



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Riskbedömning för detaljplan

Blandstad för stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m.fl.

Masthugget, Göteborgs Stad

2015-06-17

Konceptrapport

Uppdragsgivare

Per Osvalds
Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad
Box 2554
403 17 Göteborg

per.osvalds@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			
Datum	2015-06-23			
Uppdragsledare	Fredrik Larsson			
Signatur				
Granskare	Johan Lundin			
Signatur				
Uppdragsnummer	10213716			

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg arbetar med en ny detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av en blandstad med total BTA på cirka 210000 m², varav ca 1000 bostäder och 135000 m² handel, kontor och verksamheter.

WSP har fått i uppdrag att upprätta en riskbedömning med syfte att uppfylla kraven i Plan och bygglagen gällande att bebyggelse och byggnadsverk skall lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet, bland annat avseende människors hälsa och säkerhet.

De risker som har identifierats är förknippade med transporter av farligt gods, påsegling från älvtrafiken, hantering av brandfarlig vara inom Rosenlundsverket samt brandscenarion i Götatunneln. Resultatet av riskuppskattningen påvisar behov av riskreducerande åtgärder för planområdet.

WSP bedömer föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring funktionskrav, dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna verifiera om den riskreducerande effekten är tillräcklig. De föreslagna åtgärderna är:

- För att utreda huruvida älvtrafiken kan komma att störas av föreslagen detaljplan bör en separat maritim riskbedömning utföras avseende den nya kaj som byggs ut i Göta älv. Samråd rekommenderas också med berörda instanser såsom Sjöfartsverket, Länsstyrelsen, Transportstyrelsen, Kustbevakningen, Räddningstjänsten och Sjöpolisen i frågan.
- Uppför påseglingsskydd i form av grund etc utanför den kaj som byggs ut i Göta älv i planområdets nordvästra del. Dimensionering och placering av påseglingsskyddet bör studeras i detalj i samband med en separat maritim riskbedömning.
- Det befintliga avståndet över Rosenlundskanalen, på drygt 40 meter från Rosenlundsverkets fasadgräns bedöms vara ett tillräckligt långt skyddsavstånd.
- I de kvarter som planeras direkt väster om Rosenlundskanalen bör svårutrymd verksamhet som förskolor, vårdinrättningar, hotell och restauranger m.m. undvikas. I dessa kvarter bör inte heller entréer lokaliseras mot Rosenlundsverket.
- Göteborg Energi och Älvstranden Utveckling AB ("kommunen") bör upprätta ett avtal som förtydligar vad som gäller om turbinerna inom Rosenlundsverket skall startas igen. Avtalet skall beskriva vilken riskanalys som skall genomföras och vem som skall finansiera nödvändiga åtgärder.
- Det rekommenderas att särskilda riskanalyser genomförs vid konstruktion av planerad byggnad ovan Götatunnelns tak. Brandpåverkan, explosioner och påkörning av bärande element i tunneln bör studeras i detalj avseende t.ex. lastnedtagning för ny bebyggelse.
- Områden i anslutning till tunnelmynningar bör inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- I det fall skyddsavstånd mellan Götatunnelns tunnelmynningar och byggnation inte kan/önskas upprätthållas bör fasader i planerad byggnation ovan tunnelmynningar utföras i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fasader ovan tunnelmynningar utförs täta för att minska risk för inläckage av toxiska brandgaser (fönster, balkonger eller tilluftsintag bör ej placeras i dessa fasader). Friskluftsintag bör placeras högt och på oexponerad sida från mynning räknat.
- Det förutsätts att brandrisker i tunneln beaktas i den riskbedömning som tas fram avseende linbanans kommande placering.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka risknivån inom planområdet till acceptabla nivåer. Verifiering av detta behöver dock ske i kommande skeden.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Styrande dokument.....	5
1.5	Underlagsmaterial.....	6
1.6	Revidering	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	E45/Oscarsleden	16
4.2	Göta älv	17
4.3	Rosenlundsverket.....	18
4.4	Götatunnelns mynning.....	19
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	20
5.1	E45/Oscarsleden	20
5.2	Göta älv	22
5.3	Rosenlundsverket.....	24
5.4	Götatunnelns mynning.....	26
6	Riskreducerande åtgärder.....	28
6.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	28
6.2	Förslag till riskreducerande åtgärder	28
7	Diskussion och osäkerheter	31
8	Slutsatser	32
	Bilaga A. Statistiskt underlag	33
	Bilaga B. Frekvensberäkningar	35
	Bilaga C. Konsekvensberäkningar	45
	Bilaga D. Referenser.....	52

1 Inledning

WSP har av Stadsbyggnadskontoret i Göteborg fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget i Göteborgs kommun. 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

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg arbetar med en ny detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. Planområdet är beläget i stadsdelen Masthugget och är cirka 750 meter långt och mellan 150 till 300 meter brett. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av en blandstad med total BTA på cirka 210000 m², varav ca 1000 bostäder och 135000 m² handel, kontor och verksamheter. WSP har fått i uppdrag att upprätta en riskbedömning med avseende på riskpåverkan från bl.a. transport av farligt gods på väg och älven samt från Rosenlundsverket.

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led (1). Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet, bland annat avseende människors hälsa och säkerhet. Med anledning av dessa krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla kraven i PBL gällande människors hälsa och säkerhet. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till aktuella riskkällor.

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 E45/Oscarsleden och Göta älv, påsegling av fartyg, närhet till Götatunnelns västra tunnelmynning och närhet till Rosenlundsverket. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser/emissioner eller buller har inte beaktats.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras. Vad gäller föreslagna åtgärder bör det poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring funktionskrav, dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna bedöma om den riskreducerande effekten är tillräcklig.

1.4 Styrande dokument

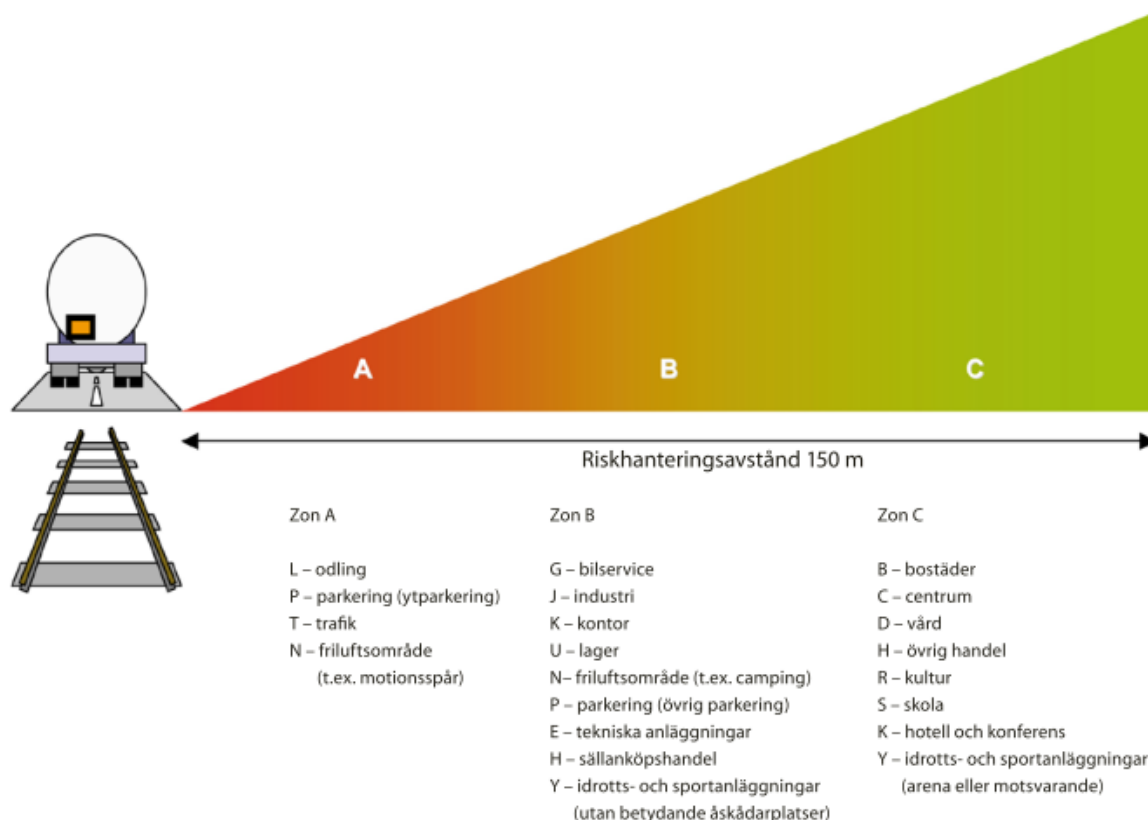
Plan- och bygglagen (2010:900) anger följande:

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:

- Planbeskrivning, Detaljplan för Järnvågsgatan m.fl., Samrådshandling, juni 2015, Göteborgs Stad.
- Offertförfrågan, Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2015-05-07, Diarienummer 1108/15.
- Riktlinjer för riskbedömningar (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2004).
- Riskhantering i detaljplaneprocessen (Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, 2006).
- Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport (Räddningsverket/Boverket, 2006).

1.6 Revidering

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

1.7 Internkontroll

Rapporten är utförd av Fredrik Larsson (Brandingenjör och 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 har varit Johan Lundin (Brandingenjör och Tekn. Dr.).

2 Områdesbeskrivning

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

2.1 Planområde

En ny detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget är under framtagande, Figur 2. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av en blandstad med total BTA på cirka 210000 m², varav ca 1000 bostäder och 135000 m² handel, kontor och verksamheter.

