskanalys har ingen hänsyn tagits till riskreducerande effekt vid ytterligare exploatering i riktning mot Hamnbanan. Om denna mark detaljplaneras för byggnation kommer risken mot planområdet i den här rapporten att reduceras både med avseende på explosions- och gasspridningsrisk.



Figur 12. Redogörelse för hur olika åtgärder reducerar den beräknade risken utifrån förväntad effekt.

7 Diskussion och osäkerheter

Riskbedömningar av detta slag är 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
- Utformning och disposition av etableringar
- Antal godståg och antal farligt gods-transporter förbi planområdet
- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Av denna anledning är behovet av känslighetsanalyser litet. Det bedöms att mindre variationer i indata inte skulle ge underlag för en annan slutsats än den som dras efter utförda beräkningar.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [14]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället [14].

7.1 Framtida etapper

Den detaljplan som är under framtagande och behandlas i denna riskbedömning utgör ett delmoment i en större plan för området kring Frihamnen. Detta avsnitt ger en kvalitativ orientering i hur ytterligare bebyggelse i området kan ge utslag i individ- och samhällsrisk. Då individrisken inte beror av antalet personer som potentiellt påverkas kommer den inte förändras vid vidare förtätning eller exploatering. Viktigt att notera är dock att den är mycket hög i spårets närområde varför exploatering närmare spår med största sannolikhet kommer ge inskränkningar i bebyggelse-/verksamhetstyp samt ställa stora krav på riskreduktion.

Samhällsriskens beror av antalet människor som kan påverkas av en olycka varför en förtätning ger utslag i form av ökande risk. Vid exploatering bortom 200-250 meter från järnvägen klingar vissa riskkällor (explosiver/oxiderande ämnen) av varför ytterligare exploatering bortom denna punkt troligtvis ger ett relativt lågt riskbidrag. Vid bebyggelse av personintensiv verksamhet (bostäder/handel/kontor etc.) närmare spår än i utredd etapp kommer samhällsriskens troligtvis bli mycket hög.

Spårnära bebyggelse (~0-100 meter) kommer med största sannolikhet kräva åtgärder för järnvägen i form av nedsänkning, intunnling eller motsvarande.

8 Slutsatser

De risker som har bedömts påverka undersökt planområde är förknippade med farligt gods-trafiken på Hamnbanan. Vid läget för planområdet är individrisknivån att betrakta som acceptabel.

Samhällsriskberäkningarna visar dock att riskreducerande åtgärder krävs eftersom samhällsriskens överstiger tillämpade värderingskriterier.

Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällan inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför har ett antal konsekvensbegränsande åtgärder föreslagits och diskuterats. WSP bedömer föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Observera att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna bedöma om den riskreducerande effekten är tillräcklig.

De föreslagna åtgärderna är:

- En barriär mellan Hamnbanan och planområdet. Barriärens funktion är huvudsakligen att begränsa spridning av giftiga gaser och minska infallande strålning vid jetflammar. En barriär ger även ytterligare skydd mot urspårning och strålning vid pölbränder, i synnerhet vid vidare exploatering i riktning mot spårområdet (t.ex. senare etapper).
- Inom planområdet bör första radens bebyggelse (den bebyggelse som ligger närmst järnvägsspåret) utformas så att utrymning bort från riskkällan medges.
- Ventilation för byggnader inom 300 meter från järnvägen bör placeras så högt som möjligt och med friskluftsintag vända bort från riskkällan. Därtill föreslås att ventilationen förses med nödavstängningsmöjlighet för att möjliggöra för avstängning av vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten). För byggnader bortom 300 meter ställs inget särskilt krav på ventilationsåtgärder.

Utifrån beräkningarna görs bedömning att implementering av föreslagna åtgärder medför en risknivå som är acceptabel utifrån ALARP-principens kostnad-nyttaperspektiv.

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

Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar

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* [8]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

A.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 uppskattas i detta fall till 0,5 km. Observera att riskvärderingskriterier anpassas av denna anledning enligt avsnitt 3.4.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 39 000 stycken [2].
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), är cirka 780 000 (medellängd för tåg är 400 meter enligt prognos och det antas att en vagn i genomsnitt är 20 meter lång vilket ger 20 vagnar per godståg i medeltal) [2].
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Växlar och plankorsningar saknas på studerad del av sträckan.

A.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 3 [15]:

Tabell 3. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	2,19E-05	vagnaxelkm
Solkurvor	1,00E-05	spårkm
Spårlägesfel	1,75E-04	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	1,46E-04	antal tågpassager
Växel ur kontroll	2,05E-03	antal tågpassager
Vagnfel persontåg	7,89E-05	vagnaxelkm
Vagnfel godståg	1,09E-03	vagnaxelkm
Lastförskjutning	1,40E-04	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	8,33E-04	tågkm
Okänd orsak	2,05E-03	tågkm

A.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etcetera. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [15] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

A.1.3 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas till 8,5E-03 med formeln:

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

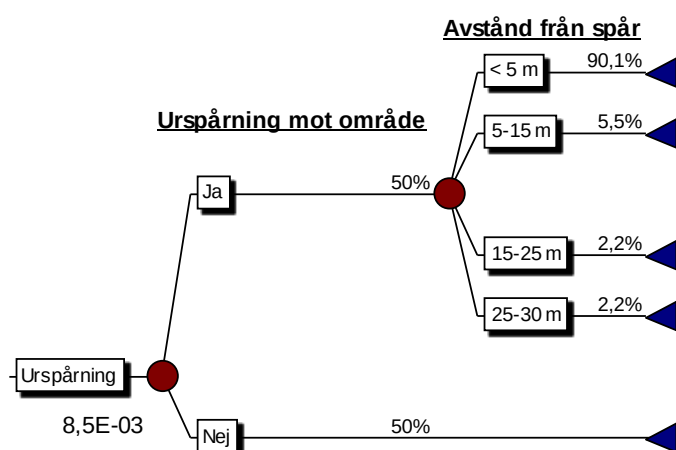
A.1.4 Avstånd från spår för urspårande vagnar

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 4 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning [2] [15].

Tabell 4. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Godståg	70,33 %	19,78 %	5,49 %	2,20 %	2,20 %

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten [16]. Enligt Tabell 4 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 13.



Figur 13. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

A.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

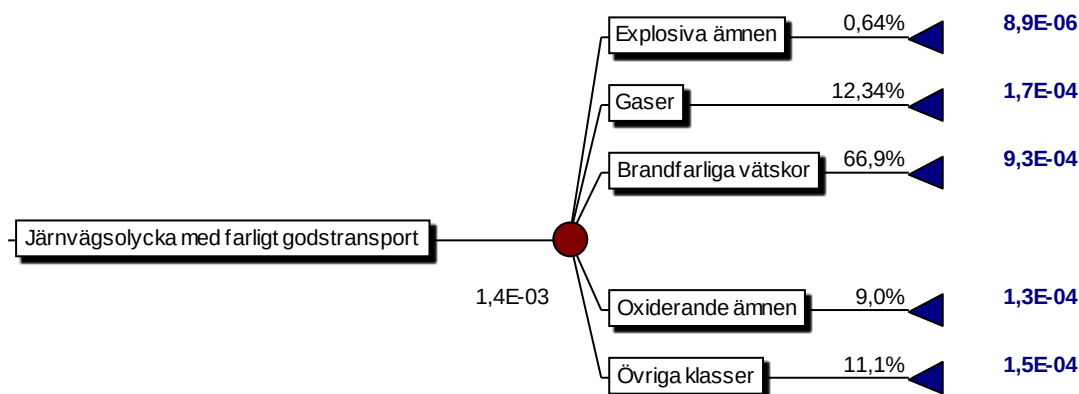
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt A.1.3 beräknad till $8,5E-03$ per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [17]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar [3]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-0,05)^{3,5} = 0,16$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas alltså bli cirka $1,4E-03$ per år.

