



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för detaljplan

Transporter av farligt gods

Detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg

2016-04-01

Rapport

Uppdragsgivare

Agneta Runevad
 Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad
 Box 2554
 403 17 Göteborg

agneta.runevad@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	Konceptrapport	Rapport		
Datum	2016-03-21	2016-04-01		
Handläggare	Fredrik Larsson Erik Svedberg	Fredrik Larsson Erik Svedberg		
Signatur	ES	ES		
Uppdragsledare	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson		
Signatur	FL	FL		
Granskare	Katarina Herrström	Katarina Herrström		
Signatur	KH	KH		
Uppdragsnummer	10228092	10228092		

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret arbetar med att ta fram detaljplan för bostäder med mera för Kallebäck 3:3 i Göteborg. Syftet med planen är att pröva ny markanvändning där Arlas mejeri tidigare låg. Enligt ett framtaget exploateringsförslag kommer planen medge plats för ca 3000 boende och ca 2000 arbetsplatser. Planområdet angränsar till trafikinfrastruktur som E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan. På samtliga dessa leder transporteras farligt gods.

WSP har fått i uppdrag att upprätta en detaljerad riskbedömning med avseende på riskpåverkan från transport av farligt gods på väg och järnväg. 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.

Både individ- och samhällsriskenivån har beräknats vara oacceptabelt höga. Riskreduktion bedöms därmed vara nödvändig och kan åstadkommas genom viss omarbetning av exploateringsförslaget alternativt byggnadstekniska åtgärder. Nedanstående rekommenderade åtgärder bedöms vara rimliga att utgå ifrån i det fortsatta planarbetet. Notera att åtgärderna är just förslag i detta skede och att fortsatt utredning om placering, dimensionering, funktionskrav och riskreducerande effekt behöver studeras vidare. De föreslagna åtgärderna är:

- WSP rekommenderar att en zon om minst 50 meter från E6 östra vägkant lämnas bebyggelsefri. Avstånd till bostäder och annan känslig bebyggelse (t.ex. vård och skola) bör uppgå till minst 100 meter.
 - *Alternativ avseende studerat exploateringsförslag:* Husraden närmast E6 förses med brandklassade fasader i obrännbara material, alternativt med framförliggande strålningsskärm i form av obrännbar mur etc.
- Verksamhet i husraden närmast E6 begränsas till t.ex. p-hus, lager, sällanköpshandel, småindustri och mindre kontor, vilka alla kännetecknas av låga persontätheter. Denna bebyggelse utgör i sig buffertzoner för bakomliggande och mer persontät bebyggelse.
 - *Alternativ avseende studerat exploateringsförslag:* Husraden närmast E6 förses med explosionsskydd i byggnadens konstruktion. Alternativt kan tillskapande av buffertzoner inom byggnaden vara möjligt för att avskärma och skydda delar där människor vistas stadigvarande.
- Husraden närmast E6 utförs så hög och tät som möjligt i längdled längs riskkällorna. För att ge avsedd skyddande effekt bör den utföras lika hög som bakomliggande bebyggelse.
- Husraden närmast E6 utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida.
- Ventilation även för övriga byggnader inom planområdet bör så långt det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad, samt förses med nödavstängningsmöjlighet. Tanken är att ventilation kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).
- Husraden närmast E6 ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymma i skydd av husraden närmast E6.

Utifrån beräkningarna görs bedömningen att implementering av föreslagna åtgärder möjligen kan medföra en risknivå som kan accepteras förutsatt att alla rimliga åtgärder anses ha vidtagits, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor.

Det rekommenderas att värderingskriterier och bedömningsgrunder för planen fastställs i samråd enligt miljöbedömningsprocessen, att behov och utformning av riskreduktion studeras vidare och att riskbedömningen uppdateras för att slutligen kunna leda fram till planbestämmelser.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Styrande dokument.....	6
1.5	Underlagsmaterial.....	6
1.6	Revidering	7
1.7	Internkontroll.....	7
2	Områdesbeskrivning	8
2.1	Planområde	8
2.2	Infrastruktur	9
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	Sammanställning av olycksscenarier.....	17
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	18
5.1	Individerisknivå med avseende på farligt gods- transporter.....	18
5.2	Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods- transporter.....	19
6	Riskreducerande åtgärder.....	20
6.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	20
6.2	Möjliga riskreducerande åtgärder	20
6.3	Sammanfattning av rekommenderade åtgärder	22
6.4	Uppskattad risknivå med vidtagna åtgärder.....	23
7	Diskussion och osäkerheter	25
8	Slutsatser	26
	Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg 27	
	Bilaga B. Konsekvensuppskattningar – väg.....	39
	Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg 47	
	Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – järnväg.....	55
	Bilaga E. Referenser.....	60

1 Inledning

WSP har av Stadsbyggnadskontoret i Göteborg fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck 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

Syftet med planen är att pröva ny markanvändning på Kallebäck 3:3, där Arlas mejeri tidigare låg. Tomten som är drygt 100 000 m² anges i gällande översiktsplan som verksamhetsområde men planeras att bebyggas med ca 1500 bostäder samt adekvat social service i form av förskola, äldreboende med mera. Detaljplanen kommer även att medge bland annat handel och kontorsverksamhet. Enligt ett framtaget exploateringsförslag kommer planen medge plats för ca 3000 boende och ca 2000 arbetsplatser.

Planområdet angränsar till E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan och väg 40 ligger relativt nära. På samtliga dessa leder transporteras farligt gods. Därtill planeras för ytterligare utbyggnad av järnvägen, då Götalandsbanan tillkommer med två spår väster om planområdet. På Götalandsbanan kommer dock ej godstransporter förekomma.

Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd om drygt ca 30 meter från E6.

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-leder.

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 E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan. För järnväg studeras även urspårningsrisker. 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.

Beräkningarna baseras på att E6 förblir i befintligt läge och att järnvägsspåren är belägna väster om detta läge. Vid framtida förändringar av transportkorridoren, t.ex. flytt av E6 österut vid tillkomst av Götalandsbanan, kommer riskbedömningen att behöva revideras. WSP anser det vara mycket viktigt att väg- och järnvägsplan samordnas med pågående planprogram och detaljplaner kring transportkorridoren, då det i skrivande stund finns stora osäkerheter gällande förändringar av infrastruktur och bebyggelse i området.

1.4 Styrande dokument

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

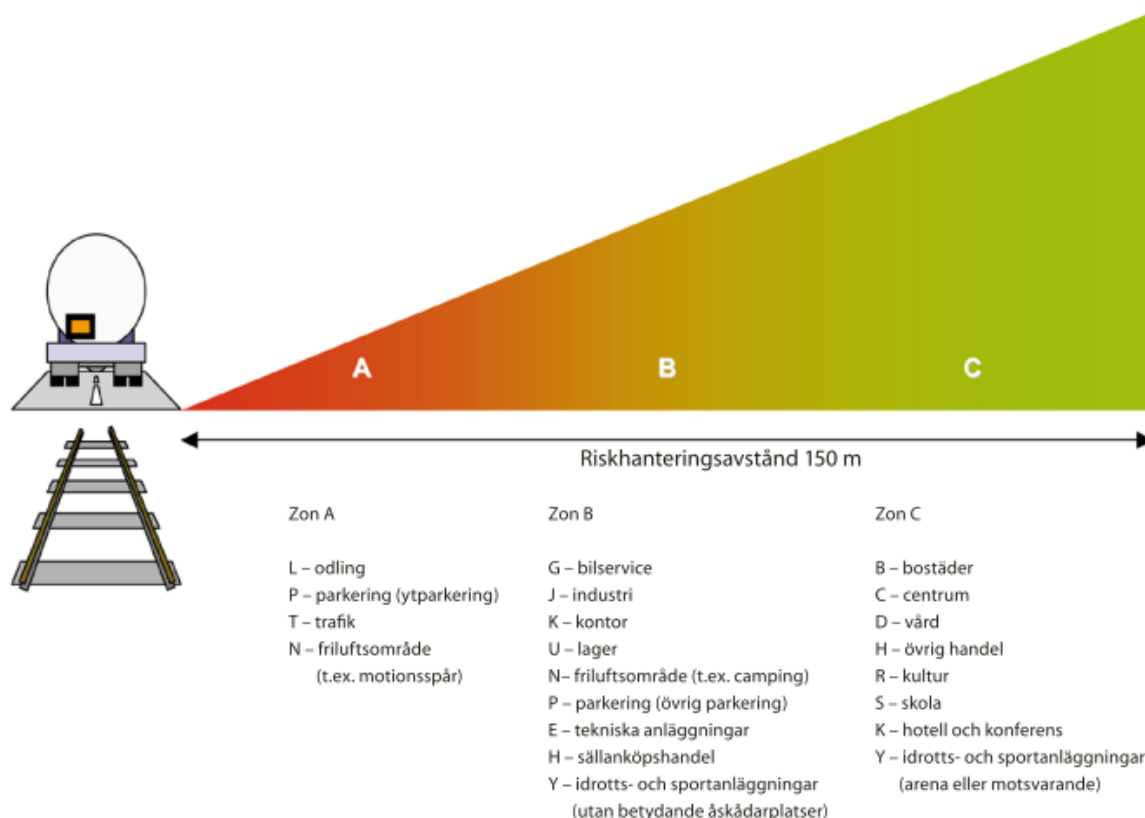
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

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:

- Riskbedömning, Transporter av farligt gods, FÖP Mölndalsåns dalgång, WSP, 150401.
- Illustrationsplan, Nyréns arkitekter, 2016-01-22.
- Trafikbullerutredning, ÅF, 2015-03-09.

1.6 Revidering

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

1.7 Internkontroll

Rapporten är upprättad av Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering) och Erik Svedberg (Civilingenjör i Riskhantering). 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).

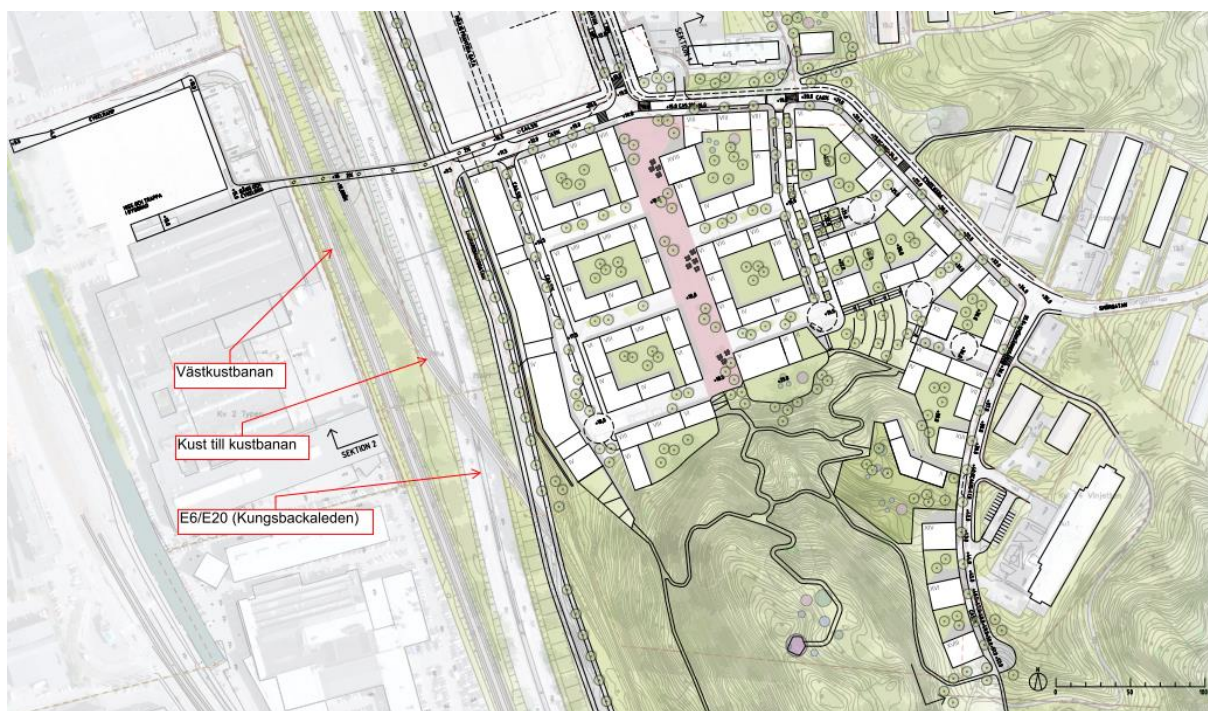
2 Områdesbeskrivning

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

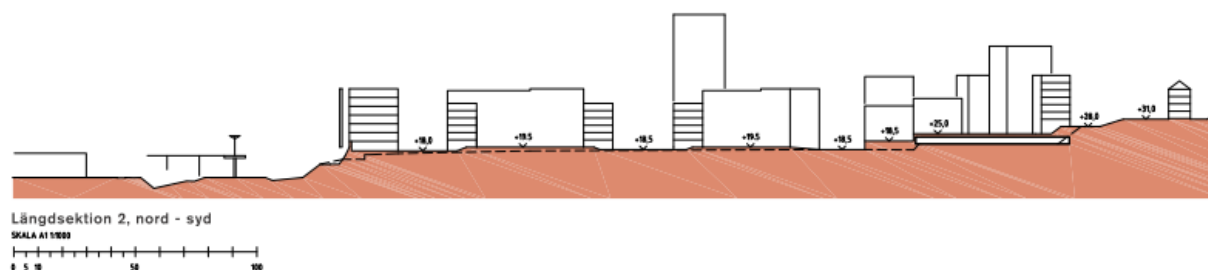
2.1 Planområde

En ny detaljplan för området är under framtagande, se Figur 2. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av bostäder samt social service i form av förskola, äldreboende med mera. Detaljplanen kommer även att medge bland annat handel och kontorsverksamhet. Bebyggelsen uppförs med varierande antal våningar, se sektion i Figur 3. Totalt innefattar detaljplanen 1500 bostäder (enligt uppgift ca 3000 boende) och 2000 arbetsplatser inom en yta om ca 100 000 m².

Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd om drygt ca 30 meter öster om E6.



Figur 2. Beskrivande bild över planområdet.



Figur 3. Sektion 2 (med placering enligt Figur 2) av planområdet.

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som löper invid planområdet.

2.2.1 E6

Direkt väster om planområdet löper E6/E20 (Kungsbackaleden) i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med tre filer i vardera riktningen i höjd med planområdet. E6 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h norr om Kallebäcksmotet och variabel, men maximalt 80 km/h söder om detsamma. Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, fordon/årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 87 100 fordon/dygn på E6/E20 förbi planområdet [2]. Samtliga farligt gods-klasser är tillåtna på E6.

2.2.2 Riksväg 40

Nordost om planområdet löper riksväg 40 vilket är en primär transportled för farligt gods. Vägen utgör motorväg med två-tre filer i vardera riktningen. Hastighetsbegränsningen är 90 km/h. Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 72 500 fordon/dygn på aktuell del. Samtliga farligt gods-klasser är representerade på riksväg 40.

Då riksväg 40 är belägen ca 300 meter från planområdet kommer denna transportled inte studeras vidare då konsekvensavstånd för olyckor på denna vägsträckning inte ger riskbidrag på det avstånd där planområdet är beläget.

2.2.3 Västkustbanan

Parallellt med E6 löper Västkustbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser transporteras på Västkustbanan och år 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn [2].

2.2.4 Kust till kustbanan

Kust till kustbanan är i dagsläget en enkelspårig järnväg och är av interregional betydelse. Den sträcker sig mellan Göteborg och Kalmar samt Karlskrona via bland annat Borås. Banan trafikeras av godståg (inklusive farligt gods) och persontåg. Enligt prognos kommer banan att trafikeras av ca 75 persontåg/dygn och 15 godståg/dygn år 2030 [2].

2.2.5 Götalandsbanan

Trafikverket har låtit upprätta en förstudie för den etapp av Götalandsbanan som enligt planen ska sträcka sig mellan Almedal och Mölnlycke [3]. Götalandsbanan planeras för snabbtåg och projekteras inte för annat gods än av lättare typ, t.ex. posttåg. Farligt gods ska enligt uppgift inte trafikera banan [4]. Banan kommer enligt planerna att trafikeras av ca 210 persontåg/dygn år 2030 [2].

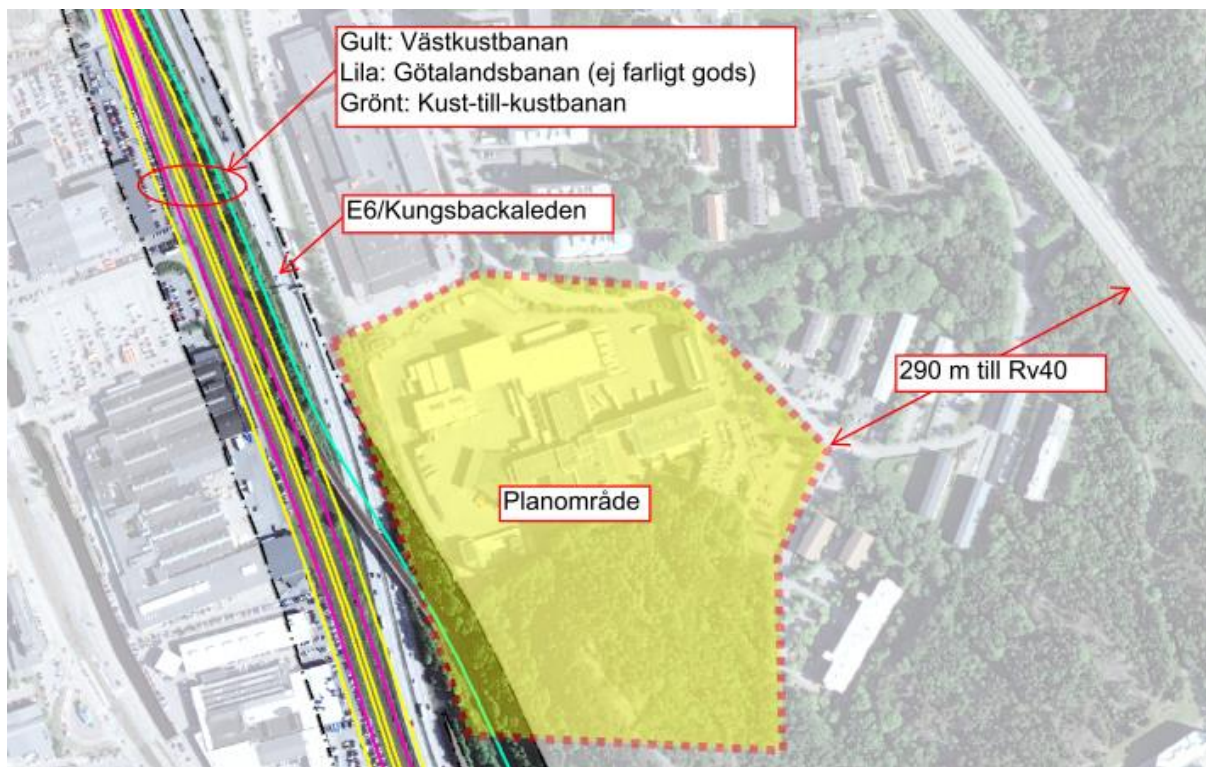
Det finns enligt förstudien ett antal olika alternativa sträckningar för banan mellan Almedal och Mölnlycke [3]. Göteborgs och Mölndals stad bedriver planarbetet utifrån det alternativ i förstudien som benämns M1½. Detta alternativ innebär att banan löper parallellt med Västkustbanan från Almedal, angör Mölndals station för att sedan böja av åt sydost och vidare mot Mölnlycke. Oavsett valt alternativ kommer Götalandsbanan passera väster om studerat planområde.

2.2.6 Framtida förändringar av trafikinfrastruktur

Då Götalandsbanan tillkommer i planområdets närhet kan transportkorridoren behöva revideras. Planering pågår vid upprättande av denna riskbedömning. I Figur 4 ges en översiktlig illustration över hur spårområdet kan se ut när Götalandsbanan tillkommer. Gula linjer illustrerar Västkustbanan,

vilken kompletteras från två till fyra spår (de båda yttersta spåren tillkommer). Götalandsbanan (lila linjer) planeras få ett spår i vardera riktningen och placeras utanför de nuvarande spåren för Västkustbanan. I samband med detta flyttas Kust till kustbanan österut och en ny järnvägsbro ovan E6 planeras precis i höjd med studerat planområde [5].

Det förs i dagsläget diskussioner om ett temporärt och kanske även permanent behov av att flytta E6 uppemot 30 meter österut för att medge plats för utbyggnad av järnvägsspåren. Detta skulle innebära en konflikt med planerad exploatering av planområdet. Exploatören planerar att uppföra byggnation ca 30 meter öster om befintligt läge för E6 [5].



Figur 4. Översiktlig illustration över hur spårområdet kan komma att gestaltas när Götalandsbanan tillkommer.

Osäkerheterna kring framtida förändringar av trafikinfrastrukturen är vid upprättande av denna rapport stora. Utgångspunkt för beräkningarna tas i Figur 4 ovan. Se även avgränsning i avsnitt 1.3. Det förutsätts att E6 förblir i befintligt läge och att spåren kompletteras väster om E6 med fördelning och ungefärliga lägen enligt Figur 4. Vid förändringar som avviker från detta behöver riskbedömningen revideras. Det är av största vikt att väg-, järnvägs- och detaljplaner samordnas redan i detta skede då de påverkar varandra och potentiellt gör anspråk på samma mark.

3 Omfattning av riskhantering och metod

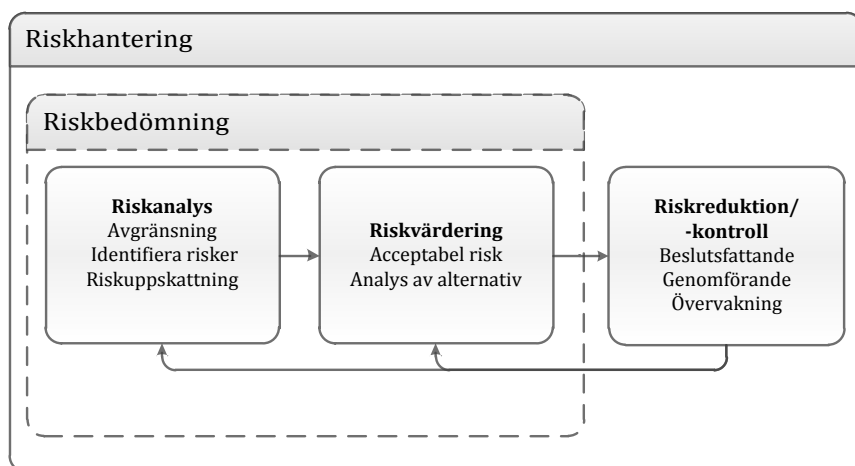
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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 [6] [7], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 5. 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 5. 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 [8].

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [9] 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.

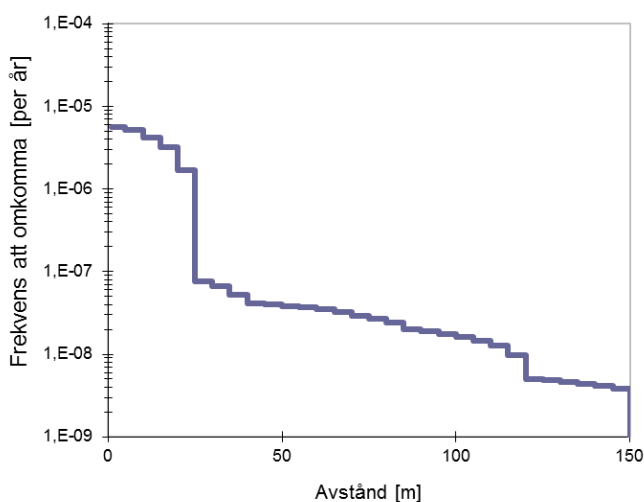
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet individ- och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

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

Individriska 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 [10]. Individriska är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individriska kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 6.

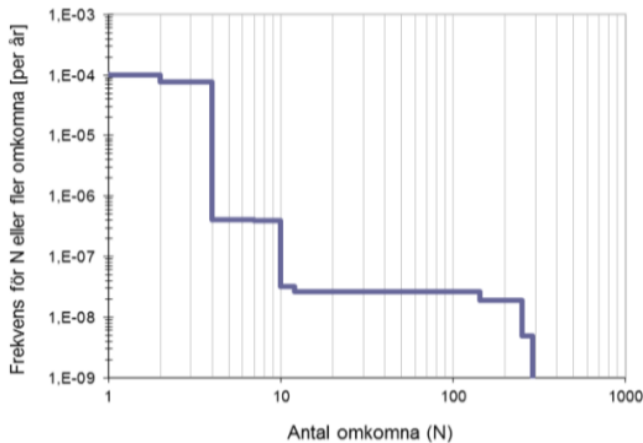


Figur 6. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk

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

Samhällsriskerna redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 7, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



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

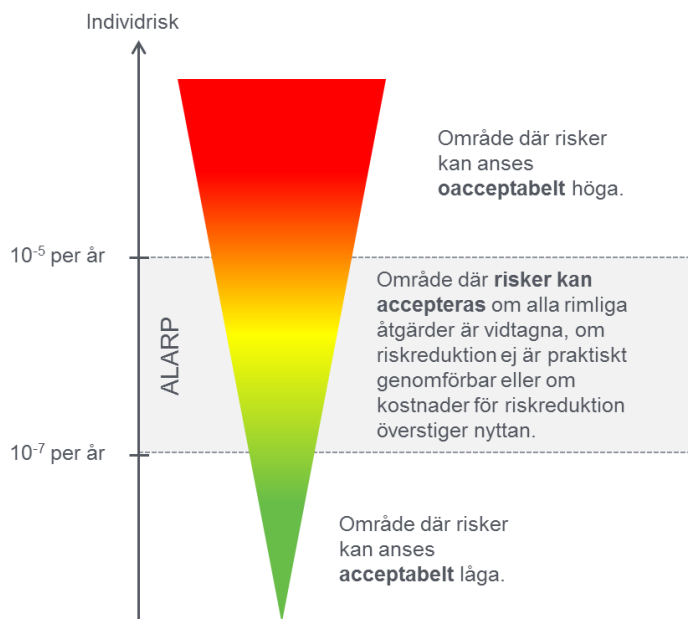
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

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 [10] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 8.