Planområdet är cirka 750 meter långt och mellan 150 till 300 meter brett. Planområdet avgränsas i söder av Första Långgatan, i väster av Sänkverksgatan, i norr av Oscarsleden och Göta älv, samt i öster av Rosenlundskanalen och Järntorgsgatan. Området är en del av Älvstaden. Planområdet omfattar ca 14 hektar mark och 2 hektar vatten samt ägs av Göteborgs stad och enskilda fastighetsägare.



Figur 2. Planområdet och dess omgivningar.

Norr om Järnvågen byggs en halvö ut i älven för att utöka den byggbara marken och här samlas även de högsta byggnaderna runt en ny park ovanpå Götatunneln. De högsta husen medges till 27 våningar. I övrigt varierar höjderna över hela Masthuggskajen från en bas på mellan sex till sju våningar kombinerat med högpunkter på mellan 13 till 18 våningar.

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som omgärdar planområdet. En sammanfattande bild återges i Figur 3 nedan.



Figur 3. Planområdet och dess kringliggande infrastruktur.

2.2.1 E45/Oscarsleden

Oscarsleden är en planskild fyrfältsväg som utgör del av E45. Aktuellt avsnitt angränsande till planområdet utgör inte utpekad transportled för farligt gods. Vägen ansluter i öster till Götatunneln, som tillhör tunnelkategori E, vilket innebär restriktioner mot transporter av farligt gods andra än t.ex. diesel och eldningsolja med hög flampunkt. På E45/Oscarsleden från Jaegerdorffsmotet väster om planområdet får farligt gods endast transporteras närmsta vägen till och från hamnen vid Masthuggskajen, enligt ett undantag från Länsstyrelsen. Dessa transporter tar av från E45/Oscarsleden vid Fiskhamnsmotet väster om planområdet och går sedan i kajområdet fram till Danmarksterminalen.

Avståndet mellan E45/Oscarsleden och bebyggelse inom planområdet uppgår som närmst till endast ca 5-10 meter. Avstånd mellan bebyggelse inom planområdet och de körstråk inom Danmarksterminalen där transporter av farligt gods kan ske uppgår som närmst till ca 45 meter.

2.2.2 Göta älv

Norr om planområdet rinner Göta älv, som är en viktig transportled för regionen, och fartygstrafiken är relativt intensiv. Såväl färjor, bunkerbåtar och lastfartyg som turbåtar och fritidsbåtar trafikerar älven. Tillgänglig farledsbredd är 150 till 200 meter i området, med ett vattendjup om ca 10 meter.

I Göta älvs farled tillåts transporter av farligt gods med fartyg. Farligt gods får bland annat transporteras på Stenafärjan till Danmark. Pålastning sker idag i huvudsak i Frihamnen, men vissa transporter sker även från Masthuggskajen.

Enligt Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (2) medges intill Göta älv tät bebyggelse fram till 10 meter från kaj.

2.2.3 Linbana till Lindholmen

Trafikkontoret planerar för linbanor i Göteborg. Sökområdet för en lämplig stationsplacering omfattar även Järnvågen/Järntorget, bland annat på grund av att Järntorget redan är en stark kollektivtrafikknutpunkt idag. En bedömning har gjorts som resulterade i att bäst läge för linbana är strax väster om Järntorget. Detaljplanen har arbetat vidare med det föreslagna läget. Planerad placering redovisas i Figur 3.

2.2.4 Rosenlundsverket

Rosenlundsverket är beläget öster om planområdet och är ett kraftvärmeverk som primärt producerar fjärrvärme. Verket är i drift året runt men nyttjas vanligen för spetslast. Förekommande bränslen är olja och naturgas.

3 Omfattning av riskhantering och metod

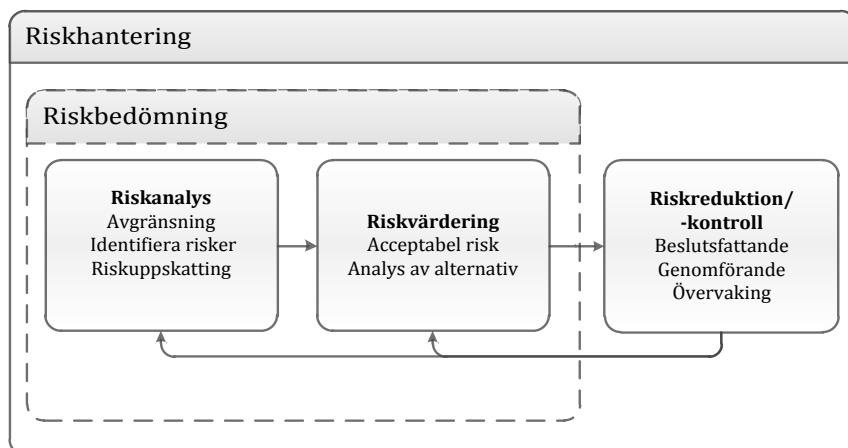
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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 (3) (4), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 4. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

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



Figur 4. Riskhanteringsprocessen.

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

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

3.2 Metod för riskinventering

För att ta reda på vilka risker som föreligger inom aktuellt planområde har kartstudier genomförts. Information från Göteborgs kommun, Trafikverket, Stena Line, Göteborg Energi och Räddningstjänsten Storgöteborg har tillsammans med kartstudierna sedan legat till grund för riskinventeringen.

3.3 Metod för riskuppskattning

Riskbedömningen baseras i aktuellt fall på kvalitativa bedömningar avseende flertalet risker. Vissa bedömningar av sannolikhet för påsegling utförs dock, samt konsekvensberäkningar för olyckor inom Rosenlundsverket.

Avseende transporter av farligt gods på E45/Oscarsleden är dock bedömningen kvantitativ. Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år (5).

För uppskattning av risknivå kring E45/Oscarsleden har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägvägningsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport (6) beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägvägningsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga A.

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

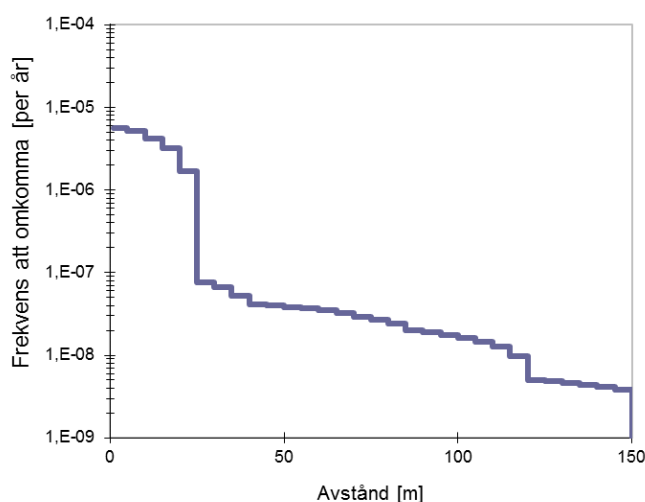
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet individ- och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivå med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter på E45/Oscarsleden.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmått, individ- och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivå i ett område så att risknivå 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 Individerisk

Individerisken 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 (7). Individerisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmålet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

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

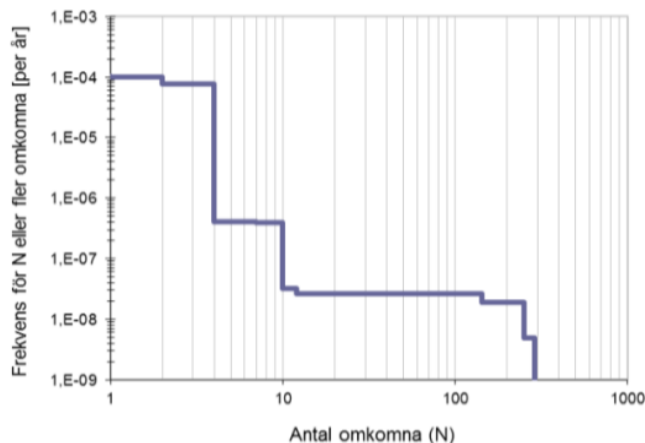


Figur 5. Exempel på individeriskenprofil.

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 persontätthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontättheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

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



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

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

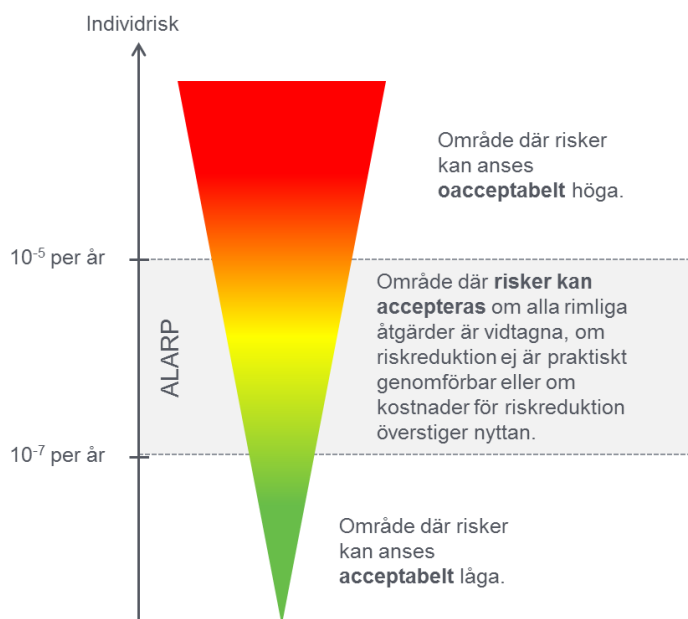
3.4 Metod för riskvärdering

Vad gäller de risker som bedöms kvalitativt eller semikvantitativt görs erfarenhetsbaserad riskvärdering, baserad på liknande studier och tidigare utredningar för området (påsegling från älvtrafiken samt risker vid Rosenlundsverket).