I händelseträdet, se Figur 14, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass [2]. Uppgifterna om förekommande mängder avseende farligt gods är konfidentiella och därför redovisas endast fördelningar (av antal vagnar) med olika farligt gods-klasser enligt figuren.



Figur 14. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

A.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

A.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.

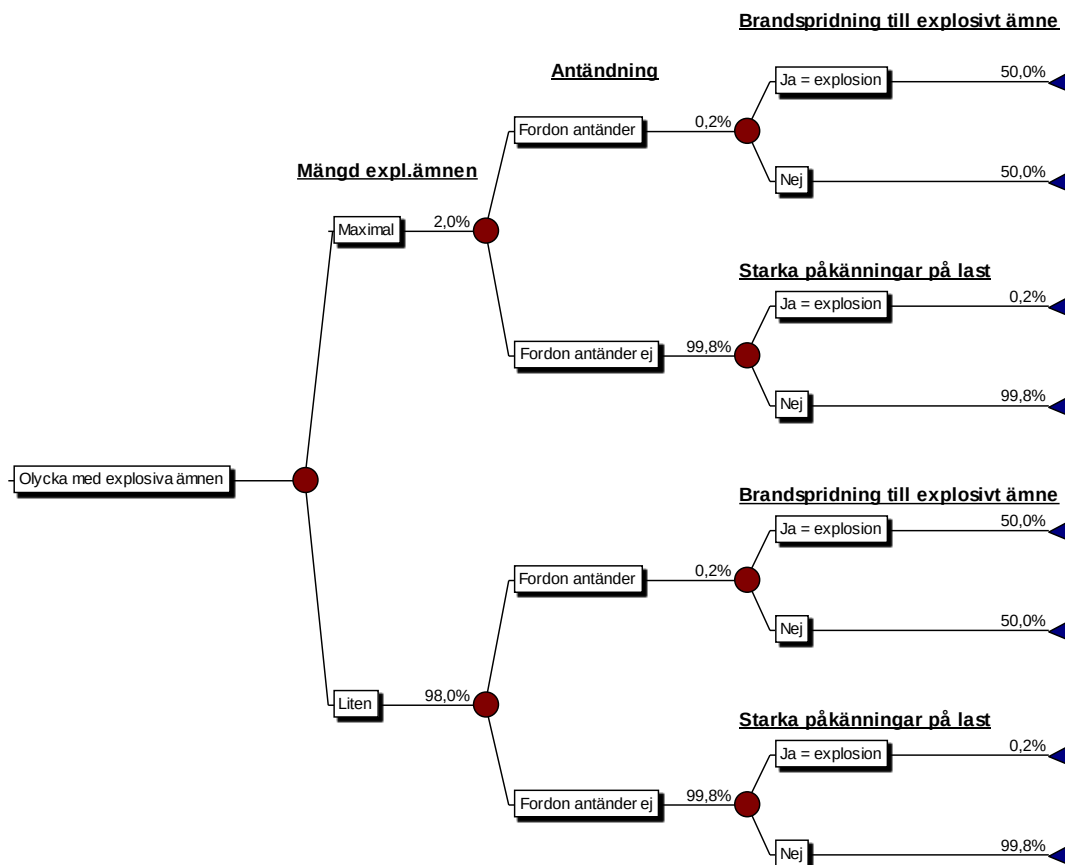
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods [18]. Denna siffra gäller för Sverige 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 [19].

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 [20] [21]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [22].

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 [23]. 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 [24] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 15 redovisas möjliga scenarier.



Figur 15. Händelseträd för farligt gods-olycka med explosiver i lasten.

A.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [25], antas 73 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 23 % 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 [15]. 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 [26] för:

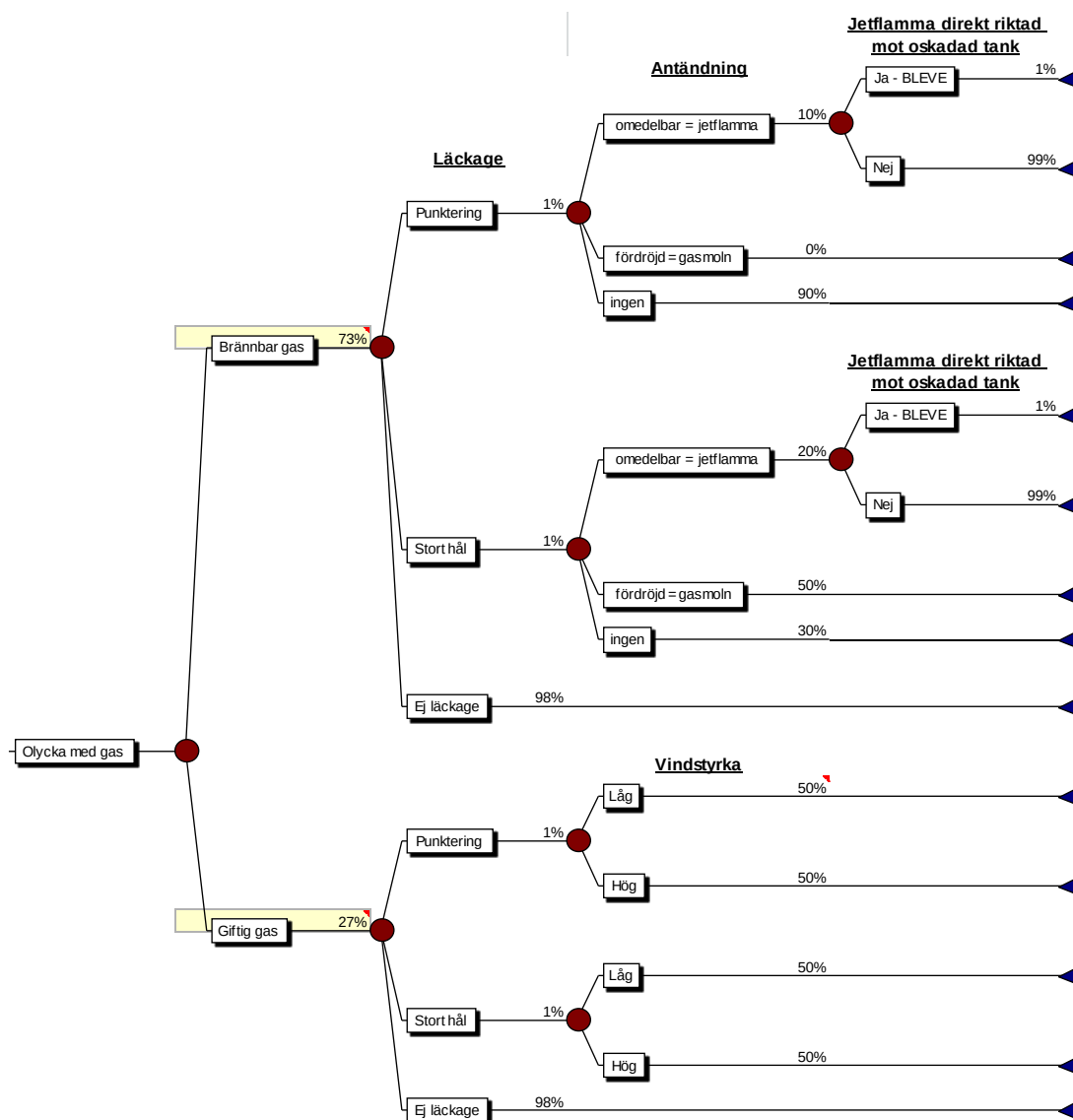
omedelbar antändning (jetflamma): 10 %

födröjd antändning (brinnande gasmoln): 0

ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [26]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