Figur 8. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [10]:

- 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 [10] följande kriterier:

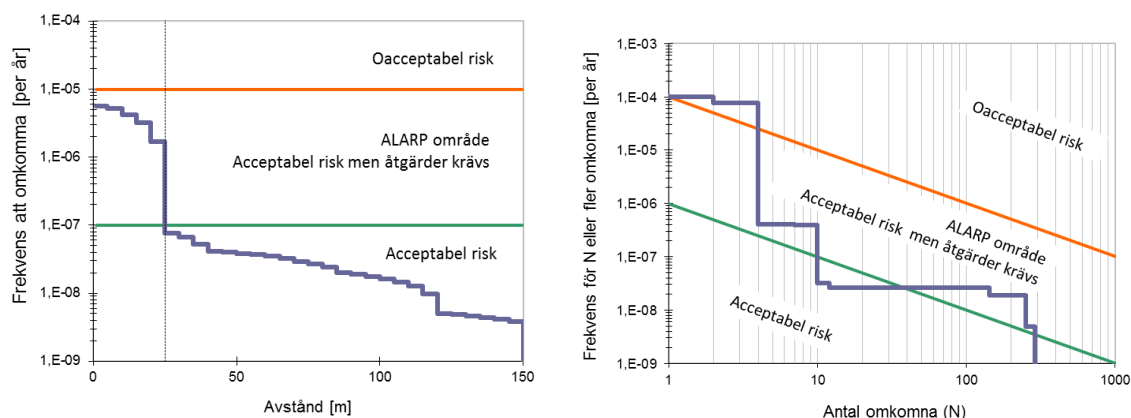
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV [10] 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 9.

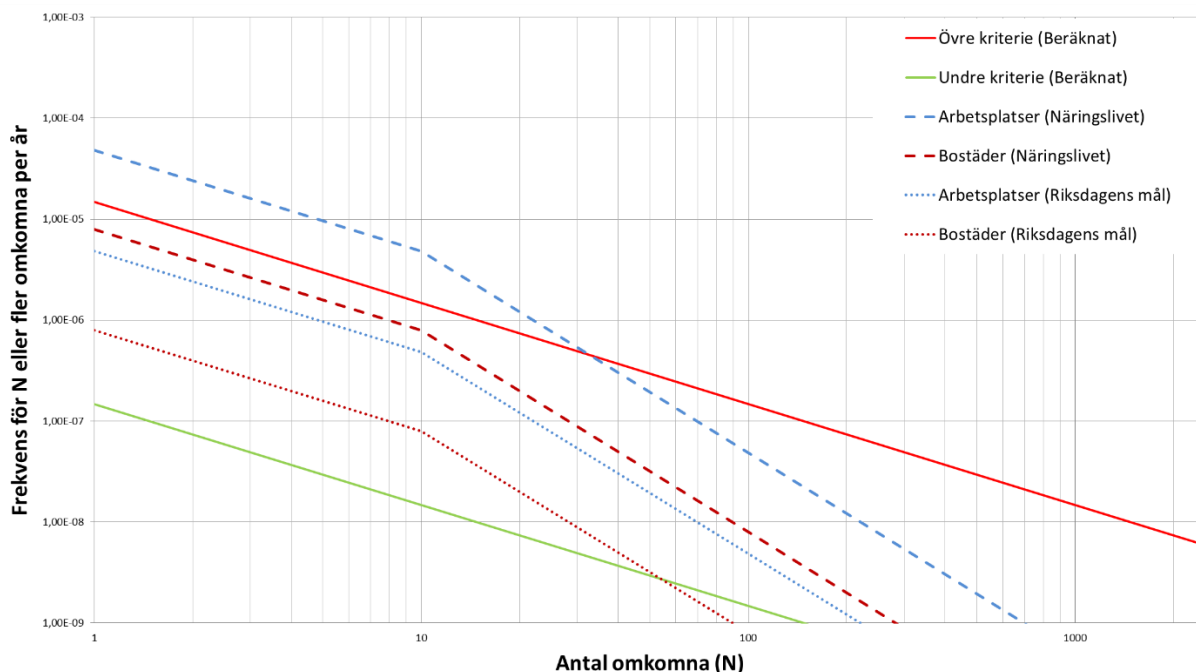
För samhällsrisk föreslog DNV [10] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskbedömning studeras dock en kortare sträcka, 0,5 kilometer (planområdets ungefärliga bredd), vilket gör att acceptanskriterierna sänks. Resultatet visas i Figur 10. Grundtanken med att korrigera acceptanskriterierna är att planområdet ska värderas på jämförbara grunder som andra ytor.



Figur 9. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [10].

3.4.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [11] 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 10.



Figur 10. Föreslagna kriterier samhällsrisk enligt DNV och FÖP Göteborg [11].

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 [12], 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 olycksscenarioer som beaktas vidare i rapporten.

4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

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

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

4.2 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 (ADR-S, RID-S) [13] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio klasser som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ämnet. I Tabell 1 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka. Samtliga av dessa ämneskategorier är tillåtna på väg och järnväg förbi planområdet.

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

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppmot 250 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma båda inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppmot 700 m radie [14].
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. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte större än 40 m för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 200 m.
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. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras ofta som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [15] (LC ₅₀). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade ämnen och mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte generera konsekvenser på de avstånd som är aktuella i projektet.

4.2.1 Mekanisk skada vid urspårning

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

4.3 Sammanställning av olycksscenarier

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

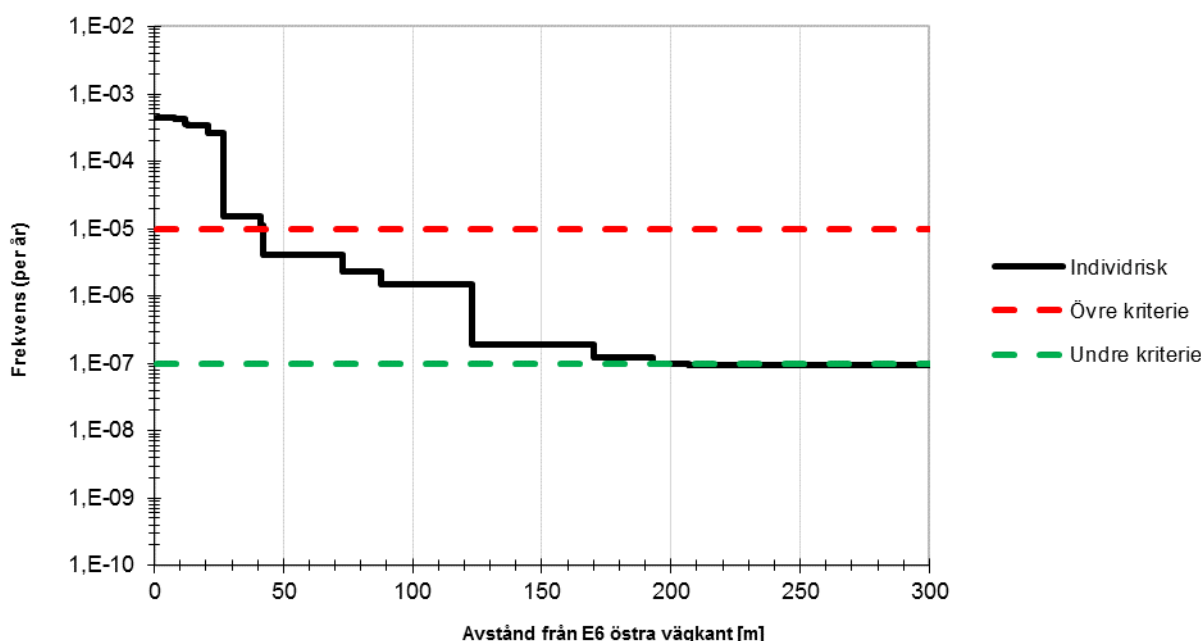
- Farligt gods-olycka explosiva ämnen och föremål (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med giftigt gasutsläpp (klass 2.3)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider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

Notera att det på Kust till kustbanan inte förekommer transporter av klass 1 eller 2.

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier i närområdet. Beräkningarna baseras på trafikprognoser för år 2030. Individ- och samhällsrisknivån värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.

5.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 11. Individrisknivå för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier (x-axelns skala (0) utgår från väggkant för E6 östra körbana närmst planområdet).

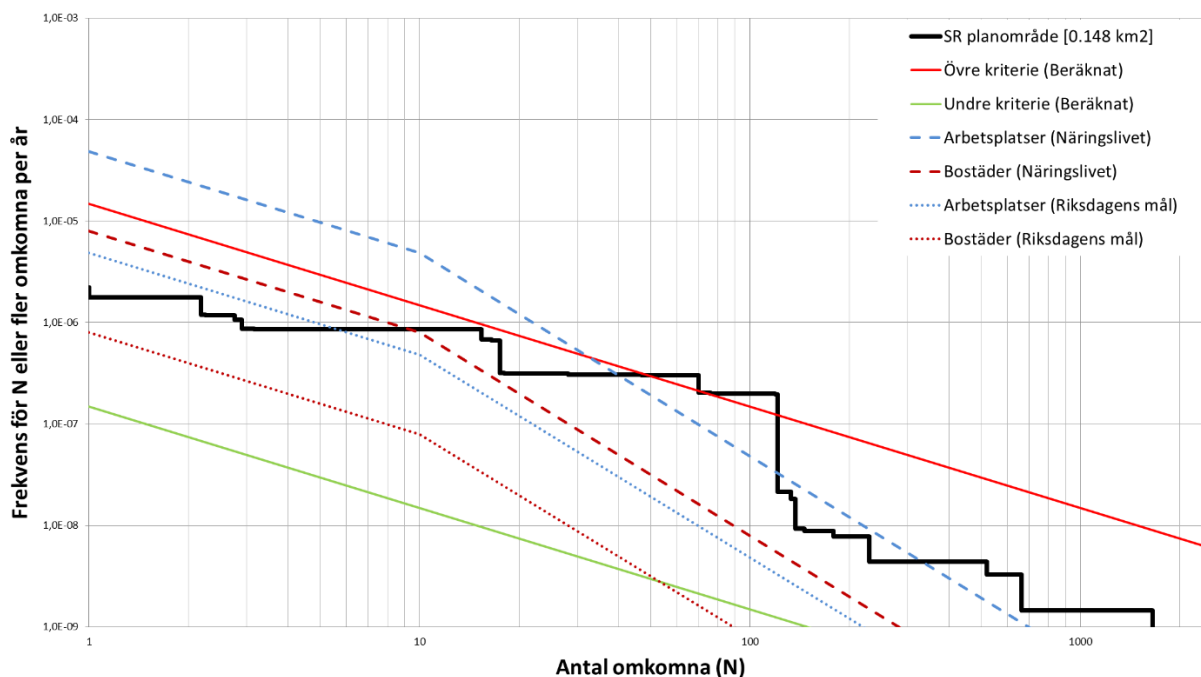
I Figur 11 illustreras individrisknivån för planområdet vid horisontår 2030. Denna individrisknivå är en sammanräkning av samtliga identifierade riskkällor tillsammans.

De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området enligt DNV:s kriterier, se avsnitt 3.4. Inom ca 40 meter, mätt från väggkant för E6 östra körbana är individrisknivån att betrakta som oacceptabel. Från ca 120 meter ligger individrisknivån i nedre delen av ALARP-området och bortom ca 190 meter är den att betrakta som acceptabel.

Närmsta bebyggelse planeras på ett avstånd av ca 30 meter från väggkant för E6 östra körbana. På detta avstånd är individrisken oacceptabel och krav på riskreduktion ställs enligt DNV:s kriterier.

Individriskmålet tar inte hänsyn till persontäthet inom området. Därför är det dessutom nödvändigt att även studera samhällsrisknivån.

5.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 12. Samhällsrisknivå för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier.

I Figur 12 illustreras samhällsrisknivån för planområdet. Risken har matchats mot ett antal olika kriterier för värdering:

<i>DNV:s kriterier</i>	Risken ligger delvis inom område som är att betrakta som oacceptabelt högt och i övrigt av övre delen av ALARP.
<i>FÖP Riksdagens mål</i>	Risken överstiger acceptabel nivå för bostäder och arbetsplatser.
<i>FÖP Näringslivet</i>	Risken överstiger acceptabel nivå för bostäder och arbetsplatser.