För risker förknippade med transporter av farligt gods på E45/Oscarsleden används både individrisk och samhällsrisk vid uppskattning av risknivå i området, så att risknivå 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 (7) gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 7.



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

Följande förslag till tolkning rekommenderas (7):

- 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 (7) följande kriterier:

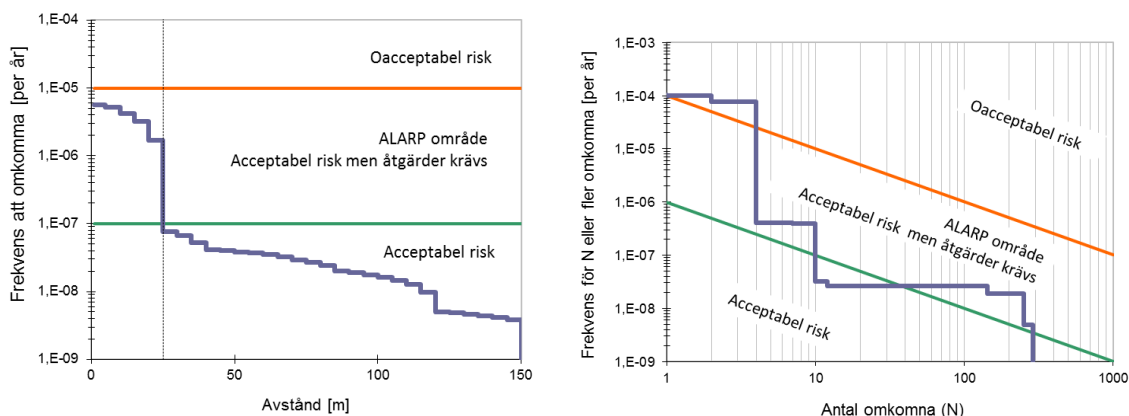
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV (7) följande kriterier:

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

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

För samhällsrisk föreslog DNV (7) en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras.



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (7).

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 (8), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

4 Riskidentifiering

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

De risker som har identifierats för planområdet är förknippade med:

- farligt gods-trafiken på E45/Oscarsleden till och från Stenas Danmarksterminal,
- farligt gods-transporter på Göta älv,
- påsegling från fartyg på Göta älv,
- hantering av brandfarlig vara vid Rosenlundsverket samt
- närheten till Götatunnelns västra mynning.

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

4.1 E45/Oscarsleden

Aktuellt avsnitt av E45/Oscarsleden angränsande till planområdet utgör inte utpekad transportled för farligt gods. På E45/Oscarsleden från Jaegerdorffsmotet väster om planområdet får farligt gods endast transporteras närmsta vägen till och från hamnen vid Masthuggskajen, enligt ett undantag från Länsstyrelsen (9).

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 (10) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 1 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

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

ADR-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (10).	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m (11).
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en

		som rymmer maximalt 50 ton.	pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vågutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (12). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Samtliga farligt gods-klasser, enligt Tabell 1, är dock ej tillåtna på E45/Oscarsleden. Enligt det undantag från lokala trafikföreskrifter som utfärdats av Länsstyrelsen (9) får endast de ämnen (gods och volymer) transporteras som är tillåtna enligt IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods) för transport på passagerarfartyg. Detta innebär kortfattat att de ämnen som vid olycka kan föranleda mycket stora konsekvenser ej får transporteras på fartygen och därmed ej heller till terminalen.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade ämnen och mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; ADR-S-klass 1, 2, 3 och 5. Se även Bilaga A. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

4.2 Göta älv

4.2.1 Transporter av farligt gods

Enligt Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (2) medges intill Göta älv tät bebyggelse fram till 10 meter från kaj, vilket inte överskrids i detta fall. Nedan redogörs dock för eventuell risk förknippad med genomfartstrafiken med farligt gods på Göta älv.

Farligt gods transporteras i älvtrafiken både i bulk och som förpackat gods. Frihamnen trafikeras av RoRo-trafik som transporterar farligt gods i förpackad form. Sjötransport av farligt gods på älven och i

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

Även om sannolikheten bedöms vara liten har olyckor med fartyg lastat med farligt gods identifierats kunna ge möjlig påverkan på planområdet.

4.2.2 Påsegling

Göta älv trafikeras av ett stort antal fartyg årligen. Förekommande trafik utgörs av t.ex. bulkfartyg i Vänertrafik, passagerarfärjor, kryssningsfartyg, Älvsnabben och fritidsbåtar. Farledsbredd och vattendjup varierar i älven. Någon maritim riskbedömning har inte genomförts specifikt för Järnvågen, men för Skeppsbrokajen, som gränsar till området i nordväst togs en sådan riskbedömning fram år 2012 (13).

För Skeppsbron identifierades ett antal maritima risker. De främsta farorna, rangordnade efter högst riskindex i kombination med riskförändringsfaktor (med och utan utbyggnad vid Skeppsbron) bedömdes vara:

- Fartreduktioner som leder till minskad kursstabilitet och sämre styrförmåga
- Explosion/brand orsakade av gasol i fritidsbåtar
- Möte mellan stora fartyg (>50 m) och mellan olika stora fartyg i farled och minskat utrymme för undanmanövrer vid problem som resulterar i kollision
- Påsegling av land/kajliggande fartyg med kanalfartyg >50 meter i medströms riktning, på grund av blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri
- Påsegling av land/kajliggande fartyg med kanalfartyg >50 meter i motströms riktning.

För närliggande Järnvågen torde flertalet av dessa risker vara likartade. De sistnämnda två punkterna ovan beskriver påseglingsrisker vilket behöver utredas och hanteras i planprocessen för utformningen av planområdet.

4.3 Rosenlundsverket

Sweco har i tidigare projekt studerat risker med avseende på Rosenlundsverket i samband med detaljplanarbetet för Skeppsbroområdet öster om Rosenlundsverket (14). I rapporten beskrevs verksamheten vid Rosenlundsverket. Utifrån en övergripande riskidentifiering genomfördes en workshop med 17 deltagare från Göteborg Energi, Älvstranden Utveckling AB, Stadsbyggnadskontoret, Länsstyrelsens enhet för skydd och säkerhet, Räddningstjänsten Storgöteborg och Sweco. Samtliga händelser som under workshopen och i efterarbetet bedömdes kunna ge betydande konsekvenser på tredje man (allvarliga skador eller dödsfall) studerades. Dock togs inte alla ”worst case” scenarier med utan endast sådana händelser som bedömdes ha en rimlig sannolikhet att inträffa.

Sedan dess har ett antal säkerhetshöjande åtgärder implementerats inom Rosenlundsverket och av denna anledning togs en senare PM fram (15) där det framgick att åtgärder inom 100 meter från Rosenlundsverkets ytterväggar ska övervägas avseende Skeppsbron.

I en senare utredning gällande detaljplanen för Järnvågsgatan m.fl. (16) detaljstuderades identifierade risker förknippade med naturgas och större bränder inom Rosenlundsverket. Vid denna tidpunkt hade ångsystemet och turbinanläggningen tagits ur drift inom anläggningen. I utredningen studerades lämpliga skyddsavstånd runt Rosenlundsverket.

4.4 Götatunnelns mynning

Tunnelbränder kan bli mycket komplexa och medföra stora konsekvenser. Både tunnelkonstruktion, bebyggelse ovan denna samt trafikanter i tunneln kan påverkas i olika stor utsträckning beroende på brandens omfattning. Farligt gods-transporter förutsätts ej förekomma i Götatunneln, som har klassificerats som kategori E, vilket innebär förbud mot farligt gods-transporter.

Dock kan tunga fordon (lastbilar, bussar et cetera) ge brandförlopp med höga temperaturer som kan påverka tunnelkonstruktionen i stor omfattning. Vidare kan nya drivmedel ge brandförlopp med hög intensitet och stora konsekvenser. En brandpåverkad drivmedelstank innehållande fordonsgas (t.ex. gasdrivna bussar) kan leda till exempelvis jetflamma.

Vid tunnel- och rampmynningar kan såväl utströmmande flammor som brandgaser komma att påverka ovanliggande bebyggelse.

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas den riskuppskattning med tillhörande riskvärdering som utförts för identifierade risker enligt kapitel 4.

5.1 E45/Oscarsleden

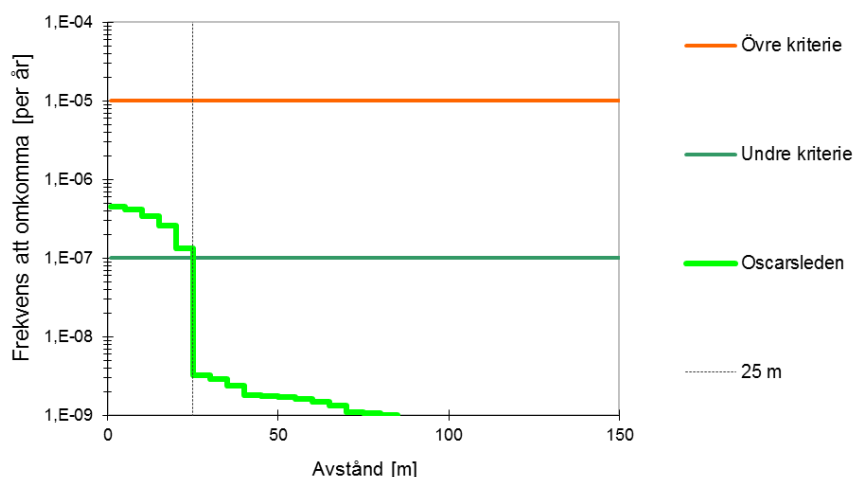
I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med transport av farligt gods på E45/Oscarsleden år 2035. Individ- och samhällsrisknivån värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.