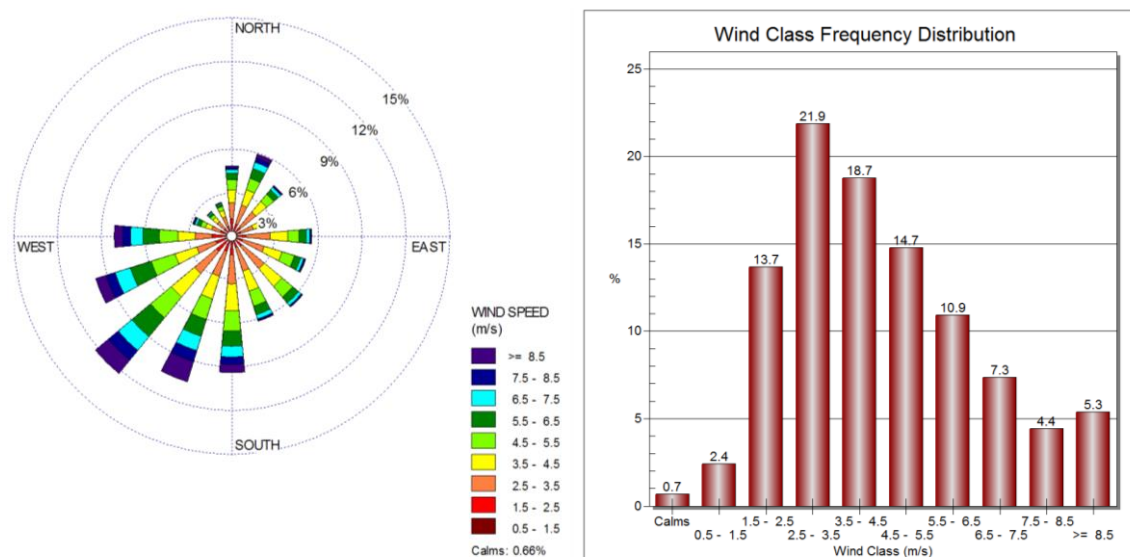
För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 16 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.



Figur 16. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

A.3.2.1. Vindförhållanden

Vid olyckor med brännbara och giftiga gaser påverkar vindriktningen och vindstyrkan risksituationen. I Figur 17 anges vindros och vindhastighet för Landvetter, vilka antas vara liknande för Göteborg [27].



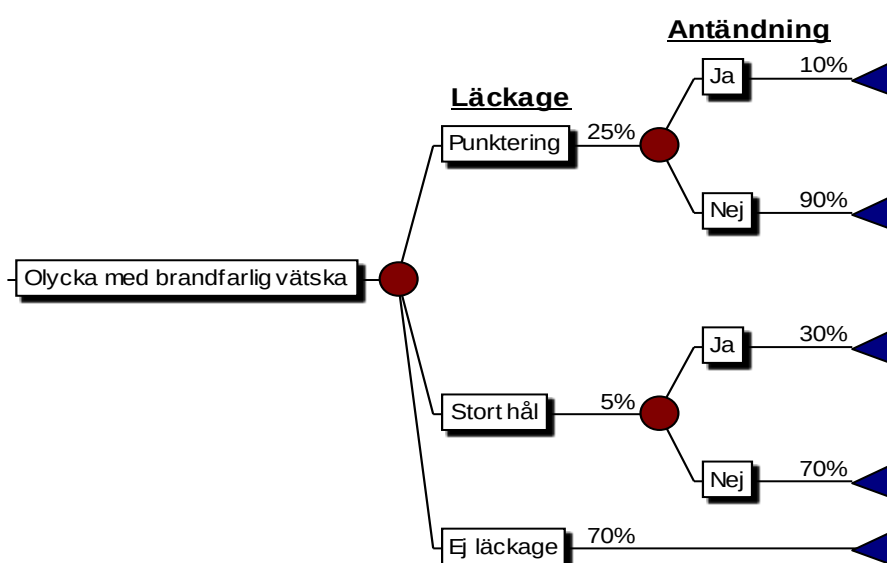
Figur 17. Vindros och vindhastighetsfördelning Landvetter flygplats 2003-2012. Medelvindhastighet 4.36 m/s [27].

I vindrosen kan utläsas att det blåser västlig, nordlig och östlig vind 33 % av tiden. Dessa vindriktningar har i beräkningarna antagits kunna ge konsekvenser för planområdet som är beläget rakt sydost om järnvägen. Den förhärskande vindriktningen är sydvästlig vind. Vind från sydväst, syd och sydost utgör 67 %.

A.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 urspärning är 25 % och 5 % [15]. 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 % [15]. I Figur 18 redovisas olika scenarier för olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, då det försvårar bildandet av pölar.



Figur 18. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

A.4. RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

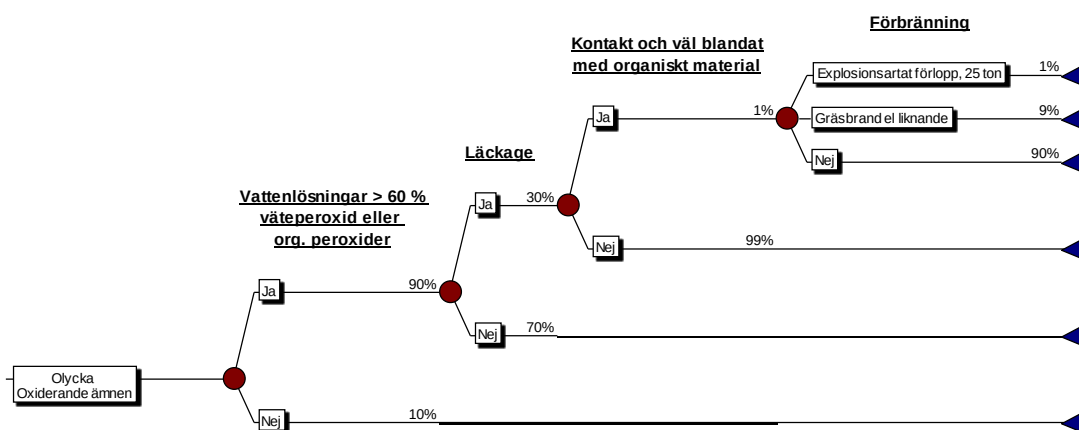
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända.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

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

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

Transportstatistik [18] 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 A.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 % [22]. 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 19 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 19. Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider i lasten.

A.5. 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 samhällsriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflammar (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till samhällsrisken 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 olycksscenarier med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

Bilaga B. Konsekvensuppskattningar

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.

B.1. Persontäthet

För samhällsriskberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring järnvägen.

I aktuellt fall är persontätheten kring järnvägen mycket varierande. Norr om järnvägen ligger Ramberget med låg persontäthet. Planområdet söder om järnvägen kommer däremot att få en mycket hög persontäthet. Av denna anledning anpassas riskvärderingskriterier för att studerade områden skall uppnå en risksituation som är önskvärd för samhället generellt.