Baserat på de tre grupper av kriterier som utgör värderingsunderlag görs den sammantagna bedömningen att riskreducerande åtgärder krävs om planerad etablering ska kunna genomföras.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [12]. 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 såväl den beräknade individ- som samhällsrisknivån för planområdet fordrar åtgärder enligt DNV:s [10] och FÖP:s [11] värderingskriterier. De identifierade olycksscenarier som i störst grad påverkar samhällsrisknivån är explosion (ADR/RID-S klass 1 och 5), samt spridning av giftig gas (ADR/RID-S klass 2.3) eftersom dessa scenarier har långa konsekvensavstånd och potentiellt påverkar många människor. Oacceptabel individrisknivå inom ca 40 meter uppkommer främst med anledning av olyckor förknippade med bränder (ADR/RID-S-klass 2.1 och 3).

6.2 Möjliga 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. Nedan listas ett antal möjliga riskreducerande åtgärder. Resonemang förs kring åtgärdernas relevans för risksituationen.

Risknivåerna är oacceptabelt höga och det föreligger därmed ett behov av riskreduktion inom planområdet.

6.2.1 Skyddsavstånd

I FÖP [11] anges att skyddsavstånd mellan väg där farligt gods transporteras och närliggande bebyggelse (arbetsplatser) ska uppgå till minst 50 meter. Detsamma har förutsatts i den riskbedömning som tagits fram som underlag för fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång [16]. I höjd med Kallebäck är risknivån högst i dalgången, eftersom samtliga aktuella riskkällor påverkar där. Det bedöms därmed befogat att upprätthålla 50 meter bebyggelsefritt avstånd från E6 till närmsta bebyggelse. Individrisknivån har beräknats vara oacceptabelt hög inom drygt 40 meter från väkant. Vid 50 meter är individrisknivån att betrakta som acceptabel. Avstånd till bostäder och annan känslig bebyggelse (t.ex. vård och skola) bör uppgå till minst 100 meter. Om framförvarande bebyggelse kan verka som en tät skärm kan möjligen detta avstånd minskas något [16].

6.2.2 Barriär/avskärmning

En barriär i form av mur eller vall mellan godsled och planområde skulle kunna sänka risknivån. Detsamma gäller brandskyddade fasader (EI30) i riktning mot riskkällorna. Enligt samhällsriskberäkningarna ger dock denna åtgärd relativt liten riskreduktion med tanke på att explosiver och giftiga gaser bidrar mest till den höga risknivån. Barriärer har begränsad effekt avseende explosiver och förväntas behöva bli höga och skrymmande för att avskärma värmestrålning från bränder på godslederna. Rimligheten i denna åtgärd är därmed tveksam. Med skyddsavstånd om 50 meter bedöms barriär/brandskydd i fasad inte nödvändigt.

6.2.3 Disposition av planområdet

I såväl länsstyrelsens riktlinjer [1] som den riskbedömning som tagits fram som underlag för fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång [16] anges att husraden närmast E6 ska utföras med låg

utnyttjandegrad. Detta innebär att verksamheter förknippade med låga personantal skall förläggas närmst riskkällorna. Därefter kan personantalet tillåtas öka med ökande avstånd.

I det studerade exploateringsförslaget planeras husraden närmast E6 inrymma kontor med plats för ca 1600 arbetsplatser. Resultatet av samhällsrisikberäkningarna medger dock inte detta. Den störst bidragande orsaken till detta är konsekvensen vid explosioner på E6 där det förväntade antalet omkomna i husraden närmast E6 skulle bli oacceptabelt stort. I detta fall skulle inte heller skärm eller brandskyddade fasader ge tillräcklig effekt. En rimlig åtgärd bedöms istället vara att förlägga verksamheter med låg persontäthet närmst riskkällorna. Till sådana verksamheter räknas t.ex. p-hus, lager, sällanköpshandel, mindre kontor etc. vilka endast nyttjas dagtid.

Husraden närmast E6 i aktuellt exploateringsförslag planeras bli sammanhängande för att ge bakomliggande bebyggelse skydd mot såväl buller, avgaser som olyckor med farligt gods. Detta är positivt ur ett samhällsrisikperspektiv. För att ge avsedd skyddande effekt bör bakomliggande bebyggelse inte utföras högre än husraden närmast E6, vilken i sin tur bör utföras som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna. I det fall husraden närmast E6 blir lägre än bakomliggande bebyggelse kan ytterligare riskreducerande åtgärder komma att bli aktuellt för exponerade delar i bakomliggande bebyggelse. Höjd, avstånd till vägen och exponeringsgrad blir avgörande för fortsatt utredning av åtgärder.

6.2.4 Disposition av byggnader

Som nämns i avsnitt 6.2.3 är eventuella explosioner på E6 i kombination med ett stort antal önskade arbetsplatser i husraden närmast E6 starkt bidragande till den höga samhällsrisiken. En möjlig åtgärd avseende husraden närmast E6 är, som tidigare nämnts, att begränsa användningen och personantalet i denna bebyggelse. Möjligen skulle även byggnaden, beroende på konstruktion och layout, kunna ges explosionsskydd i någon form. Detta skulle kunna ske genom förstärkt konstruktion, förtätning av pelarrader etc., alternativt (eller i kombination) med buffertzoner längs byggnadens västra fasad, vilka skyddar personer i de östra delarna. Den västra delen av husraden skulle enligt ett förenklat resonemang möjligen kunna utföras som skyddszon för den östra delen. Möjlighet till och effekt av denna åtgärd bör utredas vidare tillsammans med arkitekt och konstruktör.

6.2.5 Möjlighet till utrymning

Inom planområdet ska husraden närmast E6 utformas så att utrymning bort från riskkällan medges. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymmas i skydd av husraden närmast E6.

6.2.6 Ventilationsåtgärder

Husraden närmast E6 utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida. Ventilation för övriga byggnader inom planområdet bör placeras så högt som möjligt och med friskluftsintag vända bort från riskkällan. För bostäder kan detta vara svårt att styra med tanke på öppningsbara balkongdörrar, fönster etc. Dock bör generellt ventilationen förses med nödavstängningsmöjlighet så att ventilation (samt dörrar och fönster) kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).

6.3 Sammanfattning av rekommenderade åtgärder

Riskerna behöver reduceras. Detta kan göras på olika sätt. I följande avsnitt delas rekommenderade åtgärder i två olika avsnitt där det första behandlar det aktuella exploateringsförslaget och det andra ett alternativt sätt att reducera och hantera riskerna. Nedanstående rekommenderade åtgärder bedöms vara rimliga att utgå ifrån i det fortsatta planarbetet. Notera att åtgärderna är just förslag i detta skede och att fortsatt utredning om placering, dimensionering, funktionskrav och riskreducerande effekt behöver studeras vidare.

6.3.1 Rekommenderade åtgärder gällande studerat exploateringsförslag

- Vid byggnation 30 meter från E6 behöver husraden närmast E6 förses med brandklassade fasader i obrännbara material, alternativt med framförhållande strålningsskärm i form av obrännbar mur etc. Dimensionering av strålningsskärm beror på placering i förhållande till fasad.
- Riskreduktion krävs även avseende explosioner för husraden närmast E6. Explosionsskydd i byggnadens konstruktion bör utredas vidare tillsammans med konstruktör och arkitekt. Alternativt kan tillskapande av buffertzoner inom byggnaden vara möjligt för att avskärma och skydda delar där människor vistas stadigvarande.
- Husraden närmast E6 utförs så hög och tät som möjligt i längdled längs riskkällorna. För att ge avsedd skyddande effekt bör den utföras lika hög som bakomliggande bebyggelse.
- Husraden närmast E6 utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida.
- Ventilation även för övriga byggnader inom planområdet bör så långt det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad, samt förses med nödavstängningsmöjlighet. Tanken är att ventilation kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).
- Husraden närmast E6 ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymma i skydd av husraden närmast E6.

6.3.2 Rekommenderade åtgärder vid alternativa utföranden

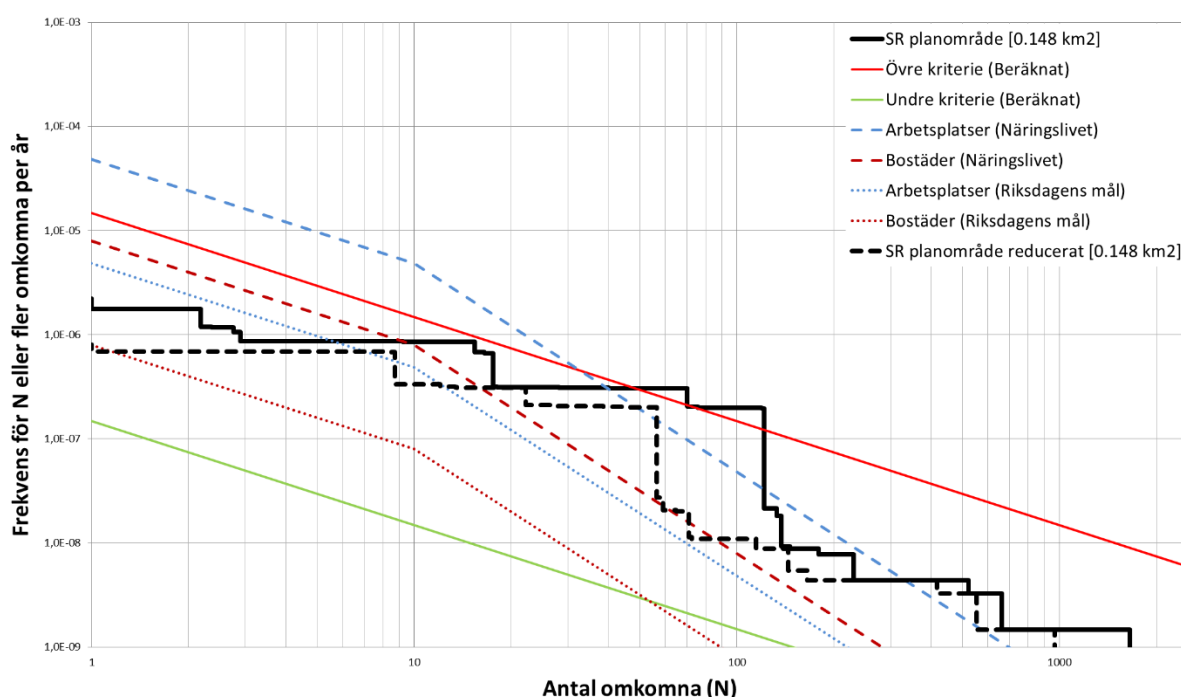
- WSP rekommenderar att en zon om minst 50 meter från E6 östra vägkant lämnas bebyggelsefri. Avstånd till bostäder och annan känslig bebyggelse (t.ex. vård och skola) bör uppgå till minst 100 meter.
- Verksamhet i husraden närmast E6 begränsas till t.ex. p-hus, lager, sällanköpshandel, småindustri och mindre kontor, vilka alla kännetecknas av låga persontätheter.
- Husraden närmast E6 utformas som en så hög och tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna. För att ge avsedd skyddande effekt bör den utföras lika hög som bakomliggande bebyggelse. I det fall detta inte kan uppnås kan ytterligare skydd för bakomliggande bebyggelse krävas.
- Husraden närmast E6 utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida.
- Ventilation även för övriga byggnader inom planområdet bör så långt det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad, samt förses med nödavstängningsmöjlighet. Tanken är att ventilation kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).
- Husraden närmast E6 ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymma i skydd av husraden närmast E6.

6.4 Uppskattad risknivå med vidtagna åtgärder

Antaganden enligt nedan har gjorts för att kunna göra en övergripande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna. 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.

- Skyddsavstånd om 50 meter till bebyggelse, alternativt brandklassade fasader/strålningskärm, bedöms eliminera konsekvensen av brandscenarioer på järnväg och väg.
- Explosionsrelaterade risker för husraden närmast E6 behöver reduceras. I Figur 13 nedan har ett fall studerats där personantal enligt exploateringsförslaget minskats med hälften (från ursprungligen uppskattade 1600 personer till 800 personer).
- Ventilationsåtgärder för bebyggelsen inom planområdet förväntas sänka andel omkomna inomhus med 90 % gällande scenarier med giftiga gaser.

Genom att implementera ovan nämnda åtgärder kan risknivån reduceras enligt Figur 13.



Figur 13. Riskreduktion givet studerade åtgärder. Heldragen svart samhällsrisksprofil utgör den ursprungligen beräknade samhällsrisken för planområdet och den streckade svarta linjen representerar risknivå efter vidtagna riskreducerande åtgärder

Den sammantagna risknivån efter vidtagna åtgärder (streckad svart linje) ligger fortfarande högt i ALARP-området. FÖP:s kriterier överskrids fortsatt. Den riskreducerande åtgärd som ger mest effekt av de föreslagna är minskat antal personer i husraden närmast E6. Ytterligare reduktion av personantalet i denna del skulle följaktligen ge ytterligare riskminskning inom planområdet.