Det har gjorts ett antal mycket konservativa skattningar i beräkningarna av risknivåerna orsakade av transporter med farligt gods. Dessa skattningar är följande:

- På Stenas Danmarksfärjor som utgår från Masthuggsterminalen förekommer restriktioner för transporter av farligt gods tillhörande de kategorier av gods som har störst och allvarligast potentiella konsekvenser vid olycka. I beräkningarna för aktuellt planområde har dock frekvenser och konsekvenser beräknats utifrån förhållanden som gäller på det nationella vägnätet.
- Farligt gods-trafiken leds till/från Frihamnsmotet och via kajområdet till/från Masthuggsterminalen. Avståndet från det vägnät där farligt gods transporteras till bebyggelse inom planområdet uppgår till ca 45 meter. I beräkningarna har det dock antagits att transportererna sker på E45/Oscarsleden i direkt anslutning till planområdet.
- Transporterna inom kajområdet sker med reducerad hastighet, vilket innebär låga olyckskvoter och index för farligt gods. I beräkningarna har det dock antagits att transportererna sker på E45/Oscarsleden med skyltad hastighet om 70 km/h i direkt anslutning till planområdet.
- Persontätheten i området kommer att vara ensidigt förlagd kring E45/Oscarsleden. Norr om leden finns endast kajområdet och därefter Göta älv. I beräkningarna har det dock en jämnt fördelad persontäthet inom 1 km² kring leden.
- Samtliga personer inom planområdet antas vara exponerade för olyckor på leden, detta gäller såväl personer inomhus som utomhus.

Angreppssättet är sådant att om konservativa skattningar, enligt denna modell, ger acceptabla risknivåer för planområdet torde behovet av mer detaljerade/nyanserade studier avseende riskbidraget från förekommande farligt gods-transporter på E45/Oscarsleden vara litet.

5.1.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter

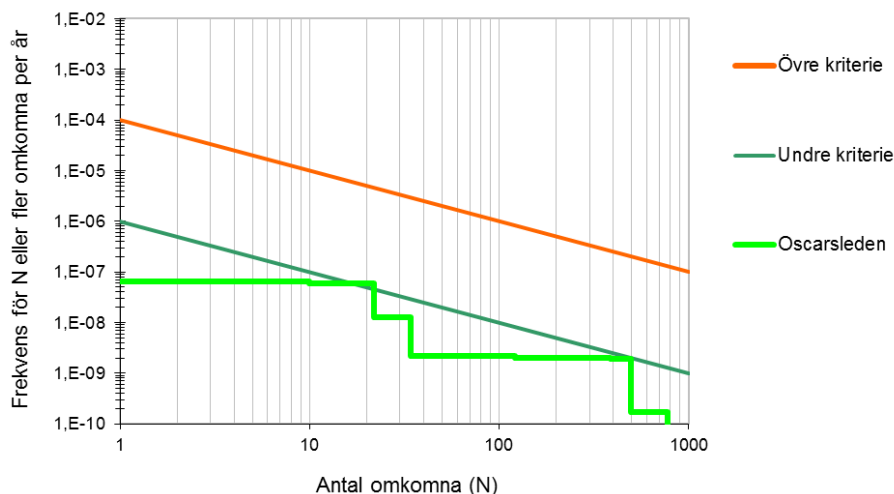


Figur 9. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E45/Oscarsleden.

I Figur 9 illustreras individrisknivån längs E45/Oscarsleden vid horisontår 2035. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4. Bortom 25 meter från E45/Oscarsleden är risknivån låg och acceptabel. Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd av ca 45 meter från det vägnät inom kajområdet där transporter sker. På detta avstånd är individrisken låg och acceptabel.

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

5.1.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 10. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E45/Oscarsleden.

I Figur 10 illustreras samhällsrisknivån för planområdet. Risknivån ligger på en nivå som är att betrakta som acceptabel.

Den samlade bedömningen avseende transporter av farligt gods inom kajområdet vid Masthuggsterminalen är att inga ytterligare riskreducerande åtgärder krävs för planområdet. I denna bedömning har aktuellt skyddsavstånd om ca 45 meter mellan väg där transporter sker och byggnader inom planområdet beaktats.

5.2 Göta älv

5.2.1 Transporter av farligt gods

Enligt tidigare utredningar har framkommit att av de ca 1800 bulkfartyg som årligen går på Göta älv och fortsätter upp till Vänern är ca 10 % farligt gods-transporter, lastade med 2500 ton vardera (17). Det är i stort sett endast brandfarlig vätska (klass 3) som transporteras, vilket är gynnsamt ur risksynpunkt, eftersom spridning vid eventuellt läckage begränsas till ett relativt begränsat område runt fartyget. Detta till skillnad från spridning av t.ex. giftig gas (klass 2.3), vars spridning kan vara längre och svårare att förutsäga.

I en tidigare genomförd riskanalys för det flytande hotellet F/H Astoria i Göta älv (18) har sannolikheten för utsläpp till följd av kollision mellan fartyg innehållande farligt gods och F/H Astoria uppskattats. Den använda modellen för beräkning av händelsefrekvenser för fartygstrafik tar enligt uppgift hänsyn till antal passager och kursändringar, fartygens och farledens storlek samt yttre påverkan som navigationsregler och siktförhållanden. Förhållandena i fallet F/H Astoria och utanför aktuellt planområde är givetvis inte desamma, eftersom Astoria ligger i vattnet och är därför mer utsatt. Dock kan uppskattningen ge en fingervisning om hur ofta olyckor med farligt gods på älven kan inträffa utanför planområdet. Sannolikheten uppskattades till $4 \cdot 10^{-8}$ per år, vilket i sammanhanget är att betrakta som mycket låg. Farleden utanför planområdet är dessutom mycket bredare än den vid Astoria, vilket borde reducera sannolikheten för olycka i aktuellt fall ytterligare.

Utifrån ovanstående resonemang bedöms sannolikheten för allvarliga skador på ett fartyg, i sådan omfattning att läckage sker, som mycket låg. Framför allt mot beaktande av de låga hastigheterna har fartygen vid passage på älven, bedöms skadorna vid en grundstötning eller kollision med konstruktioner på land samt grundstötningar med hög sannolikhet begränsas till plåtskador på fartygen. Bulkfartygen är vidare försedda med dubbelskrov.

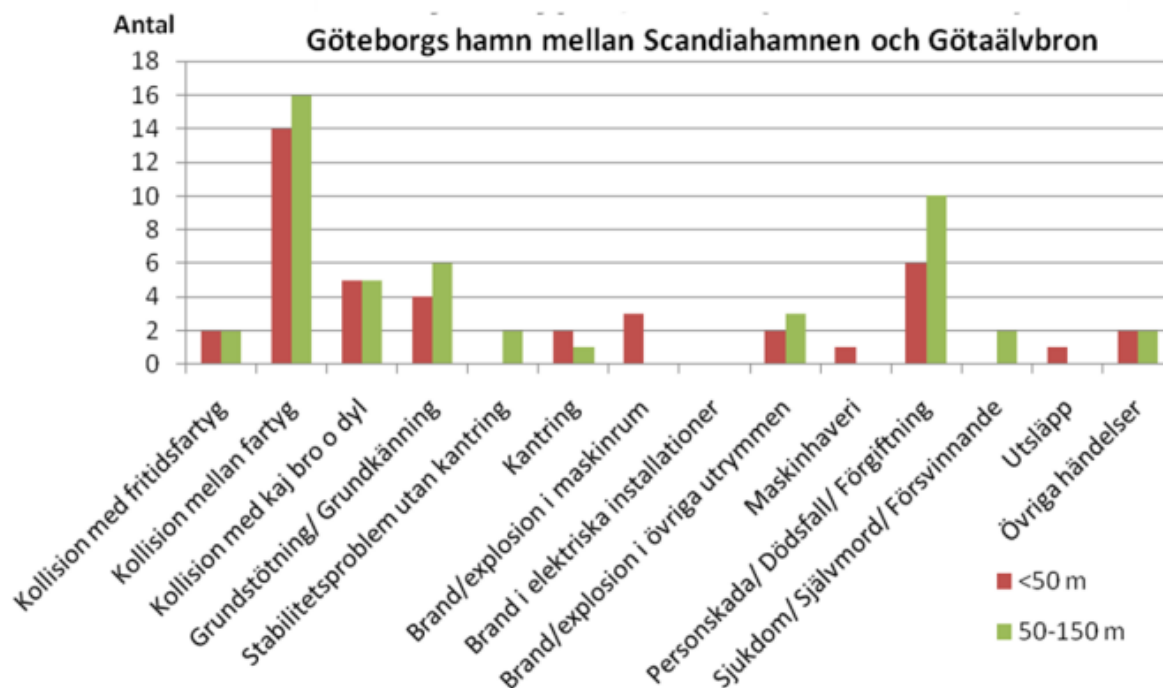
Eftersom det i stort sett endast är brandfarlig vätska (klass 3) som transporteras på Göta älv förbi planområdet, måste godset komma relativt nära planområdet för att orsaka några omkomna. Närheten skulle kunna åstadkommas antingen genom att ett förlist, läckande fartyg kommer nära planområdet, eller att läckande brandfarlig vätska lägger sig ovanpå vattnet nära planområdet (olja och bensen, inte metanol). Sannolikheten för att utläckt gods sedan ska antända bedöms som mycket låg, eftersom tändkällorna antas vara få.