Uppskattad persontäthet bygger på underlag för antal planerade bostäder (3000 st) och arbetsplatser (2000 st) inom planområdet. Antalet personer inom detaljplaneområdet ansätts utifrån uppgift till 6000 boende och 2000 arbetstagare.

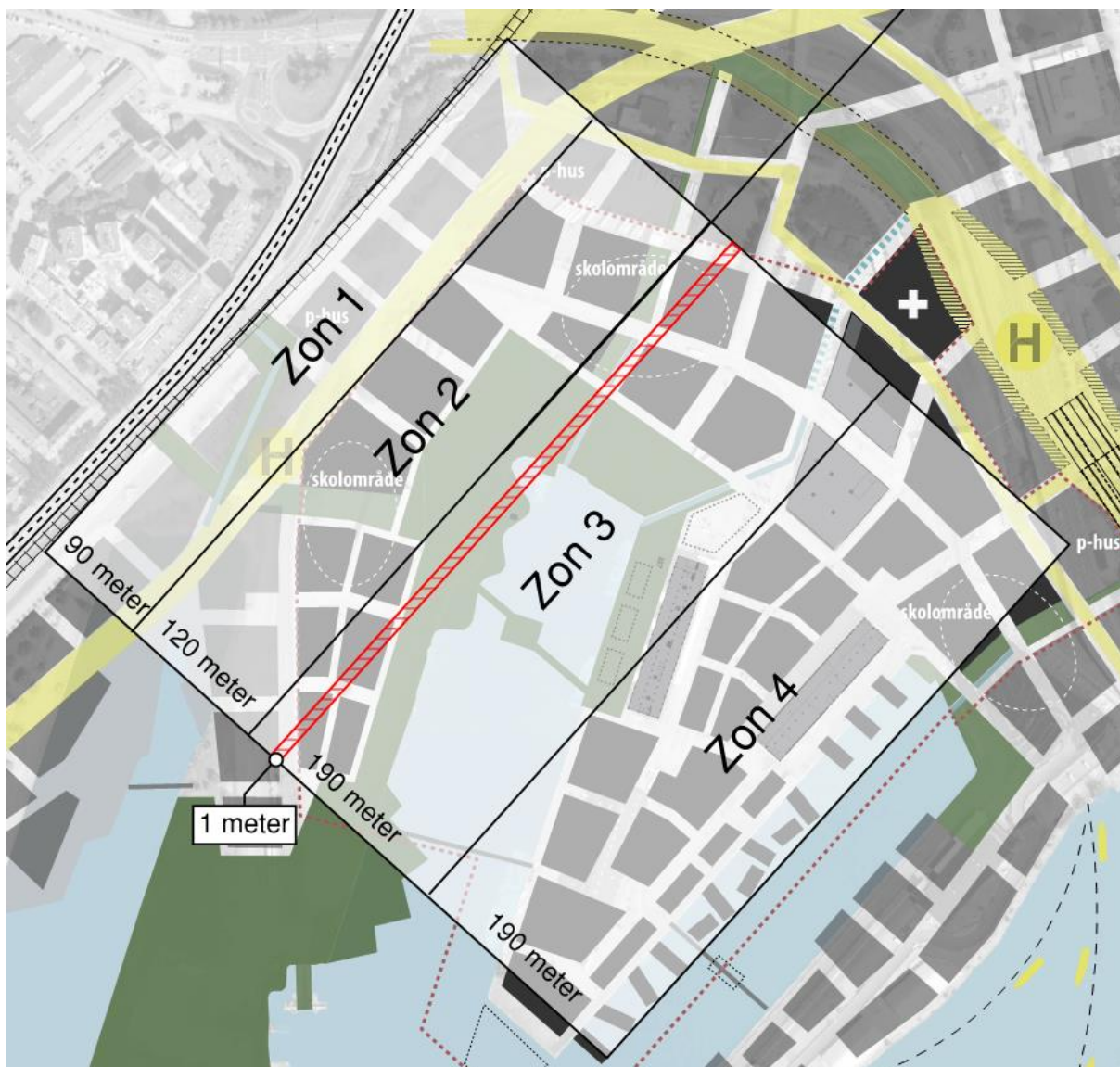
Det gör stor skillnad om personer förväntas vistas inomhus eller utomhus då en olycka sker. Personer inomhus erhåller en viss skyddsgrad relativt personer utomhus. Baserat på tillvägagångssätt i FÖP [4] görs en fördelning av personerna inom planområdet enligt Tabell 5 nedan som förutsättning för beräkningarna.

Tabell 5. Fördelning av personer inom planområdet.

Fördelning av personer	Andel (%)
Boende hemma dagtid	33
Boende hemma dagtid inne	88
Boende hemma dagtid ute	12
Boende hemma natt	99
Boende hemma natt inne	99
Boende hemma natt ute	1
Arbetande på arbetet dagtid	96
Arbetande på arbetet dagtid inne	98
Arbetande på arbetet dagtid ute	2
Arbetande på arbetet natt	4
Arbetande på arbetet natt inne	99
Arbetande på arbetet natt ute	1

Förhållandena gällande befolkningsmängd för dagtid antas gälla under 2/3 av dygnet, medan nattetid antas råda 1/3 av dygnet.

Antalet personer som berörs av en olycka har beräknats utifrån en zonmodell enligt Figur 20.



Figur 20. Zonmodell för beräkning av persontäthet och väntat skadeutfall.

En förenkling har gjorts i att zonerna innehåller ett visst antal personer som är jämnt fördelade över ytan. Endast zon 2 och zon 4 innehåller personer. Då de byggnader som är belägna i zon 3 ryms i de icke exploaterade delarna i zon 2 bedöms antagandet vara konservativt. I Tabell 6 nedan redogörs för hur många personer som förväntas finnas på en en (1) meter tjock skiva i respektive zon.

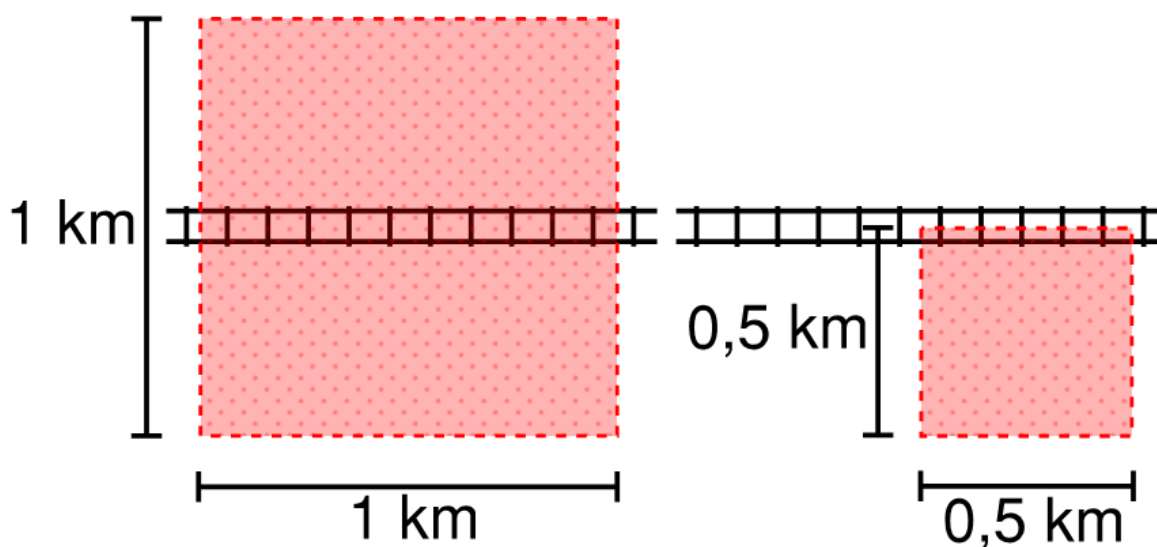
Tabell 6. Schablonmodell för beräkning av antalet berörda personer i respektive zon.