Som förutsättning för projektet skall risker värderas gentemot både FÖP:s och DNV:s kriterier. Det har dock inte fastställts vilken ambitionsnivå som föreligger för riskreduktion. Skall samtliga kriterier understigas för att risksituationen ska kunna betraktas som acceptabel eller kan ett förhållningssätt i linje med DNV:s ALARP-definition tillämpas? Denna innebär att alla rimliga åtgärder skall vidtas för att risken ska kunna accepteras. Den innebär även att en högre risknivå möjligen kan accepteras givet att samhällsnyttan med projektet bedöms som mycket stor. Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som ska gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

Av denna anledning går det i detta skede inte att slutligt avgöra vilka åtgärder som krävs i projektet. Det rekommenderas att värderingskriterier och bedömningsgrunder för riskvärdering fastställs, att riskreduktion studeras vidare och att riskbedömningen uppdateras fortsatt under processen för att slutligen kunna leda fram till planbestämmelser.

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:

- Trafikprognoser till horisontåret 2030
- Information om flödet av farligt gods på vägar och järnvägar
- Personantal inom området
- Utformning och disposition av etableringar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadesscenario
- Förändringar av infrastrukturkorridoren väster om planområdet

De antaganden som har gjorts har generellt 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.

En stor osäkerhet föreligger avseende eventuella framtida förändringar av trafikinfrastrukturen väster om planområdet. Bland annat utreds behov av en permanent flytt av E6 uppemot 30 meter österut. I dagsläget är denna information spekulativ, men skulle det realiserats krävs en revidering av denna riskbedömning. Därmed kan möjligen en delning av planområdet vara värt att beakta. Bebyggelse i de östra delarna, längst från riskkällorna skulle kunna hanteras relativt enkelt sett ur ett riskperspektiv. Processen för de mest utsatta delarna i väster skulle kunna avvakta beslut om förändringar i transportkorridoren.

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. [17]

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 [17].

8 Slutsatser

De risker som har bedömts påverka undersökt planområde är förknippade med farligt gods-trafiken på E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan. Vid läget för planområdet är såväl individ- som samhällsrisknivån att betrakta som oacceptabel.

Riskreduktion bedöms nödvändig och kan åstadkommas genom viss omarbetning av exploateringsförslaget. Efter omarbetning behöver risknivån studeras på nytt. Nedanstående rekommenderade åtgärder bedöms vara rimliga att utgå ifrån i det fortsatta planarbetet. Notera att åtgärderna är just förslag i detta skede och att fortsatt utredning om placering, dimensionering, funktionskrav och riskreducerande effekt behöver studeras vidare.

De föreslagna åtgärderna är:

- WSP rekommenderar att en zon om minst 50 meter från E6 östra vägkant lämnas bebyggelsefri. Avstånd till bostäder och annan känslig bebyggelse (t.ex. vård och skola) bör uppgå till minst 100 meter.
 - Alternativ avseende studerat exploateringsförslag: Husraden närmast E6 förses med brandklassade fasader i obrännbara material, alternativt med framförliggande strålningsskärm i form av obrännbar mur etc.
- Verksamhet i husraden närmast E6 begränsas till t.ex. p-hus, lager, sällanköpshandel, småindustri och mindre kontor, vilka alla kännetecknas av låga persontätheter. Denna bebyggelse utgör i sig buffertzoner för bakomliggande och mer persontät bebyggelse.
 - Alternativ avseende studerat exploateringsförslag: Husraden närmast E6 förses med explosionsskydd i byggnadens konstruktion. Alternativt kan tillskapande av buffertzoner inom byggnaden vara möjligt för att avskärma och skydda delar där människor vistas stadigvarande.
- Husraden närmast E6 utförs så hög och tät som möjligt i längdled längs riskkällorna. För att ge avsedd skyddande effekt bör den utföras lika hög som bakomliggande bebyggelse.
- Husraden närmast E6 utförs med täta fasader och förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida.
- Ventilation även för övriga byggnader inom planområdet bör så långt det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad, samt förses med nödavstängningsmöjlighet. Tanken är att ventilation kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).
- Husraden närmast E6 ges vidare utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällorna. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymma i skydd av husraden närmast E6.

Utifrån beräkningarna görs bedömningen att implementering av föreslagna åtgärder möjligen kan medföra en risknivå som kan accepteras förutsatt att alla rimliga åtgärder anses ha vidtagits, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor.

Det rekommenderas att värderingskriterier och bedömningsgrunder för riskvärdering fastställs för projektet, att behov av och utformning av riskreduktion studeras vidare och att riskbedömningen uppdateras under processen för att slutligen kunna leda fram till planbestämmelser.

Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [18] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [19] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det första/ andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

A.1. Statistiskt underlag och prognoser – väg

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

A.2. Trafikprognoser

A.2.1 E6

Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, fordon/årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 87100 fordon/dygn på E6/E20 förbi planområdet [2].

A.2.2 Andel tung trafik

Utav den totala trafiken förutsätts ca 10 % utgöras av tung trafik [20].

A.2.3 Andel farligt gods

Av den tunga trafiken förutsätts ca 2,5 % utgöras av transporter med farligt gods [20].

A.2.4 Indata i beräkningsmodellen

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

Tabell 2. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.

	E6
ÅDT [fordon per dygn]	87100
Hastighetsgräns [km/h]	80
Antal fordon med FG	174,2
Olyckskvot	0,7
Andel singelolyckor	0,35
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,07
Förväntat tids spann mellan FG olycka [år]	13,6

A.2.5 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 transporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton [21].

Tabell 3 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2010, vilket anses representera den undersökta vägsträckan år 2030 [21] och [22].

Tabell 3. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräknings-modellen samt fördelning mellan ADR-S klasser för respektive alternativ.

	E6
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	174,2
ADR-S klass	
1	2,32%
2.1	11,87%
2.3	0,08%
3	72,74%
5	3,48%
Övriga	9,51%

A.2.6 Metodik för frekvensberäkningar

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

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

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [13]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

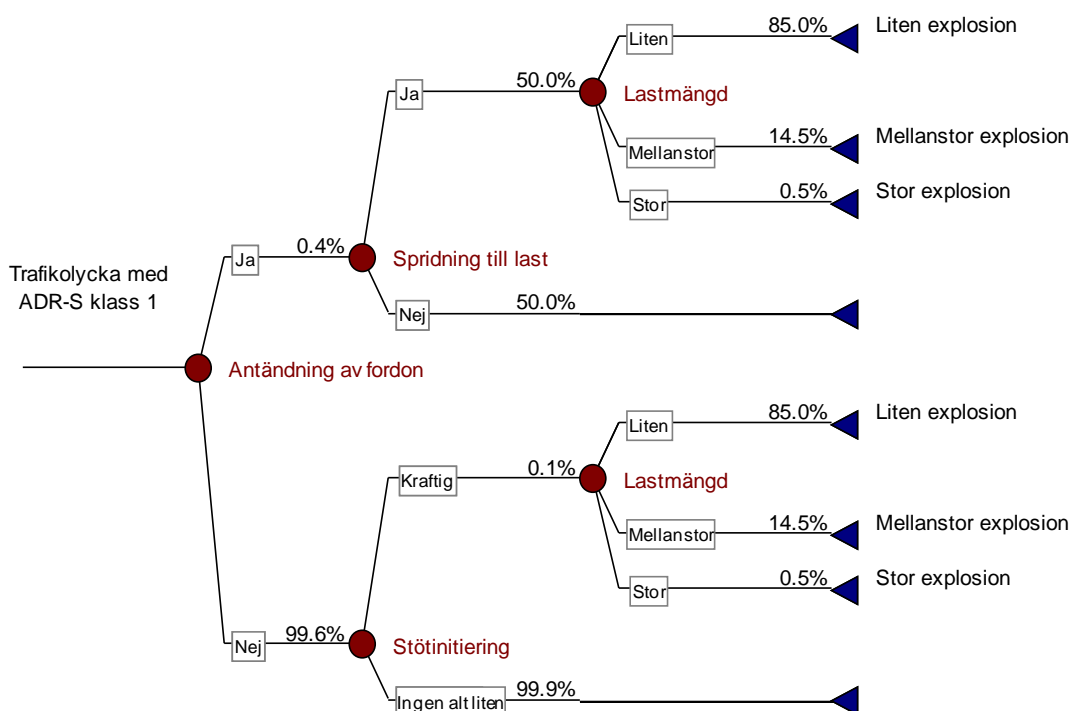
A.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [23] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

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

A.3.2 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 14 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 14. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

A.3.2.1. Antändning av fordon

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

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på ca 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [24]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna ca 0,4 % [25] [26].

A.3.2.2. Brandspridning till lasten

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

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [27], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor.

Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [11], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

A.3.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [28]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [29] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

A.3.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [30] [31].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [32] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [33]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens [34] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell 4 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 4. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

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

A.4. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [13]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till ca 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

A.4.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [35]. Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg [11].

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

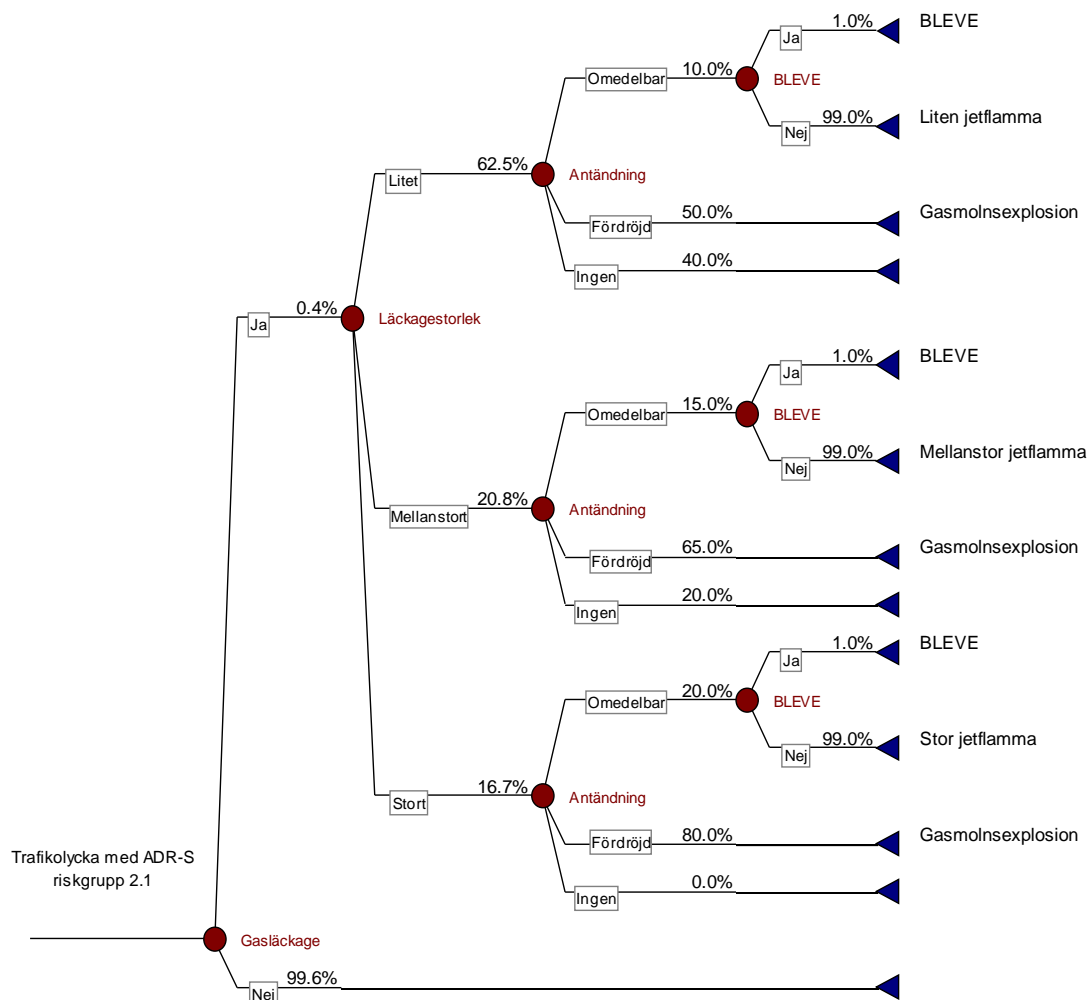
A.4.1.1. Representativt ämne

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

A.4.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

¹ Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.



Figur 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

A.4.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [36]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [18], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

A.4.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [18] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [18].