En annan olyckstyp som skulle kunna påverka lasten är en storbrand ombord, som uppstår eller sprider sig så att lasten involveras. De flesta fartygstyper är försedda med skyddssystem, i form av automatiska släcksystem (vattensprinkler, high-fog, skumanläggningar etc.). Sannolikheten för att en storbrand eller annan olycka som påverkar lasten skulle uppkomma i höjd med planområdet bedöms därför som mycket liten. En brand på Göta älv kan tänkas orsaka obehag för omgivningen, till följd av exempelvis brandrök, dock inte omkomna, vilket är den konsekvens som avses i denna riskbedömning.

Sammanfattningsvis bedöms sannolikheten för att en farligt gods-olycka på Göta älv skulle orsaka omkomna på planområdet som mycket låg, och detta scenario utreds därför inte vidare. Motivering till denna bedömning är bedömd sannolikhet från tidigare genomförd riskanalys för F/H Astoria samt den relativt gynnsamma farligt gods-klassen, fartygens konstruktion och antändningsrisken. Därtill har, vid utformningen av planområdet, hänsyn tagits till det skyddsavstånd om 10 meter som gäller från kajkant räknat, enligt anvisningar i den fördjupade översiktsplanen.

5.2.2 Påsegling

I den maritima riskbedömning som togs fram för utbyggnad av Skeppsbrokajen (13) framgår att ca 20 olyckor inträffat på älven tillhörande kategorierna kollision med kaj, bro eller dylikt samt grundstötning under perioden 1984-2009. Avsnittet som studerats är mellan Scandiamhamnen och Götaälvbron, se vidare Figur 11.



Figur 11. Antal olyckor uppdelade efter typ (1984-2009) (13).

De registrerade olyckor, vilka närmast kan jämföras med påseglingsolyckor när fartyg av någon anledning kommer ur kurs och hamnar utanför farleden eller kolliderar med kajen, har skett på en farledssträcka som är ungefär 7 km lång vilket motsvarar en olycksfrekvens som kan anges till 0,05 per år och km farledssida (dubblerad sträcka). För en sträcka motsvarande längden av den pir som byggs ut i älven vid Järnvågen (ca 200 m) fås med dessa värden en förväntad frekvens av 0,01 påseglingar per år eller en returperiod av ca 100 år.

Krafterna som uppkommer vid en påsegling är beroende på fartygets storlek och hastighet. Det bedöms dock som möjligt att stora skador kan komma att uppstå på den kaj som utsätts för påsegling av stora fartyg.

En förutsättning för att anlägga kajen är att anpassning sker till reglerna i befintlig farled samt att påverkan på farleden hanteras så att denna kan trafikeras med fullgod sjösäkerhet. Det avser både den aktuella kajen, men även påverkan på omgivande sjötrafik, vilket i praktiken innebär att kajen inte får utgöra ett hot mot sjösäkerheten i befintlig farled.

Rådighet över farleden och ansvar för sjösäkerheten har Sjöfartsverket. Kajen kan komma att påverka förutsättningarna för både sjöfarten och sjösäkerheten. En sådan förbindelse innebär även en påverkan på farleden, vilket behöver beaktas och gör det lämpligt att samråda med Transportstyrelsen (19).

5.3 Rosenlundsverket

5.3.1 Hantering av brandfarlig vara inom Rosenlundsverket

Sweco har tagit fram konsekvensberäkningar av identifierade skadehändelser (bränder i gasformiga bränslen samt turbinkast) inom Rosenlundsverket (16). Inga sannolikheter är beräknade för dessa händelser utan konsekvensavstånden används som underlag för att avgöra lämpliga skyddsavstånd.

För samtliga beräknade scenarier är det värmestrålningen som är den dimensionerande parametern och som är styrande för bedömningen av konsekvensavståndet.

Konsekvensavstånd, redovisade i Tabell 2, är beräknade från riskkällans placering vid Rosenlundsverket till det planerade exploateringsområdet Masthuggskajen och Järnvågsgatan, det vill säga inte från Rosenlundsverkets fasadgräns. Scenarierna VS motsvarar ett ”värsta scenario” och TS motsvarar ett ”troligt scenario” (16).

Tabell 2. Konsekvensavstånd beräknat från riskkällan (16).

Riskkälla	Naturgas		Acetylen		Gasol		Turbinkast
	VS	TS	VS	TS	VS	TS	
Avstånd	24 m	17 m	28 m	10 m	42 m	11 m	150 m

I Tabell 3 nedan beskrivs på motsvarande sätt konsekvensavstånd beräknade från Rosenlundsverkets fasadgräns.

Tabell 3. Konsekvensavstånd beräknat från Rosenlundsverkets fasadgräns (16).

Riskkälla	Naturgas		Acetylen		Gasol		Turbinkast
	VS	TS	VS	TS	VS	TS	
Avstånd	1 m	-*	23 m	5 m	-*	-*	140 m

* Händelsen har beräknats innanför anläggningen och resulterar inte i konsekvensavstånd utanför anläggningen.

Det scenario som ger längst konsekvensavstånd enligt studien (16) är turbinkast (150 meter). Sedan ett par år är turbinerna inte i drift, och det är inte heller säkert att turbinerna kommer att tas i bruk igen. Av denna anledning är det inte rimligt att utgå från turbinkast vid bestämning av konsekvensavstånd. Ifall Göteborg Energi beslutar sig för att starta upp turbinerna igen måste riskreducerande åtgärder övervägas efter en kompletterande analys. Händelsen, turbinkast, är så pass allvarlig att den inte kan ignoreras.

Bortsett från turbinkast så är det längsta konsekvensavståndet beräknat från fasadgräns i Tabell 3 ca 23 meter. Skyddsavståndet definieras som konsekvensavståndet plus en säkerhetsmarginal. Det bedöms att det befintliga avståndet som är drygt 40 meter från Rosenlundsverket till motsatta sidan på Rosenlundskanalen är ett tillräckligt långt skyddsavstånd (16).

5.3.2 Oljeleveranser via båt till Rosenlundsverket

Kajen, kallad Nocken, direkt nordost om aktuellt planområdet kommer sporadiskt att anlöpas av tankbåtar som levererar brännolja till Rosenlundsverket, se vidare Figur 12. Rutiner finns framtagna för denna typ av lossning, vilket bland annat inkluderar dubbel bemanning vid Rosenlundsverket, vakter på kajen, rutiner för nödstopp etc (20). Brännoljan har en flampunkt som överstiger 100°C och klassas därmed inte som brandfarlig vara. Frekvensen av bränsletransporter till kajen är relativt låg, normalt ca 1-3 och maximalt 10 anlöp per år.

Med tanke på de säkerhetsrutiner som tillämpas vid leverans, att båten ligger skyddad mot påsegling i kanalen (13) och att brännoljan som levereras inte utgör brandfarlig vara, bedöms såväl sannolikhet för utsläpp vid leverans och konsekvens av detsamma blir relativt begränsat. Vidare planeras inte bostäder, förskolor, samlingslokaler eller andra svårutrymda lokaler i de byggnader som vetter åt Rosenlundskanalen i nordost, vilket är gynnsamt för risksituationen.



Figur 12. Läge för ankring av vid oljeleveranser till Rosenlundsverket.

5.4 Götatunnelns mynning

5.4.1 Brand under överdäckning

Dimensionerande brandscenario för befintlig del av Götatunneln har varit 100 MW (21). I riskanalysen avseende driftskedet för väg 45, Götatunneln (22) har även andra brandscenarion studerats och en jämförelse har gjorts med brandskyddsdokumentationerna för Norra- och Södra länkens tunnlar. I riskanalysen konstateras att en dimensionerande effektutveckling om 100 MW är högre än vad som använts i liknande projekt i Göteborg samt likvärdigt med Norra och Södra länkens tunnlar i Stockholm där även 100 MW används som dimensionerade effektutveckling. I riskanalysen anges även att om transporter av bensin i framtiden skulle tillåtas i tunneln behöver den dimensionerande effektutvecklingen ökas och att säkerhetsutrustningen kompletteras därefter (22).

5.4.2 Påverkan på konstruktion

En brands påverkan på konstruktionen beaktas i Götatunneln genom att den bärande konstruktionen utförs enligt kurva 1 i Tunnel 99 (21).

Det finns dock osäkerheter vad gäller dimensionerande effektutveckling. Köbildning i tunneln i kombination med nya drivmedel i framtiden kan potentiellt ge större brandbelastningar att beakta vid konstruktion av bärande element. Med tanke på att viss byggnation planeras ovan tunnelns tak inom planområdet rekommenderas att särskilda riskanalyser genomförs vid konstruktion av byggnad ovan tunneln avseende t.ex. lastnedtagning etc.

5.4.3 Påverkan på ovanliggande bebyggelse

Brandgaser som strömmar ut ur tunnelmynning kommer, beroende på brandens placering i tunneln, samt inverkan av vind- och ventilationssystem att spädas ut och svalna till följd av värmeförluster till tunnelkonstruktionen och inblandning av luft av normal temperatur. Detta innebär att temperaturen på utströmmande brandgaser inte bedöms påverka annat än eventuella personer som vistas utomhus i närområdet till tunnelmynningen. Vidare kommer inte brandgaskoncentrationen drabba utomhusvistande personer momentant. Personer i närheten förväntas kunna sätta sig i säkerhet och inte drabbas av vare sig kritisk temperatur eller kritiska toxiska förhållanden.

För personer som vistas i byggnader i närheten av tunnelmynningen bedöms generellt ett visst skydd erhållas av byggnadens omslutande konstruktion. Det rekommenderas dock att fasader ovan tunnelmynning utförs täta för att minska risk för inläckage av toxiska brandgaser. Därtill bör även friskluftsintag placeras högt och på oexponerad sida från mynning räknat. Detta bör även vara aktuellt och gynnsamt att beakta avseende luftmiljön (avgaser och partiklar) i stort för planområdet.