Zon # (X-X m)	Zon 1 (0-90 m)	Zon 2 (90-210 m)	Zon 3 (210-400 m)	Zon 4 (400-590 m)
Inne, dag [m^{-1}]	0 personer	12,63 personer	0 personer	12,63 personer
Ute, dag [m^{-1}]	0 personer	1,02 personer	10,53 personer*	1,02 personer
Inne, natt [m^{-1}]	0 personer	22,39 personer	0 personer	22,39 personer
Ute, natt [m^{-1}]	0 personer	0,23 personer	0 personer	0,23 personer

*Förenkling om grönområdets användande enligt 0.

B.1.1 Påverkade personer grönområde

DNV:s bedömningskriterier med avseende på risk tillämpas normalt på ett område om 1 km² enligt den vänstra delen i Figur 21 nedan:



Figur 21. Beskrivande figur för omskalning av bedömningskriterier för att beräkna lokal/viktad samhällsrisk.

För att undersöka om ett område kan ”bära sig självt” med avseende på stora konsekvenser i händelse av olycka viktas bedömningskriterierna om med avseende på att bebyggelsen endast uppförs ensidigt och att planområdet har en bredd om understigande 1 km. För aktuellt fall blir detta en faktor 4.

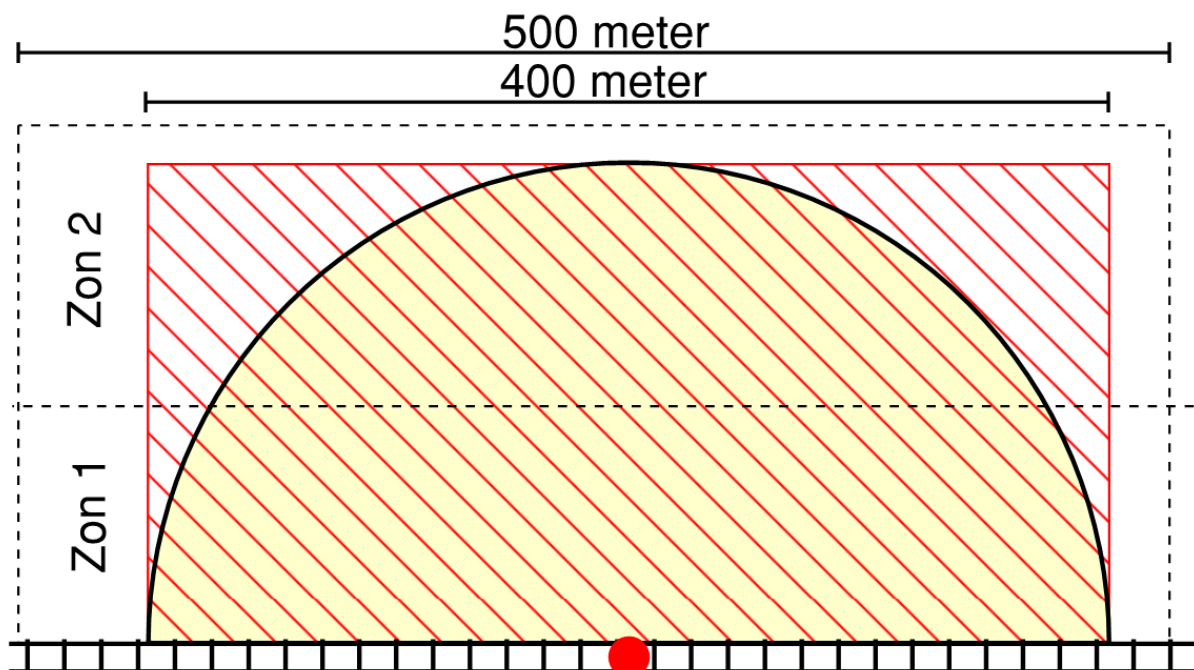
Grönområdet som placeras på piren enligt Figur 2 är inte beläget inom det område som har avgränsats för beräkning av den viktade samhällsrisk, varför personantalet inte bör räknas in i det som framgår ur Tabell 6. Givet placeringen är det även otroligt att de olyckor som påverkar planområdet även kommer påverka grönområdet, varför det teoretiskt maximala skadeutfallet inte ökar.

För att undersöka hur grönområdet kan påverka riskbilden genomförs beräkningar vilka bygger på en konservativ förenkling i att grönområdet passas in i zon 3, samt att det används av 2000 personer vid given tidpunkt under dagtid på helger. Detta innebär att samhällsrisk och det maximala skadeutfallet för en enskild olycka överskattas. Beräkningarna utförs enligt samma zonmodell som använts i övriga beräkningar för att fastställa antal påverkade personer.

Värt att notera för grönområdet är att det till stor del ligger inom det område vilket endast berörs av konsekvenstypen *giftig gas*, vilket gör att frekvensen för påverkan är mycket låg. Dock bör poängteras att de människor som förväntas uppehålla sig inom området har ett litet skydd och en begränsad möjlighet att sätta sig själva i säkerhet vid exponering av giftig gas, varför skadeutfallet vid olycka kan bli stort relativt om personerna vistas inomhus.

B.1.2 Exempelberäkning antal påverkade personer

Nedan ges ett exempel för att enklare redogöra för hur skadeutfallet beräknas baserat på approximationen om zonindelning. Exempelscenariot i Figur 22 är en explosion med en konsekvensradie om 200 meter som inträffar dagtid.



Figur 22. Exempelscenario avseende explosion.

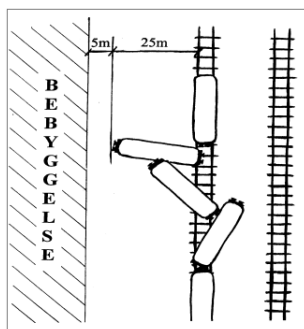
Antalet påverkade personer baserat på Tabell 6 är 0 per meter i zon 1 och 12,63 inne respektive 1,02 ute per meter i zon 2 vilket ger ett utfall om $(0+0)*90+(12,63+1,02)*110=1389$ personer. Skadeområdet approximeras initialt till en rektangel med bredden $2r$, vilket i exemplet är 400 meter. Persontätheten i Tabell 6 gäller för en area om 500 m (planområdets bredd) multiplicerat med 1 meter, varför konsekvensen måste viktas med avseende på utbredningen. $400/500$ meter ger en faktor 0,8. Samtliga olyckor ansätts ske mitt framför planområdet.

Avslutningsvis viktas även konsekvensområdet med avseende på olyckans geometri relativt approximationen om ett rektangulärt påverkansområde. Vid cirkulär utbredning görs detta med faktor $\pi/4$ vilket ger en minskning omkring 21 % efter hur arean för en cirkel förhåller sig till en kvadrat. Formeln för förväntat skadeutfall blir:

$$\text{Skadeutfall} = \frac{400}{500} * \frac{\pi}{4} * [(0 + 0) * 90 + (12,63 + 1,02) * 110] = 948 \text{ personer}$$

B.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risker för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur 23. [28]. Risk förenad med urspårning är obefintlig för planområdet givet avståndet till järnväg.