A.4.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning

och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [37], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

A.4.2.4. BLEVE

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

A.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

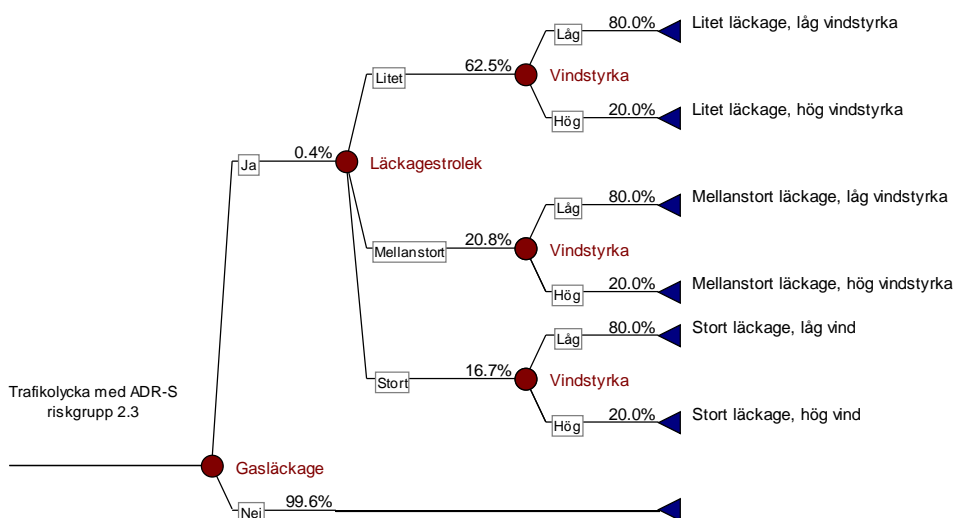
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

A.4.3.1. Representativt ämne

Valet av representativ giftig gas som beaktas vidare i analysen baseras på IDLH-värdet (Immediately Dangerous to Life and Health), vilket avser den koncentration som vid exponering innebär omedelbar fara för människors liv eller som ger upphov till irreversibla skador. Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, så fortsättningsvis beaktas konsekvenser av en olycka med svaveldioxid.

A.4.4 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 16. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

A.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [18]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [36]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [18], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

A.4.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [18].

A.4.4.3. Vindstyrka

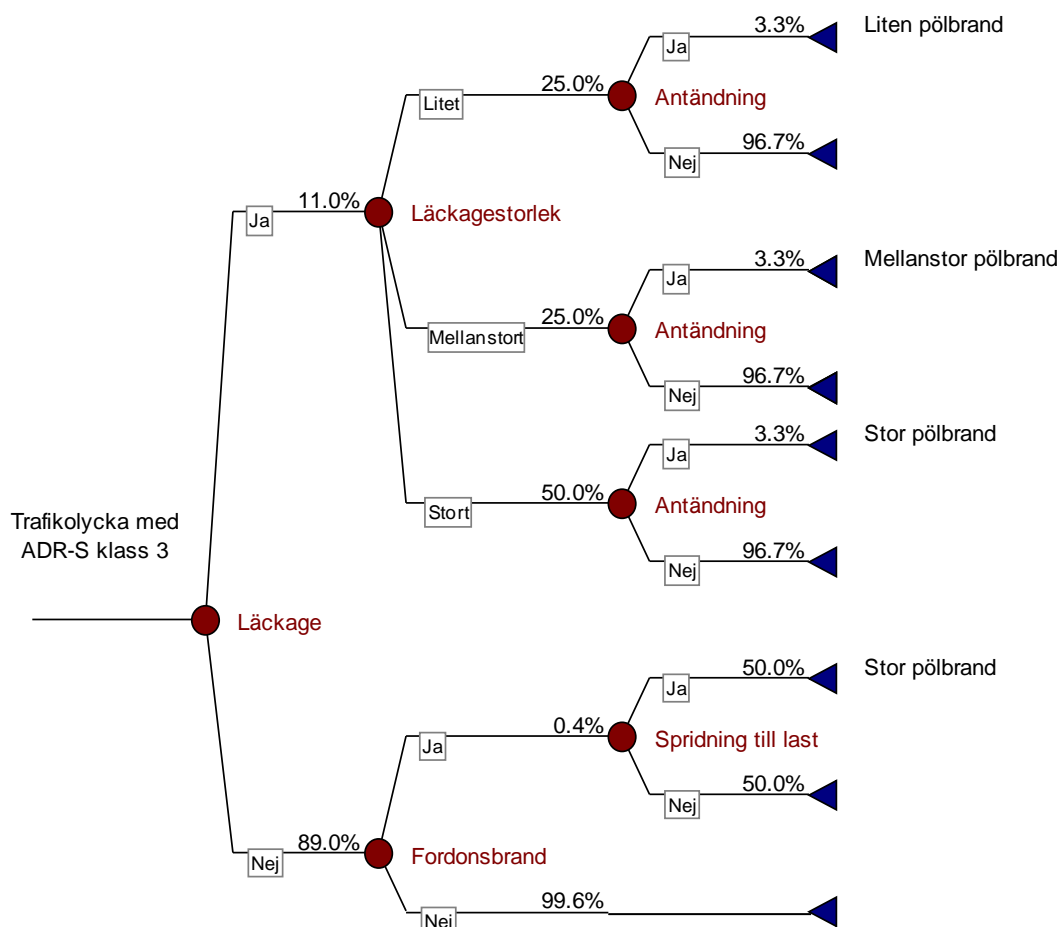
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [38]. Vindhastighet över 4 m/s betecknas i denna analys som hög och vindhastighet lägre än 4 m/s betecknas som låg. Utifrån detta antas sannolikheten för hög respektive låg vindhastighet vara 20 % respektive 80 %.

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

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

A.5.1 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

A.5.1.1. Läckage

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

A.5.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [39] [40]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [18]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

A.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [41]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [29].

A.5.1.4. Fordonsbrand

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

A.6. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

A.6.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [13].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckupbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [42]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [43] och FOI [44] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensen, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [45].

A.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

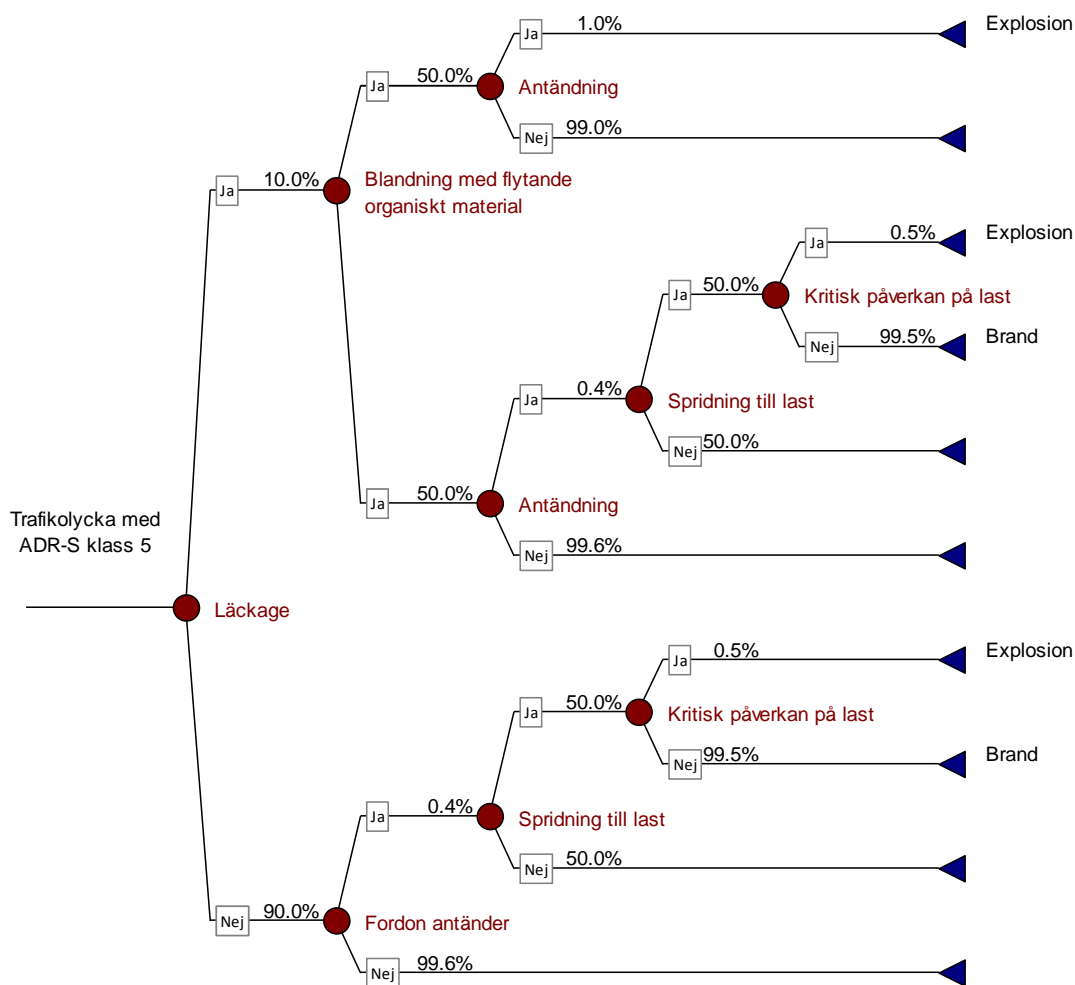
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [35]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

A.6.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter [46], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

A.6.2.2. Händelsesträd med sannolikheter

Figur 18 redovisar ett händelsesträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

A.6.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [47]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

A.6.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitrat. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

A.6.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

A.6.2.6. Antändning av oblandat gods

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

A.6.2.7. Antändning av fordon vid olycka

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

A.6.2.8. Brandspridning till lasten

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

A.6.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [43]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [42]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på ca 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

A.7. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga B).

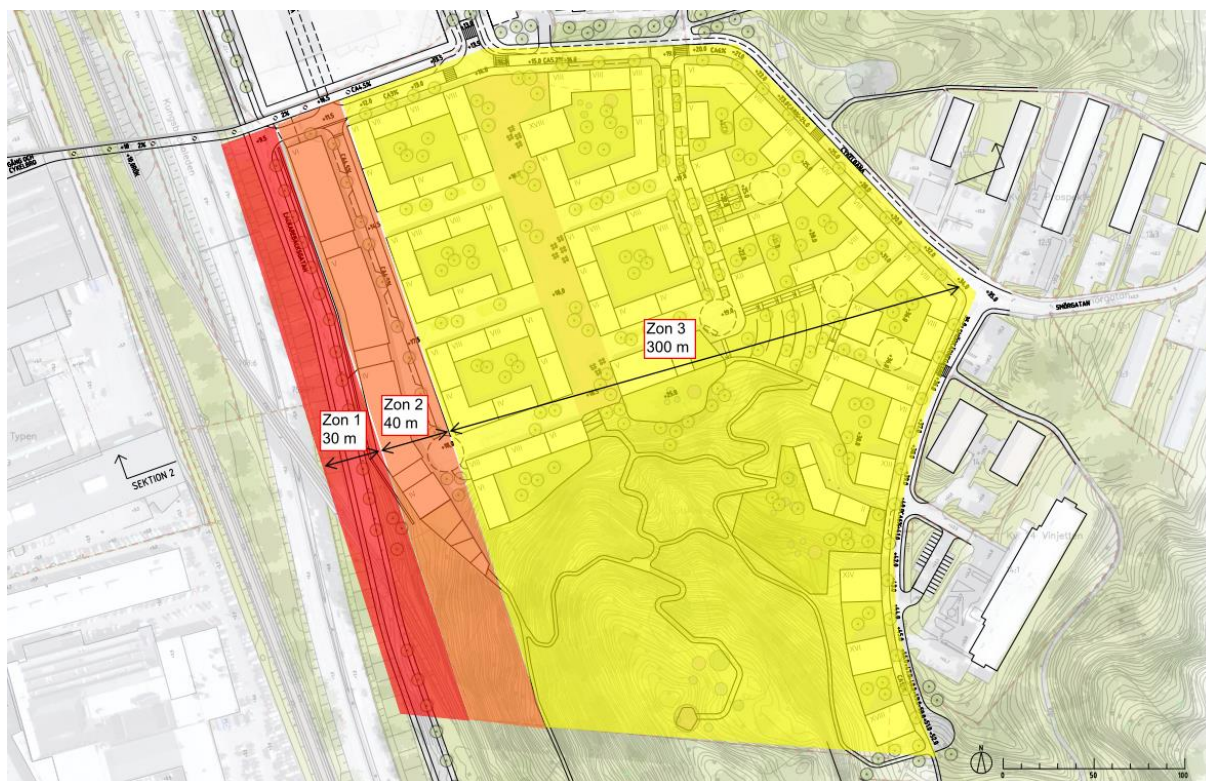
Bilaga B. Konsekvensuppskattningar – väg

Tabell 5 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i B.3. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell 5. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

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

B.1. Persontäthet



Figur 19. Schematisk zonindelning som underlag för beräkningar.

I planområdet planeras totalt ca 3000 bostäder och ca 2000 arbetsplatser inom en total area om ca 113 000 m² [48]. För beräkningarnas skull har en schematisk zonindelning gjorts enligt Figur 19 ovan. Personer fördelas över området enligt följande:

Tabell 6. Schematisk zonindelning och befolkningstäthet inom planområdet.

	Zon 1	Zon 2	Zon 3
Zonens djup	30 m	40 m	300 m
Nyttjande	Bebyggelsefritt	Arbetsplatser	Arbetsplatser Bostäder
Yta	Utanför planområdets gräns	18000 m ²	95000 m ²
Befolkning	0	1600 arbetsplatser	3000 boende 400 arbetsplatser
Persontäthet	0	89000 personer/km ²	36000 personer/km ²
Andel inomhus dag	-	99%	90%
Andel inomhus natt	-	99%	99%

Det gör stor skillnad om personer förväntas vistas inomhus eller utomhus då en olycka sker. Personer inomhus erhåller en viss skyddsgrad relativt personer utomhus. Förhållandena gällande befolkningens mängd för dagtid antas gälla under 1/3 av dygnet, medan nattetid antas råda 2/3 av dygnet.