För bebyggelse ovan tunneltaket gäller att en brand i tunneln kan påverka byggnation vid mynningen. Skillnaden mot brand på en vanlig stadsgata är att mynningsflammar från en tunnelbrand relativt långt bort kan slå ut och påverka fasaden ovan mynning. Värst blir troligtvis ett scenario av en brand som inträffar i eller nära tunnelmynningen och där brandpåverkan kan ske underifrån och direkt från sidan. Enligt typfordon Lps (lastbil med påhängsvagn eller släpvagn) är längden på en lastbil 16 meter och bredden 2,6 meter (23). En karakteristisk diameter kan därmed beräknas till 6,5 meter. Flammhöjden för en brand på en lastbil kan beräknas med Heskestads flammhöjdsekvation (24).

$$H_f = 0,235 * \dot{Q}^{2/5} - 1,02 * D = 0,235 * 100000^{2/5} - 1,02 * 6,5 = 17 \text{ meter}$$

Tunnelkonstruktionens höjd inklusive bjälklag/tunneltak samt byggnadshöjd är okänd, men troligen kommer flammar att sträcka sig upp över tunnelns mynning. Detta innebär att närliggande fasader kan komma att påverkas av strålningen från flammar. Temperaturen mitt i en flamma är cirka 700-1200° C och i flammans topp varierar temperaturen mellan cirka 500-600° C (25). Den infallande strålningsintensiteten som en byggnad utsätts för är därför höjden av flammen som sträcker sig upp

över tunnelmynningen. Om flamtemperaturen ansätts till 850 grader och flammans höjd respektive bredd är 17 respektive 6,5 meter understiger den infallande strålningsintensiteten 15 kW/m² (kritisk strålningsintensitet) cirka 6 meter från flammen. I aktuellt fall kommer den infallande strålningsintensiteten att vara lägre på grund av att endast en del av flammen sträcker sig upp över tunnelmynningen samt då denna del av flammen har en lägre flamtemperatur.

Enligt boverkets byggregler BBR 21, BFS 2014:3, kan ett tillfredsställande skydd mot brandspridning mellan byggnader erhållas om byggnader uppförs med ett avstånd som överstiger 8 meter. Detta baseras på bland annat sannolikhet för brands uppkomst i byggnad samt brandtillväxt i förhållande till räddningstjänstens insatstider. Ett avstånd om 8 meter kan inte per automatik sägas vara tillämpligt även mellan tunnelmynning och byggnad, men kan användas som utgångspunkt för fortsatt resonemang. Ytan mellan tunnelmynning och byggnad kan fastställas genom fortsatt utredning om så bedöms bli aktuellt. Ytan kan med fördel användas som t.ex. lokalgata etc. för att undvika byggnation. I aktuellt fall kan Götatunnelns västra mynning komma att integreras i en byggnad. I detta fall rekommenderas att fasader utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 då utrymning bedöms kunna vara avslutad inom aktuellt tidsintervall (30 minuter), se vidare Figur 13. Om byggnaderna även önskas utformas med ett högre egendomsskydd kan fasader utföras i brandteknisk klass EI 60.

Brand och brandgaser som strömmar ut ur tunnelmynningen kan också vara värt att beakta vidare i det fall den planerade linbanan till Lindholmen förläggs nära tunnelmynningen. Linornas avstånd från mynningen, samt höjd ovan vägbanan, avgör om dessa kan komma att påverkas av brandscenarioer i tunneln, se vidare Figur 13.



Figur 13. Fasaders och linors (rödmarkerade) placering ovan Götatunnelns mynningar.

5.4.4 Explosion under överdäckning

Enligt brandskyddsdokumentationen som har tagits fram för Götatunneln tillåts det att det transporteras 30 kg sprängämnen utan särskilda restriktioner i Götatunneln. Dimensionerande last för Götatunneln har i brandskyddsdokumentationen hänvisats till avsnitt 3.3.4.3 i Tunnel 99 där dynamisk explosionslast anges (21). I Tunnel 99 (26) anges exempelvis att den dynamiska explosionslasten vid jämnt fördelat tryck i trafikutrymmet ska vara 0,1 MPa med en varaktighet om 50 ms.

Vad gäller explosioner i tunneln, såväl av frimängd explosiver som av gasmolnsexplosioner orsakade av läckande gasbussar etc., bedöms att detta begränsar möjligheten till lastnedtagande från överliggande bebyggelse via tunneltaket. Det rekommenderas att detta skall studeras ytterligare i särskilda riskanalyser vid dimensioneringen av byggnation ovan tunneltak.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (8). 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 i kapitel 5 visar att riskreducerande åtgärder bedöms behövas avseende följande riskkällor:

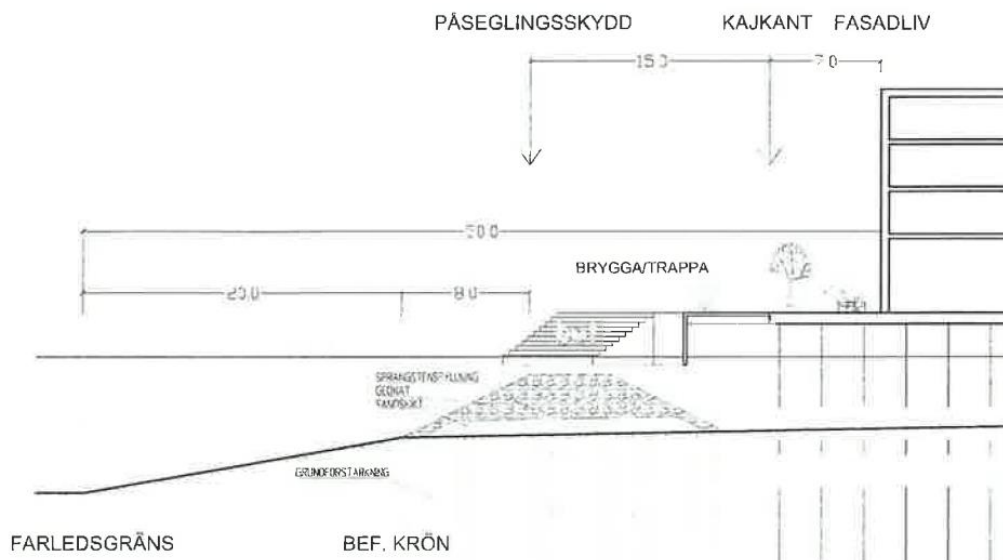
- Påsegling från fartyg på Göta älv.
- Hantering av brandfarlig vara inom Rosenlundsverket.
- Närheten till Götatunnelns västra mynning.

6.2 Förslag till riskreducerande åtgärder

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför ges primärt förslag på konsekvensbegränsande åtgärder. WSP bedömer föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede. Fortsatt analys av utformning och riskreducerande effekt samt kostnad-nytta krävs för att kunna optimera åtgärdspaketet och verifiera att tillräcklig säkerhet uppnås.

6.2.1 Påseglingsskydd i Göta älv

- För att motverka påsegling av den kaj som byggs ut i älven i planområdets nordöstra del rekommenderas påseglingsskydd i form av grund etc. Grundförstärkning och sprängstensfyllning kring kajen planeras och skiss finns framtagna avseende en typsektion utanför kajen, se vidare Figur 14. Dimensionering och placering av påseglingsskyddet bör studeras i detalj i samband med en separat maritim riskbedömning.



Figur 14. Typsektion avseende påseglingsskydd vid kaj (27).

- För att utreda huruvida älvtrafiken kan komma att störas av föreslagen detaljplan bör en separat maritim riskbedömning utföras avseende den nya kaj som byggs ut i Göta älv. Planen innebär att farleden minskas och att manöverutrymme kring Masthuggsterminalen begränsas.
- Den kaj som byggs ut i Göta älv i planområdets nordöstra del kan medföra behov av skyltning och säkerhetsåtgärder som Sjöfartsverket eller annan myndighet beslutar om och utfärdar/genomför, men som verksamhetens huvudman bekostar. Därmed är det nödvändigt med samråd med olika myndigheter och användare. Syftet med dessa samråd bör präglas av att förbättra beslutsunderlaget och ge möjlighet till insyn och påverkan. För att säkerställa detta och vid behov genomföra nödvändiga åtgärder behöver, som nämnts i föregående punkt, en riskbedömning genomföras. Kajen kan även medföra behov av föreskrifter som Länsstyrelse, Sjöfartsverket eller Transportstyrelsen behöver utföra. Även myndigheter som arbetar med kontroll av efterlevnad, t ex Kustbevakning, Räddningstjänsten och Sjöpolisen, bör kallas till samråd.

6.2.2 Skyddsavstånd och disponering av planområde intill Rosenlundsverket

- Det befintliga avståndet över Rosenlundskanalen, på drygt 40 meter från fasadgräns, är ungefär dubbelt så långt som det beräknade konsekvensavståndet och bedöms vara ett tillräckligt långt skyddsavstånd.
- I de kvarter som planeras närmast Rosenlundsverket bör svårutrymd verksamhet som förskolor, vårdinrättningar, hotell och restauranger m.m. undvikas (ifall brand skulle uppstå).
- I kvarteret närmast Rosenlundsverket bör inte heller entréer lokaliseras mot Rosenlundsverket.
- Turbinkast har beräknats kunna medföra konsekvensavstånd om uppemot 150 meter. I dagsläget är dock turbinerna inom Rosenlundsverket tagna ur drift. Då Göteborg Energi har tillstånd att driva turbinerna rekommenderas att Göteborg Energi och Älvstranden Utveckling AB ("kommunen") upprättar ett avtal som förtydligar vad som gäller ifall turbinerna skall startas igen. Avtalet skall beskriva vilken riskanalys som skall genomföras och vem som skall finansiera analysens rekommendationer.