Figur 23. Urspråningsolycka på järnväg.

B.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

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

B.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) [29].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [30]. 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 [4].

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 [4] 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.

B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

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

B.3.2.1. Brännbar gas

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 [31].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [32]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [33], 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
- Utströmningskoefficient (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 7 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 7. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

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

B.3.2.2. Giftig gas

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* [34] 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 [34]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [34].

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 8.

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

Tabell 8. 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 meter	38 meter
	8 meter	34 meter
Stort hål (112 kg/s)	3 meter	755 meter
	8 meter	880 meter

B.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/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 [32].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

¹ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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 [35].

I Tabell 9 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 9. 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

Givet beräknade konsekvensavstånd görs bedömning att risker förenade med transport av RID-S klass 3, Brandfarlig vätska, inte är aktuella för planområdet.

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

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-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 [4], se vidare avsnitt B.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 B.3.3.

Tabell 10. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

B.4. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

I Tabell 11 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Planområdet kommer enligt förslaget att ha en hög persontäthet både dag- och nattetid. Ett flertal nya och höga byggnader planeras enligt förslaget. Detta innebär att den första radens byggnader kommer att exponeras i störst grad för riskkällan. Bakomvarande bebyggelse kommer att befinna sig i visst skydd för flera av riskscenarierna. Förenklat kan sägas att första radens byggnader exponeras mest för

en olycka och den sista raden utsätts minst. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till reducerad konsekvens med avseende på framförvarande byggnader annat än som indata vid spridningsberäkningar av giftig gas. Ingen hänsyn har heller tagits till det skydd framtida exploatering av området mellan järnvägen och aktuellt planområde kan ge. Antagandet är konservativt.

Tabell 11. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna. Gråa konsekvenser bedöms inte ha någon effekt på planområdet givet avståndet mellan järnväg och planområdesgräns.

Skadescenario	Konsekvens-avstånd (m)	Andel omkomna inne	Andel omkomna ute	Reduktion pga. skydd från framförliggande byggnader
Explosiva ämnen, 25 ton	250	33 %	50 %	0 %
Explosiva ämnen, 150 kg	25	1 %	5 %	0 %
BLEVE	200	2 %	10 %	0 %
Jetflamma, punktering	18	1 %	10 %	0 %
Gasmoln, punktering	50	1 %	33 %	0 %
Jetflamma, stort hål	92	2 %	10 %	0 %
Gasmoln, stort hål	50	2 %	33 %	0 %
Punktering giftig gas, svag vind	38	10 %	100 %	0 %
Punktering giftig gas, stark vind	34	10 %	100 %	0 %
Stort hål giftig gas, svag vind	755	10 %*	100 %	0 %
Stort hål giftig gas, stark vind	880	10 %*	100 %	0 %
Liten pölbrand	17	0 %	1 %	0 %
Stor pölbrand	23	0 %	1 %	0 %
Explosion oxiderande, 25 ton	250	33 %	50 %	0 %

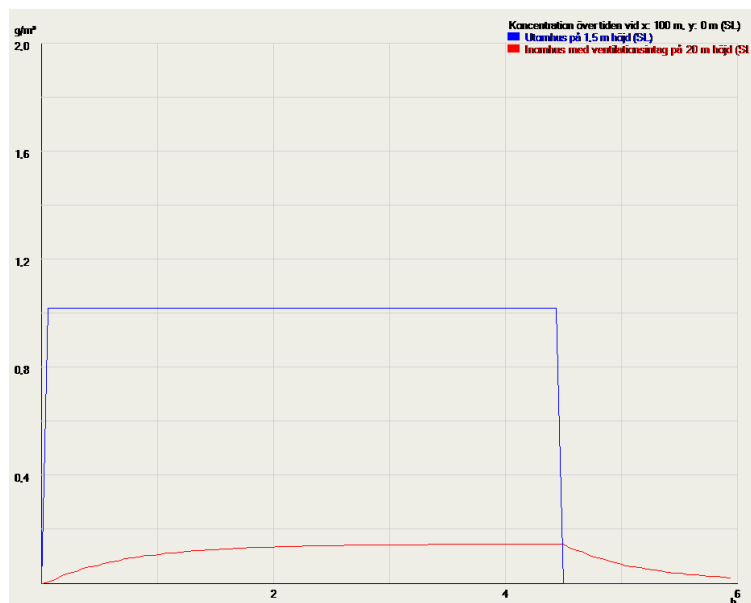
**Dödlighetsfraktion om 10 % inomhus gäller endast för personer inom zon 1 och 2 enligt Figur 20. För zon 4 ansätts dödligheten inomhus vara försumbar. Antagandet bekräftas med utdatafiler från MSB:s programvara spridning luft i Bilaga C.*

Bilaga C. Kontrollberäkningar ventilationsåtgärder

I denna bilaga redovisas spridningsberäkningar för de giftiga gaserna svaveldioxid, klor och ammoniak, vilka är de mest toxiska som förekommer bland transporterna på järnvägen. Beräkningarna har gjorts med programvaran MSB RIB – Spridning Luft. Syftet är att påvisa hur högre placering av tilluftsintag för ventilation kan påverka skadeutfallet inomhus. Vidare visas att det förväntade skadeutfallet bortom zon 2 (210 meter från utsläppskällan) inte förväntas generera dödsfall i inomhusmiljö även utan ventilationstekniska åtgärder.

C.1. Svaveldioxid

Kemikalie: Svaveldioxid, SO₂
 Tank: Järnvägsvagn, 64000 kg
 Läckage: Brott på anslutningsrör (11,3 cm², 4 kg/s)
 Omgivning: Bebyggt
 Byggnad: Höjd för ventilationsintag: 20 meter
 Luftväxlingar: 0,5/h
 Väder: Höst, dag, klart väder
 Vindstyrka: 5 m/s
 Temperatur: 10 °C
 Stabilitet: D – neutral skiktning
 Avstånd: ca 100 meter från spår till byggnad



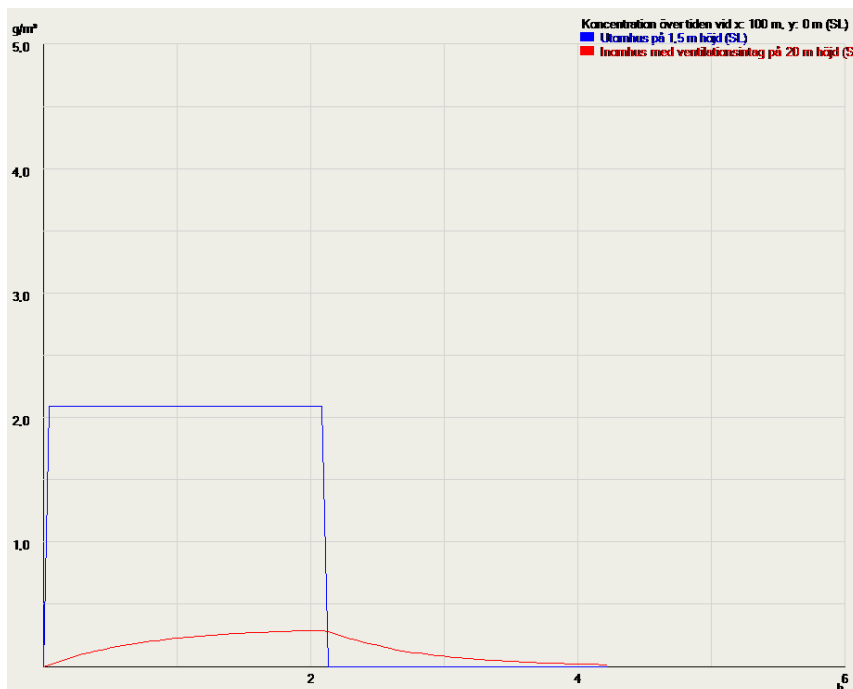
Figur 24. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med SO₂.