B.2. Antagande om olyckans placering

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

B.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [49].

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 [50]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

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

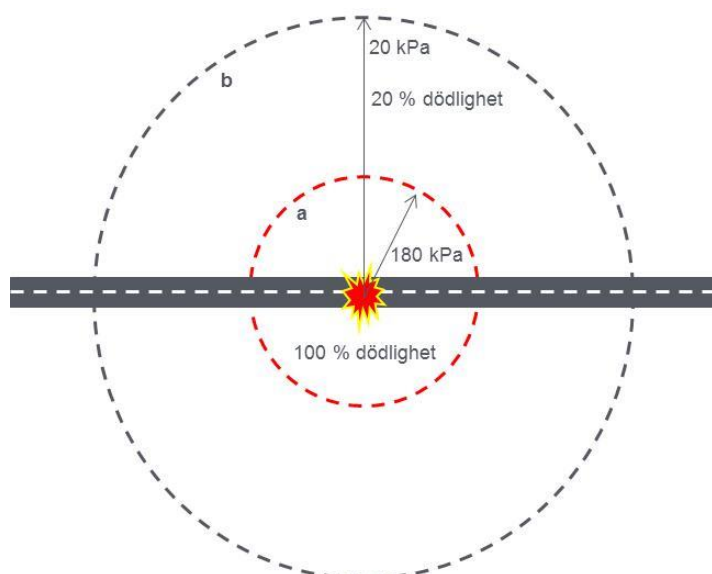
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

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

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [51] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 7. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 7. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvfärisk utbredning av luftstötstågen.

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



Figur 20. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

B.4. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

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

B.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* [52] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [21], för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 8. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

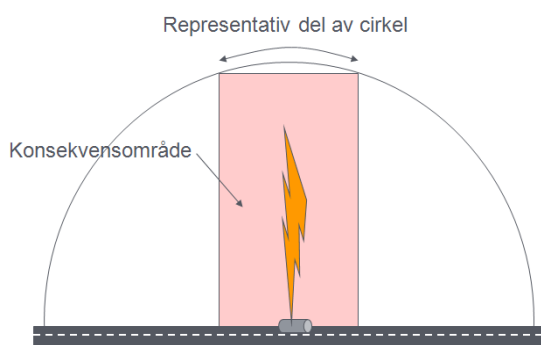
B.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [50]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

B.4.1.2. Jetflamma

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

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [50], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [53] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 21.



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

B.4.1.3. Gasmolnsexplosion

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

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

Programvaran Spridning Luft [52] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

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

B.4.2 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell 9. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

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

B.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [52]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1m), stabilitetsklass B.

För låg vindstyrka används vindhastigheten 2 m/s och för hög vindstyrka 6 m/s. Konsekvensområdet approximeras sedan med en cirkelsektor enligt Figur 21, och resultaten redovisas i Tabell 10.

Tabell 10. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

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

B.5. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (ca 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [11] [54].

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

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [11]. I Tabell 11 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 11. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

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

B.6. ADR-S klass 5

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

B.6.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [45]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

B.6.2 Brand

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

B.7. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

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

I Tabell 12 nedan ges en sammanställning av identifierade olycksscenarioer med tillhörande konsekvensområden på vägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Tabell 12. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.

ADR-S Klass	Index	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Skyddsgrad inomhus		Skyddsgrad utomhus	
				Zon 2	Zon 3	Zon 2	Zon 3
1	1a	Liten explosion	13	67%	98%	33%	50%
	1b		41	67%	98%	33%	50%
	2a	Mellanstor explosion	28	33%	67%	33%	50%
	2b		88	33%	67%	33%	50%
	3a	Stor explosion	61	33%	67%	33%	50%
	3b		193	33%	67%	33%	50%
2.1	1	BLEVE	170	90%	98%	90%	90%
	2	Liten jetflamma	5	99%	100%	90%	90%
	3	Gasmolnsexplosion	42	98%	99%	67%	67%
	4	Mellanstor jetflamma	17	99%	100%	90%	90%
	5	Stor jetflamma	73	98%	100%	90%	90%
2.3	1	Litet läckage låg vindstyrka	27	90%	90%	0%	50%
	2	Litet läckage hög vindstyrka	29	90%	90%	0%	50%
	3	Mellanstort läckage låg vindstyrka	88	90%	90%	0%	50%
	4	Mellanstort läckage hög vindstyrka	96	90%	90%	0%	50%
	5	Stort läckage låg vindstyrka	458	90%	90%	0%	50%
	6	Stort läckage hög vindstyrka	461	90%	90%	0%	50%
3	1	Liten pölbrand	12	99%	100%	99%	100%
	2	Mellanstor pölbrand	21	99%	100%	99%	100%
	3	Stor pölbrand	27	99%	100%	99%	100%
5	1a	Explosion	39	33%	67%	33%	50%
	1b		123	33%	67%	33%	50%
	2	Brand	27	99%	100%	99%	100%

Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [9]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

C.1. Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/dygn) är för horisontår 2030 ca [2]:
 - Västkustbanan: 230 persontåg och 60 godståg.
 - Kust till kustbanan: 76 persontåg och 10 godståg.
 - Götalandsbanan: 180 persontåg och inga godståg innehållande farligt gods.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år) baseras på ovanstående antal samt genomsnittliga prognoser om tåglängder år 2030 [2] och ger:
 - Västkustbanan: 808 000.
 - Kust till kustbanan: 260 000.
 - Götalandsbanan: 454 000.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st [11].
- Inga plankorsningar eller växlar antas förekomma på den studerade sträckan.

C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 13 [55]:

Tabell 13. 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

C.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 [55] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

C.1.3 Plankorsningsolyckor

Längs planområdet finns inga plankorsningar.

C.1.4 Växling och rangering

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

C.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

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

Med denna formel beräknas urspårningsfrekvens för godståg till följande för de olika banorna:

- Väst kustbanan: 6,6E-03.
- Kust till kustbanan: 1,6E-03.
- Götalandsbanan: 0 (banan kommer inte upplåtas för godståg).

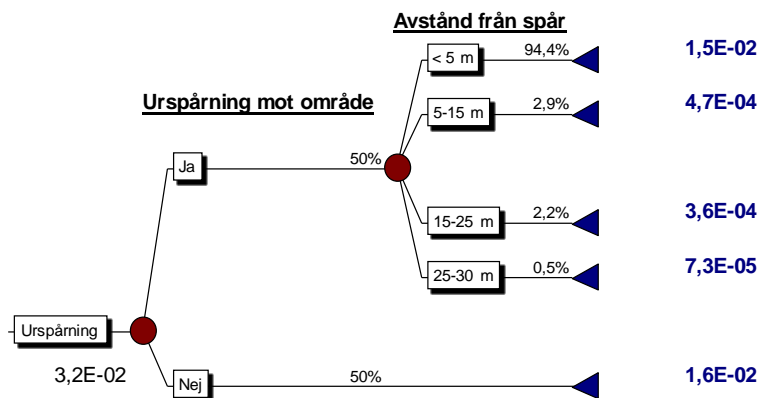
C.1.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar

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 14 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning [56] [55] på Väst kustbanan. För övriga banor görs motsvarande beräkningar.

Tabell 14. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,04%	18,35%	2,92%	2,24%	0,45%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten [57]. Enligt Tabell 14 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta för Västkustbanan presenteras i Figur 22. För övriga banor görs motsvarande beräkningar.



Figur 22 etråd med sannolikheter för urspårningar.

C.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

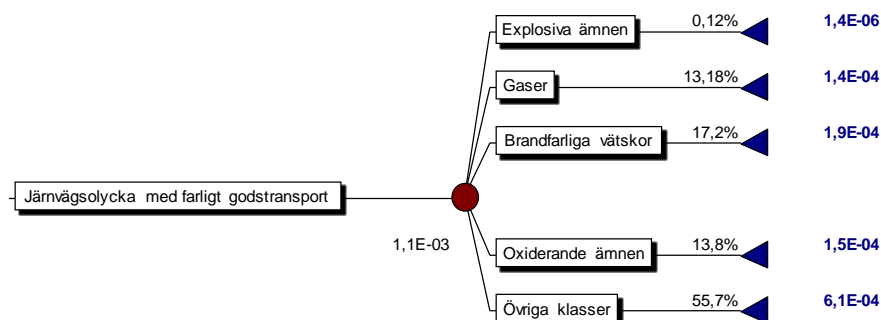
Frekvensen för en olycka med godståg har beräknats i avsnitt C.1.5. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [58]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar [59]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är 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 följande:

- Västkustbanan: 1,1E-03.
- Kust till kustbanan: 2,7E-04.
- Götalandsbanan: 0 (banan kommer inte upplåtas för godståg/farligt gods).

I händelseträdet, se Figur 23, redovisas Västkustbanans frekvens för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass [56]. Uppgifterna om förekommande mängder avseende farligt gods är konfidentiella och därför redovisas endast fördelningar (av antal vagnar) med olika farligt gods-klasser enligt figuren. För Kust till kustbanan görs motsvarande beräkningar, men på denna bana förekommer inte RID-S-klass 1 eller 2 [56].



Figur 23. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

C.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

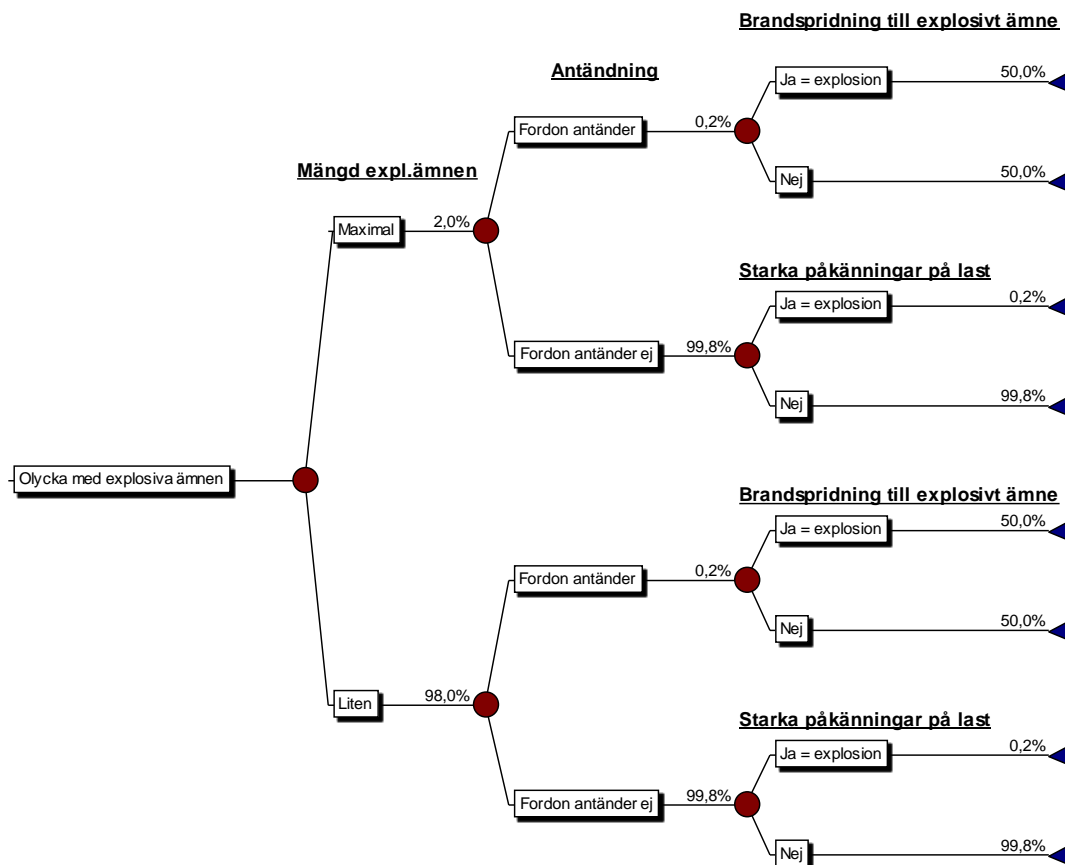
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods [60]. Denna siffra gäller för Sverige 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 [61].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör ca 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 [25] [26]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [62].

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 [28]. 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 [29] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 24 redovisas möjliga scenarier.



Figur 24. Händelseträd för farligt gods-olycka med explosiver i lasten.