6.2.3 Utformning av bebyggelse ovan Götatunnelns västra mynning

- Med tanke på att viss byggnation planeras ovan Götatunnelns tak inom planområdet rekommenderas att särskilda riskanalyser genomförs vid konstruktion av bebyggelse ovan tunneln. Brandpåverkan, explosioner och påkörning av bärande element i tunneln bör studeras i detalj avseende t.ex. lastnedtagning för ny bebyggelse.
- Områden i anslutning till tunnelmynningar bör inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- Ett skyddsavstånd mellan tunnelmynning och bebyggelse skulle minska strålningspåverkan från tunnelbränder. I aktuellt fall kan Götatunnelns västra mynningar (huvudtunnel och ramper) komma att integreras i byggnader. I detta fall rekommenderas att fasader utförs i brandteknisk klass EI 30 då utrymning bedöms kunna vara avslutad inom aktuellt tidsintervall. Om byggnaderna även önskas utformas med ett högre egendomsskydd kan fasader utföras i brandteknisk klass EI 60.
- Det rekommenderas vidare att fasader ovan tunnelmynning utförs täta för att minska risk för inläckage av toxiska brandgaser. Därtill bör även friskluftsintag placeras högt och på oexponerad sida från mynning räknat. Detta bör även vara aktuellt och gynnsamt att beakta avseende luftmiljön (avgaser och partiklar) i stort för aktuell byggnation.
- Brand och brandgaser som strömmar ut ur tunnelmynningen kan också vara värt att beakta vidare i det fall den planerade linbanan till Lindholmen förläggs nära tunnelmynningen. Linornas avstånd från mynningen, samt höjd ovan vägbanan, avgör om dessa kan komma att

påverkas av brandscenarier i tunneln. Det förutsätts att dessa risker beaktas i den riskbedömning som tas fram avseende linbanans placering.

7 Diskussion och osäkerheter

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

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. (28)

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. (28)

8 Slutsatser

De risker som har identifierats kunna påverka undersökt planområde är förknippade med påsegling från älvtrafiken, hantering av brandfarlig vara inom Rosenlundsverket samt brandscenarion i Götatunneln. Resultatet av riskuppskattningen påvisar behov av riskreducerande åtgärder för planområdet.

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

De föreslagna åtgärderna är:

- För att utreda huruvida älvtrafiken kan komma att störas av föreslagen detaljplan bör en separat maritim riskbedömning utföras avseende den nya kaj som byggs ut i Göta älv. Samråd rekommenderas också med berörda instanser såsom Sjöfartsverket, Länsstyrelsen, Transportstyrelsen, Kustbevakningen, Räddningstjänsten och Sjöpolisen i frågan.
- Uppför påseglingsskydd i form av grund etc utanför den kaj som byggs ut i Göta älv i planområdets nordvästra del. Dimensionering och placering av påseglingsskyddet bör studeras i detalj i samband med en separat maritim riskbedömning.
- Det befintliga avståndet över Rosenlundskanalen, på drygt 40 meter från Rosenlundsverkets fasadgräns bedöms vara ett tillräckligt långt skyddsavstånd.
- I de kvarter som planeras direkt väster om Rosenlundskanalen bör svårutrymd verksamhet som förskolor, vårdinrättningar, hotell och restauranger m.m. undvikas. I dessa kvarter bör inte heller entréer lokaliseras mot Rosenlundsverket.
- Göteborg Energi och Älvstranden Utveckling AB ("kommunen") bör upprätta ett avtal som förtydligar vad som gäller om turbinerna inom Rosenlundsverket skall startas igen. Avtalet skall beskriva vilken riskanalys som skall genomföras och vem som skall finansiera nödvändiga åtgärder.
- Det rekommenderas att särskilda riskanalyser genomförs vid konstruktion av planerad byggnad ovan Götatunnelns tak. Brandpåverkan, explosioner och påkörning av bärande element i tunneln bör studeras i detalj avseende t.ex. lastnedtagning för ny bebyggelse.
- Områden i anslutning till tunnelmynningar bör inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- I det fall skyddsavstånd mellan Götatunnelns tunnelmynningar och byggnation inte kan/önskas upprätthållas bör fasader i planerad byggnation ovan tunnelmynningar utföras i lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fasader ovan tunnelmynningar utförs täta för att minska risk för inläckage av toxiska brandgaser (fönster, balkonger eller tilluftsintag bör ej placeras i dessa fasader). Friskluftsintag bör placeras högt och på oexponerad sida från mynning räknat.
- Det förutsätts att brandrisker i tunneln beaktas i den riskbedömning som tas fram avseende linbanans kommande placering.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka risknivån inom planområdet till acceptabla nivåer. Verifiering av detta behöver dock ske i kommande skeden.

Bilaga A. Statistiskt underlag

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

A.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport (6) 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 (12) och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarier med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det första av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2035. På de stora nationella lederna (ex E45) räknar Trafikverket med en årlig ökning av trafiken med ca 1–1,5%. Detta innebär att år 2035 förväntas ÅDT uppgå till ca 75000 fordon per dygn på E45/Oscarsleden. Göteborgs stad arbetar utifrån målet att trafiken istället skall minska i de centrala delarna av staden, men som ett konservativt antagande ansätts ÅDT till 75000 fordon per dygn i de fortsatta beräkningarna.

Det är endast Stena Line som förväntas ge upphov till transporter av farligt gods på Oscarsleden i höjd med planområdet. Stena Line har ett undantag mot förbud av transporter i området. Efter år 2019 upphör Stena Lines kontrakt att nyttja Masthuggsterminalen, varefter all trafik förväntas omdirigeras till Majnabbeterminalen (nuvarande Tysklandsterminalen). I dessa beräkningar antas dock verksamheten bli kvar, som ett konservativt antagande till horisontår 2030.

Antalet farligt gods-transporter är baserat på antal ”units” som transporteras till och från Masthuggsterminalen årligen (29). 13 transporter per dag bedöms vara en konservativ skattning då flera ”units” kan samlastas på en och samma transport.

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

	Oscarsleden
ÅDT [fordon per dygn]	75000
Hastighetsgräns [km/h]	70
Antal fordon med FG	13,0
Olyckskvot	0,8
Andel singelolyckor	0,3
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,01
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	154,9

A.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Tabell 5 redovisar ett medelvärde för de transporter av farligt gods som kom och avgick till/från Masthuggsterminalen år 2013-2014 (29). Andelarna förväntas inte ändras markant över den studerade tidsperioden.

Tabell 5. Antalet farligt gods-transporter samt fördelning mellan ADR-S klasser för Masthuggsterminalen.

Oscarsleden	
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	13
ADR-S klass	
1	0,21%
2.1	5,43%
2.3	0,01%
3	26,52%
5	0,32%
Övriga	67,52%

Bilaga B. 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.

På Stenas Danmarksfärjor som utgår från Masthuggsterminalen förekommer restriktioner för transporter av farligt gods tillhörande de kategorier av gods som har störst och allvarligast potentiella konsekvenser vid olycka. Av denna anledning skall följande avsnitt ses som mycket konservativa skattningar av frekvenser och konsekvenser, då de generellt beskriver olycksförlopp ur ett mer generellt perspektiv på det nationella vägnätet. Angreppssättet är sådant att om konservativa skattningar enligt denna modell ger acceptabla risknivåer för planområdet behöver inga mer detaljerade/nyanserade studier avseende riskbidraget från förekommande farligt gods-transporter på Oscarsleden utföras.

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

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (10). Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

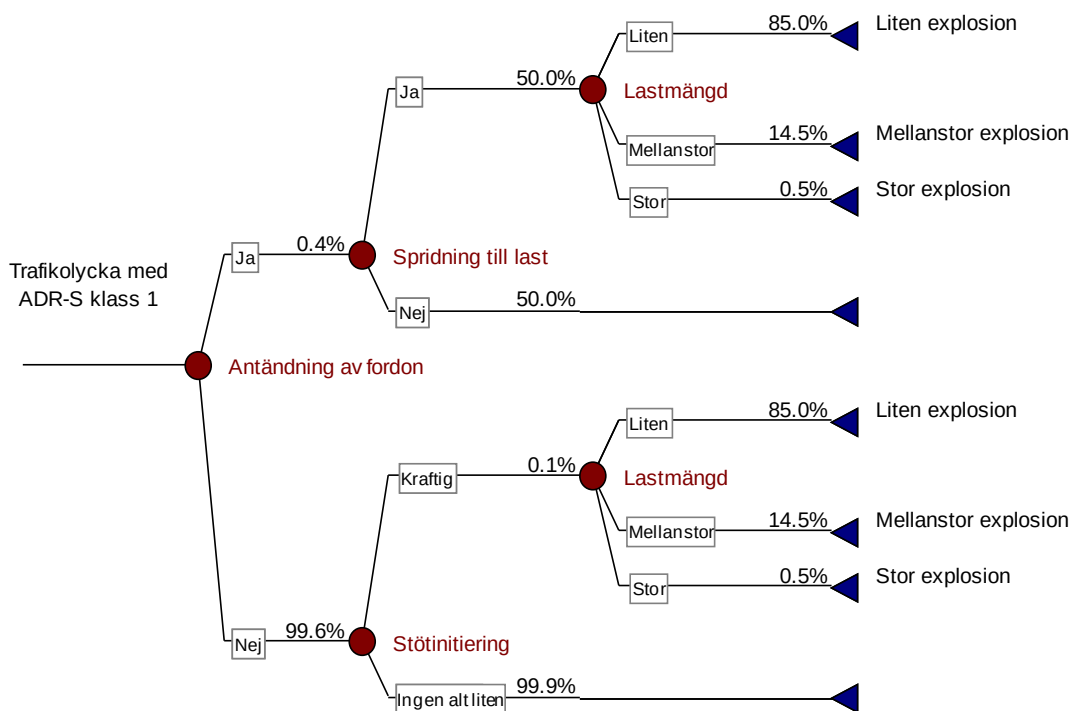
B.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (30) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). 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 massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

B.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



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

B.1.2.1. Antändning av fordon

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

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (31). Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % (32) (33).