Tabell 12. Skadeutfall efter 120 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med SO₂.

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 20 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	0 %
Lindriga skador	0 %	100 %
Svåra skador	84 %	0 %
Dödliga skador	16 %	0 %

C.2. Klor

Kemikalie: Klor, Cl₂
 Tank: Järnvägsvagn, 65000 kg
 Läckage: Brott på anslutningsrör (12,6 cm², 8,6 kg/s)
 Omgivning: Bebyggt
 Byggnad: Höjd för ventilationsintag: 20 meter
 Luftväxlingar: 0,5/h
 Väder: Höst, dag, klart väder
 Vindstyrka: 5 m/s
 Temperatur: 10 °C
 Stabilitet: D – neutral skiktning
 Avstånd: ca 100 meter från spår till byggnad



Figur 25. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med Cl₂.

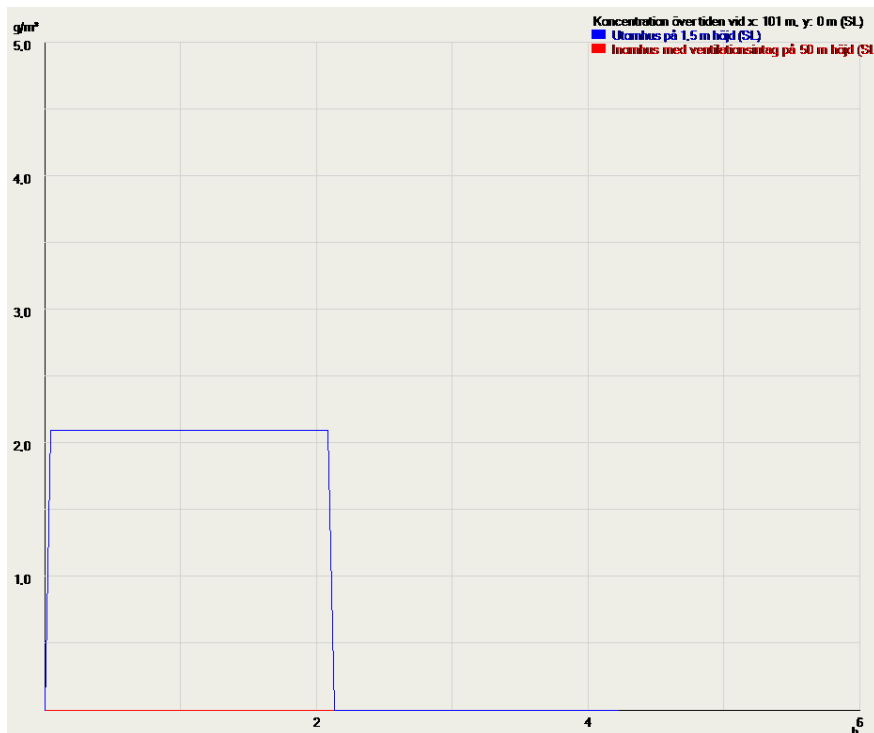
Tabell 13. Skadeutfall efter 120 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med Cl₂.

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 20 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	0 %
Lindriga skador	0 %	1 %
Svåra skador	0 %	75 %
Dödliga skador	100 %	24 %

Klor utgör den mest toxiska och därmed dimensionerande gasen att studera. Av denna anledning studeras variationer av åtgärder att vidta avseende ventilationen. Följande parametrar har varierats från ursprungsberäkningen:

- Ventilationsintag placeras på 50 meters höjd
- Utsläppet slutar helt efter 30 minuter för att åskådliggöra effekten av att ventilationen stängs efter 30 minuter. Beräkningarna görs med ventilationsintag på 0 samt 20 meters höjd.

C.2.1 Ventilationsintag 50 meter över marken

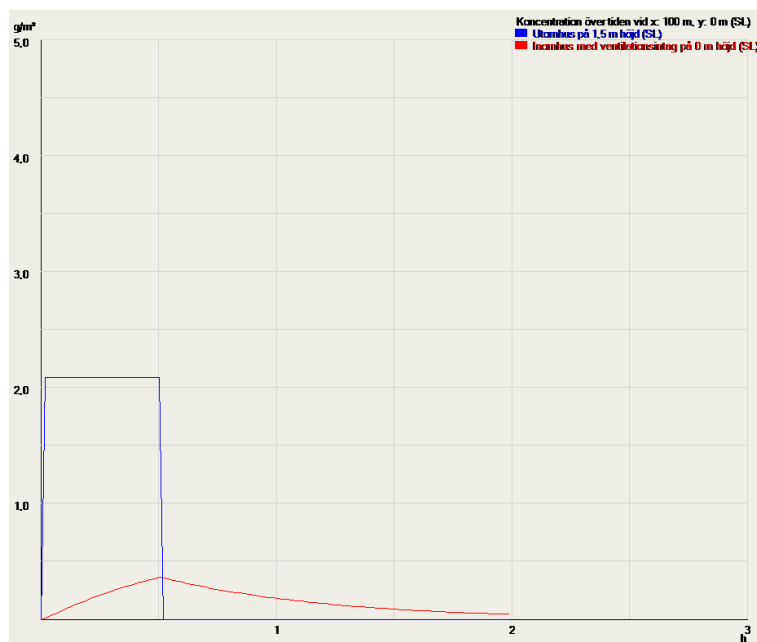


Figur 26. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med Cl₂ där ventilationsintag är placerade 50 meter ovan mark.

Tabell 14. Skadeutfall efter 120 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med Cl₂, ventilationsintag är placerade 50 meter ovan mark.

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 50 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Nej
Irritation	0 %	1 %
Lindriga skador	0 %	0 %
Svåra skador	0 %	0 %
Dödliga skador	100 %	0 %

C.2.2 Ventilationen stängs efter 30 minuter – ventilationsintag 0 meter över marken

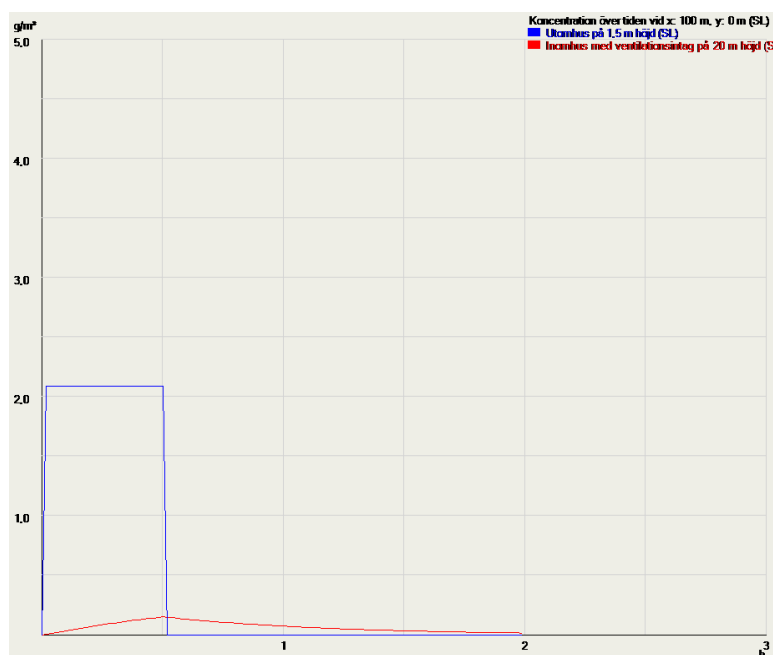


Figur 27. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med Cl₂ efter 30 minuter, ventilationsintag är placerade 0 meter ovan mark.