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [63], antas 73 % av transportererna 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 tryckcondenserade 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 [55]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

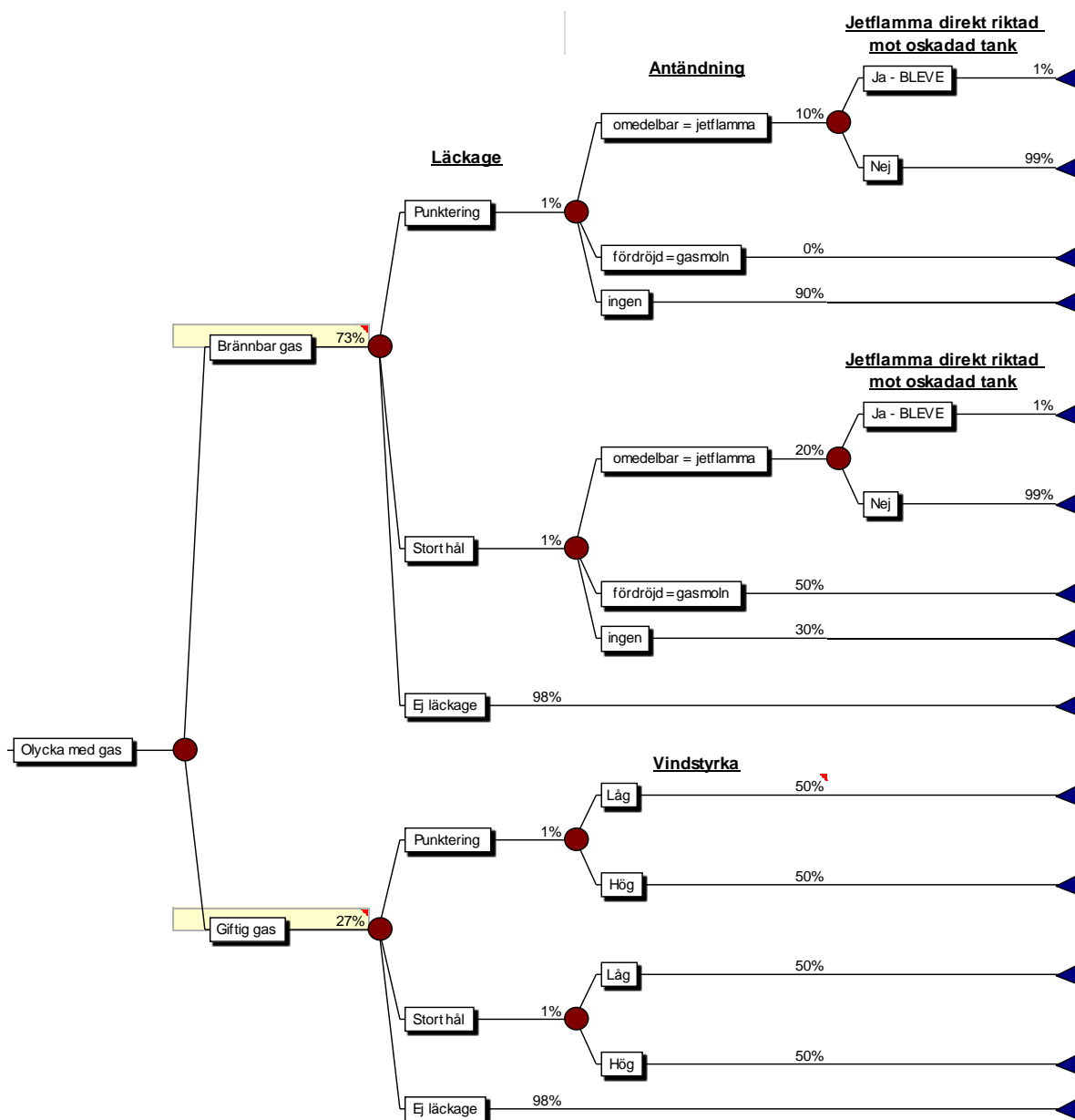
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor 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 [64] för:

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

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [64]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

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

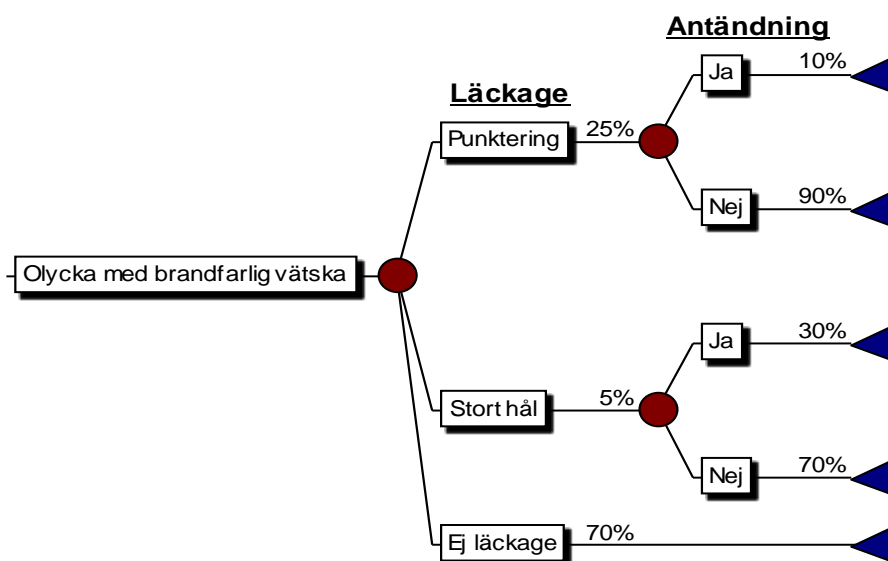


Figur 25. Händelseträ för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [55]. 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 % [55]. I Figur 26 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 26. Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

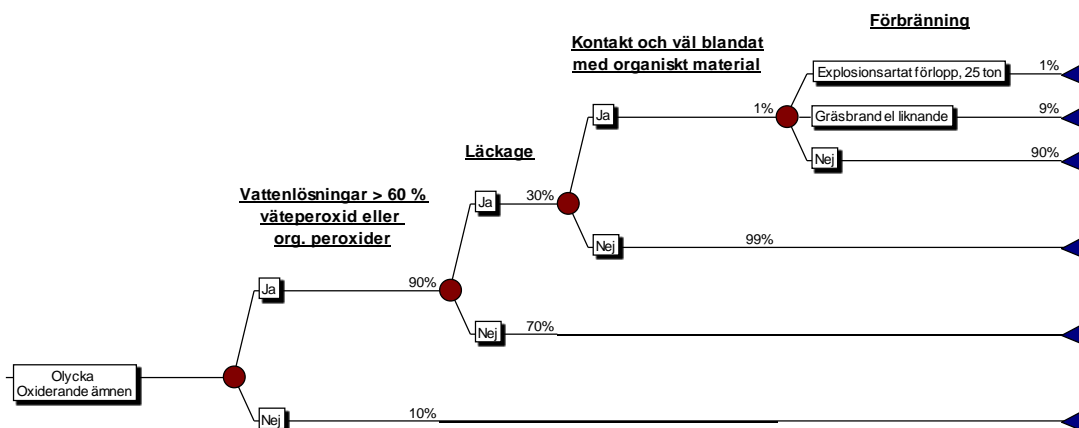
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensen, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända.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

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

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

Transportstatistik [60] anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt C.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [62]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 27 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



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

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

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

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

Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – järnväg

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

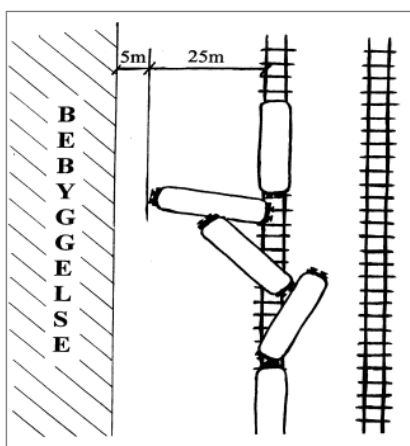
Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

D.1. Persontäthet

För antaganden avseende persontäthet inom planområdet hänvisas till avsnitt B.1.

D.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, ca 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur 28. [65]. Risk förenad med urspårning är obefintlig för planområdet givet avståndet till järnväg.



Figur 28. Urspårningsolycka på järnväg.

D.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

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

D.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna

kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) [66].

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 [67]. 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 ca 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [11].

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 [11] anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

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

D.3.2.1. Brännbar gas

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 ca 40 ton [68].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [69]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [70], 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
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg

- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 15 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 15. 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 Gasmoln	18 meter 18 meter
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	91 meter 21 meter

D.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* [71] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig utomhus. Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^2) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [71]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [71].

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

² Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Tabell 16.

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 16. 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

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (ca 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [69].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank ca 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.

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 [72].

I Tabell 17 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 17. Skadedrabat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensen (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensen (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.

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

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

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [11], se vidare avsnitt D.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 D.3.3.

Tabell 18. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

D.4. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

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

I Tabell 19 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Tabell 19. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Skyddsgrad inomhus		Skyddsgrad utomhus	
			Zon 2	Zon 3	Zon 2	Zon 3
	Urspårning < 5 m,	5	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 5-15	15	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 15-25	25	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 25-30	30	0%	0%	0%	0%
1	Explosiva ämnen, 25 ton	250	33%	67%	33%	50%
	Explosiva ämnen, 100 kg	25	67%	98%	33%	50%
2.1	BLEVE	200	90%	98%	90%	90%
	Jetflamma, punktering	18	99%	100%	90%	90%
	Gasmoln, punktering	18	98%	99%	67%	67%
	Jetflamma, stort hål	92	98%	100%	90%	90%
	Gasmoln, stort hål	21	98%	99%	67%	67%
2.3	Punktering giftig gas, svag vind 2 m/s	38	90%	90%	0%	50%
	Punktering giftig gas, stark vind 8 m/s	34	90%	90%	0%	50%
	Stort hål giftig gas, svag vind 2 m/s	755	90%	90%	0%	50%
	Stort hål giftig gas, stark vind 8 m/s	880	90%	90%	0%	50%
3	Liten pölbrand	22	99%	100%	99%	100%
	Stor pölbrand	40	99%	100%	99%	100%
5	Explosion oxiderande ämnen, 25 ton	250	33%	67%	33%	50%
	Gräsbrand oxiderande ämnen	40	99%	100%	99%	100%

Bilaga E. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] ÅF, ”Trafikbullenutredning Kallebäck 3:3,” 2015-03-09.
- [3] Banverket, ”Almedal - Mölnlycke, En del av Götalandsbanan, Förstudie, Slutrapport,” mars 2010.
- [4] A. Hellervik, Interviewee, *Trafikverket*. [Intervju]. 2013-09-17.
- [5] R. Bo Asplind, *e-post*, 2016-02-16.
- [6] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [7] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [8] F. Nystedt, *Risikanalytiska metoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [9] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.
- [10] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [11] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [12] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [13] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [14] Statens Räddningsverk, *Förvaring av explosiva varor, handbok.*, 2006.
- [15] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg,” 1994.
- [16] WSP, ”Detaljerad riskbedömning - Transport av farligt gods på väg och järnväg - Mölndalsåns dalgång i Göteborg och Mölndal,” 2015-04-01.
- [17] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [18] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [19] VTI, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [20] T. W. S. Henki Refsnes, *Muntligen*, 2013-09-11.
- [21] TRAFKA, Trafikanalys, 2010.
- [22] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
- [23] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [24] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [25] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [26] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [27] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [28] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [29] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [30] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.

- [31] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [32] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [33] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [34] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [35] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [36] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [37] G. Purdy, ”Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [38] H. Alexandersson, Norrköping: Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
- [39] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [40] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [41] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [42] G. Marlair och Kordek, M-A, ”Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers,” *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [43] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [44] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [45] R. Forsén, FOI, 2009.
- [46] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [47] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [48] N. A. Sofia Westerlund, ”e-post,” 2016-02-23.
- [49] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [50] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [51] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [52] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [53] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [54] BBR, Boverket, 2006.
- [55] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.
- [56] F. Boke, *Statistik för Hamnbanan år 2014 och prognos för 2030*, 2015-05-05.
- [57] Banverket och Räddningsverket, ”Säkra järnvägstransporter av farligt gods,” 2004.
- [58] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2,” 1994.
- [59] Trafikverket, ”Järnvägsplan - Riskutredning - Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen,” 2014-02-17.
- [60] Trafik analys - TRAFKA, ”Bantrafik 2010, Statistik 2011:24,” 2011.
- [61] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [62] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, ”Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.”, 1997.
- [63] MSB, ”Trafikflödet på järnväg – 2006.”, 2013-08-09.
- [64] G. Purdy, ”Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail,” *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.

- [65] Länsstyrelsen Stockholms län, ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer,” 2000.
- [66] Stefan Lamnevik AB, ”Verkan av explosioner i det fria,” 2010.
- [67] Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., ”Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker,” Tumba, 1997.
- [68] Svenska gasföreningen, ”Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter,” 2004.
- [69] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4,” 1994.
- [70] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, ”Datorprogrammet Gasol”.
- [71] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [72] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, ”Brandskyddshandboken, Rapport 3161,” Lund, 2012.
- [73] Trafikkontoret Göteborgs stad, ”www.goteborg.se,” 2016-02-28. [Online].
- [74] P. Stenerås, Interviewee, *Trafikverket*. [Intervju]. 2014-11-20.
- [75] A. Hellervik, Interviewee, *Trafikverket*. [Intervju]. 2014-11-19.

WSP Sverige AB

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00 00

Fax: +46 10 722 74 20

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