Tabell 15. Skadeutfall efter 30 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med Cl₂, ventilationsintag är placerade 0 meter ovan mark.

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 0 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Nej
Irritation	0 %	0 %
Lindriga skador	0 %	5 %
Svåra skador	5 %	86 %
Dödliga skador	95 %	9 %

C.2.3 Ventilationen stängs efter 30 minuter – ventilationsintag 20 meter över marken



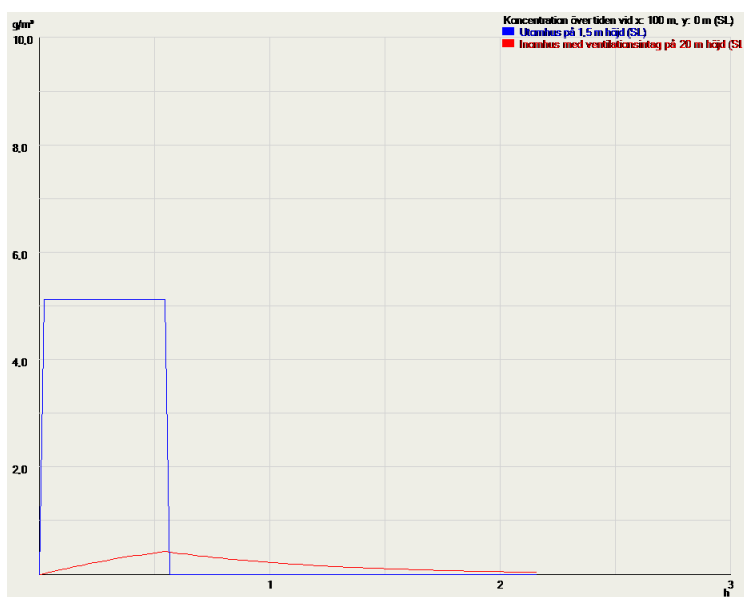
Figur 28. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med Cl₂ efter 30 minuter, ventilationsintag är placerade 20 meter ovan mark.

Tabell 16. Skadeutfall efter 30 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med Cl₂, ventilationsintag är placerade 20 meter ovan mark.

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 20 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Nej
Irritation	0 %	11 %
Lindriga skador	0 %	41 %
Svåra skador	5 %	48 %
Dödliga skador	95 %	0 %

C.3. Ammoniak

Kemikalie: Ammoniak, NH_4
 Tank: Järnvägsvagn, 45000 kg
 Läckage: Brott på anslutningsrör ($50,3 \text{ cm}^2$, 23 kg/s)
 Omgivning: Bebyggt
 Byggnad: Höjd för ventilationsintag: 20 meter
 Luftväxlingar: 0,5/h
 Väder: Höst, dag, klart väder
 Vindstyrka: 5 m/s
 Temperatur: 10°C
 Stabilitet: D – neutral skiktning
 Avstånd: ca 100 meter från spår till byggnad



Figur 29. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med NH_4 .

Tabell 17. Skadeutfall efter 120 minuter på ett avstånd av ca 100 meter från järnväg vid olycka med NH_4 .

	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus (ventilationsintag på 20 m höjd)
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	69 %
Lindriga skador	0 %	28 %
Svåra skador	21 %	0 %
Dödliga skador	79 %	0 %

C.4. Inomhuskoncentration zon 4

De utdatafiler som presenteras under denna rubrik är motsvarar de scenarier som använts för konsekvensberäkningar enligt B.3.2.2 och ämnar visa på inomhuskoncentrationen utan åtgärder i zon 4 enligt Figur 20. Simulering har skett med *Spridning Luft* [34].

Skadeutfall vid punkten (x: 404 m, y: 0 m) efter 90 minuter (räknat från tidpunkten då utsläppet började)		
	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 3 m höjd
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0	48
Lindriga skador	0	41
Svåra skador	64	11
Dödliga skador	35	0

Figur 30. Skadeutfall vid utsläpp (112kg/s) med klorgas vid gränsen för zon 4. Inga dödliga koncentrationer förväntas inomhus och dödligheten utomhus är 35 %.

Skadeutfall vid punkten (x: 274 m, y: 0 m) efter 90 minuter (räknat från tidpunkten då utsläppet började)		
	Utomhus på 1,5 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 3 m höjd
Förnimbarhet	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0	19
Lindriga skador	0	46
Svåra skador	32	35
Dödliga skador	68	0

Figur 31. Skadeutfall vid 274 meter i spridningens centrumlinje. Enligt utdatafil från *Spridning Luft* är detta den punkt närmast utsläppsplatsen där dödliga koncentrationer inte förväntas uppstå i inomhusmiljö.

C.5. Slutsats av spridningsberäkningar

För ammoniak och svaveldioxid blir skadeutfallet på personer som vistas inomhus obefintligt eller mycket litet avseende dödliga skador. Detta trots att ventilationen, placerad på en höjd av 20 m, är i normal drift om 0,5 luftomsättningar/timme under 120 minuter från det att olycka inträffat. Avseende den mest toxiska gasen, klor, krävs dock att ventilation görs avstängningsbar för att skydda personer inomhus från dödliga förhållanden. Detta understryker att friskluftsintag bör placeras högt och i riktning från Hamnbanan, samt att ventilation förses med nödavstängningssmjlighet.

Utdatafilerna i avsnitt C.4 visar att ventilationstekniska åtgärder inte fordras för bebyggelse i zon 4 (egentligen bebyggelse bortom 270 meter från utsläpsskällan).

Värt att notera är även att det antagande som använts i beräkningarna att 100 % av berörda personer utomhus förväntas omkomma är konservativt. Detta då skadeutfallet avtar med avståndet vilket kan ses i Figur 30 och Figur 31.

Bilaga D. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] F. Boke, *Statistik för Hamnbanan år 2014 och prognos för 2030*, 2015-05-05.
- [3] Trafikverket, "Järnvägsplan - Riskutredning - Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahallen," 2014-02-17.
- [4] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [5] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [6] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [7] F. Nystedt, *Riskanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [8] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [9] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [10] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [11] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [12] Statens Räddningsverk, *Förvaring av explosiva varor, handbok.*, 2006.
- [13] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg," 1994.
- [14] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [15] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [16] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [17] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [18] Trafik analys - TRAFA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [19] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [20] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [21] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [22] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS," 1997.
- [23] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [24] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [25] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [26] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [27] SMHI, "Vindros för Landvetter flygplats," 2013.
- [28] Länsstyrelsen Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [29] Stefan Lamnevik AB, "Verkan av explosioner i det fria," 2010.

- [30] Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., "Vådausläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker," Tumba, 1997.
- [31] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [32] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [33] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [34] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [35] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [36] Masterplan, Calculation Occupant Load Karlavagnsplatsen, 2015-01-09.
- [37] S. S. AB, "Skeppsbron - Maritim riskbedömning," 2012-01-12.

WSP Sverige AB

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00

Fax: +46 10 722 74 20

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