B.1.2.2. 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 (34), 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 (2), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

B.1.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (35). Det saknas dock kunskap om hur stort

krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO (36) 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 %.

B.1.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen (37) (38).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (39) 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 (40). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens (41) tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell 6 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 6. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

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

B.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

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

Gaser 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) (10). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

B.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria (42). Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (2).

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.

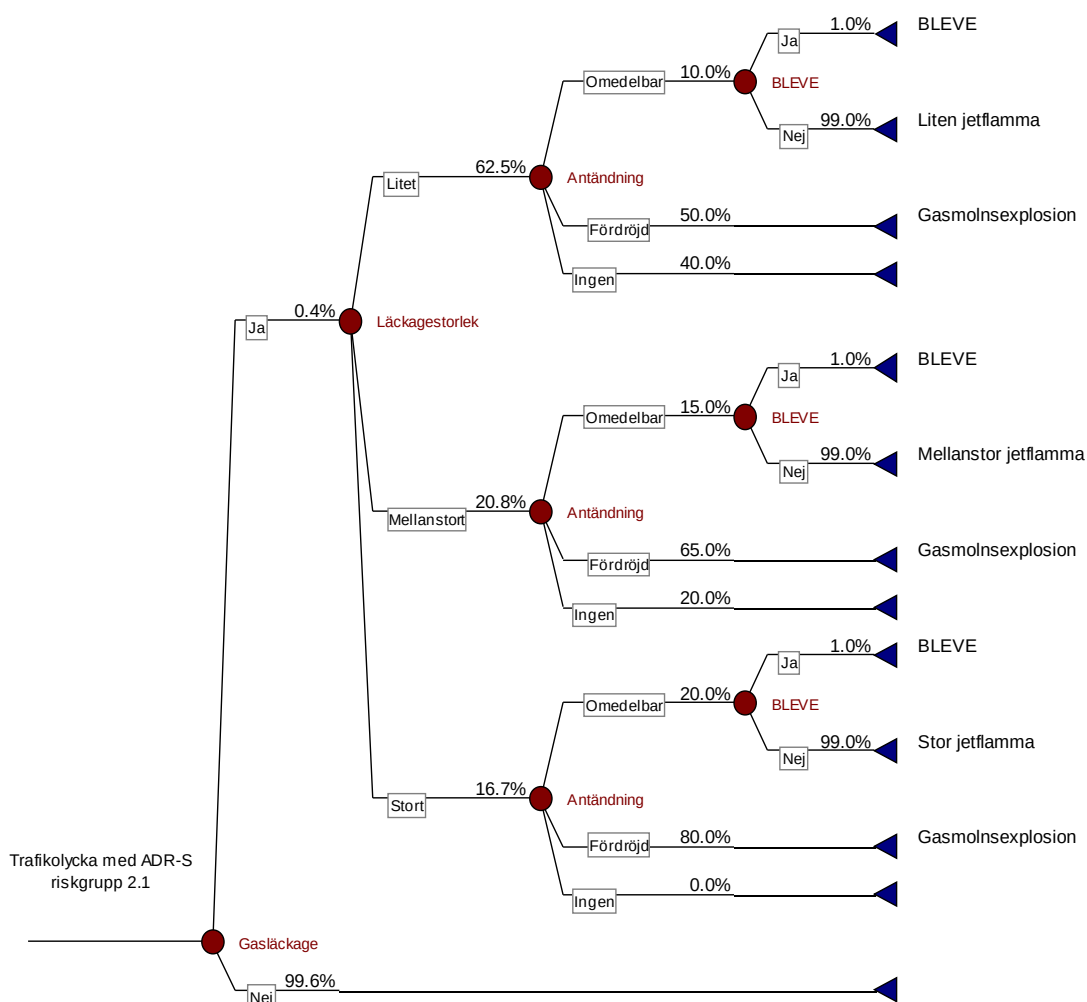
För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart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

B.2.1.1. 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.

B.2.2 Händelseträd med sannolikheter

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



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

B.2.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (43). 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 (6), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $0,12 \cdot 1/30 = 0,4\%$.

B.2.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i (6) 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 % (6).

B.2.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % (44), varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

B.2.2.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken 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 %.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

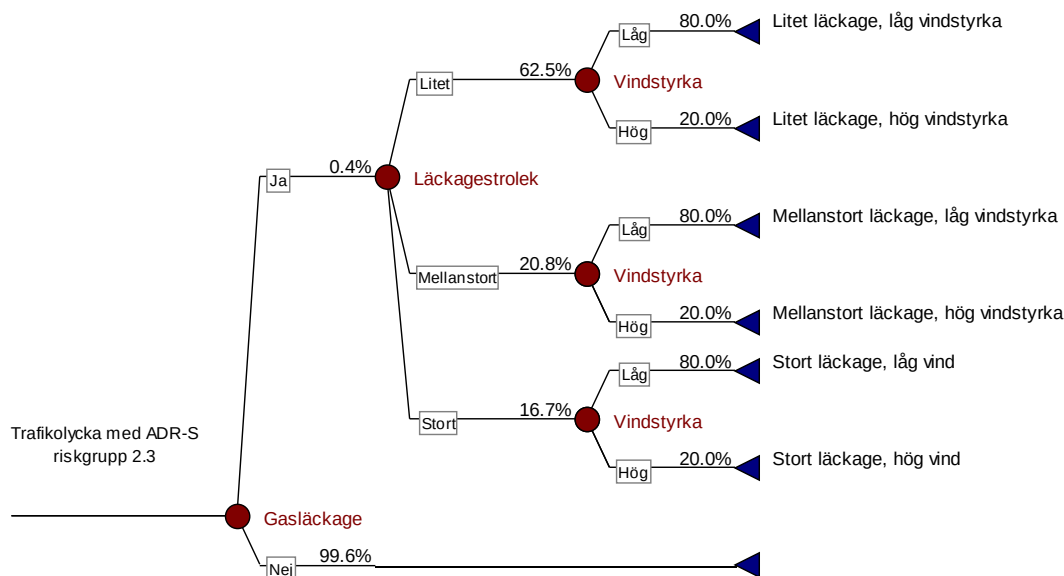
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

B.2.3.1. Representativt ämne

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

B.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



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

B.2.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (6). Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet (43). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 (6), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $0,12 \cdot 1/30 = 0,4\%$.

B.2.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. 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 % (6).

B.2.4.3. Vindstyrka

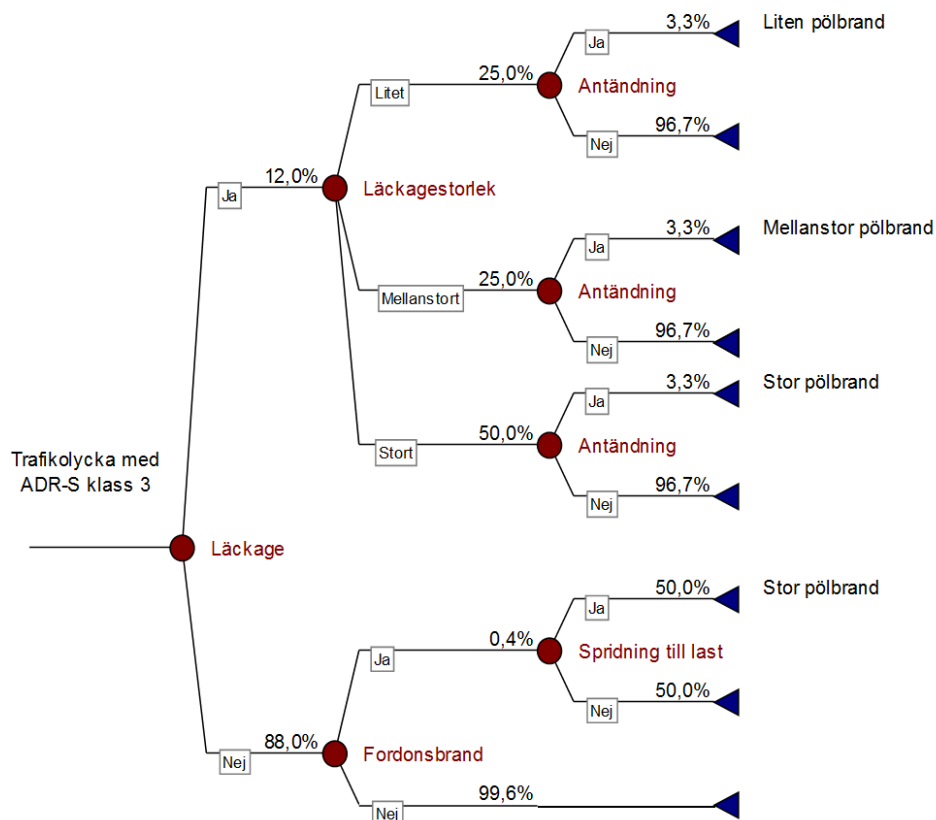
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runt om landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s (45). Vindhastighet 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%.

B.3. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

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

B.3.1 Händelseträd med sannolikheter

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



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

B.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 12% (6).

B.3.1.2. 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 (46) (47). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (6). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.3.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (48). 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 % (36).

B.3.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt B.1.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

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

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

B.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera (10).

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 (49). Baserat på uppgifter från Yara i Köping (50) och FOI (51) kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, 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 (52).

B.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

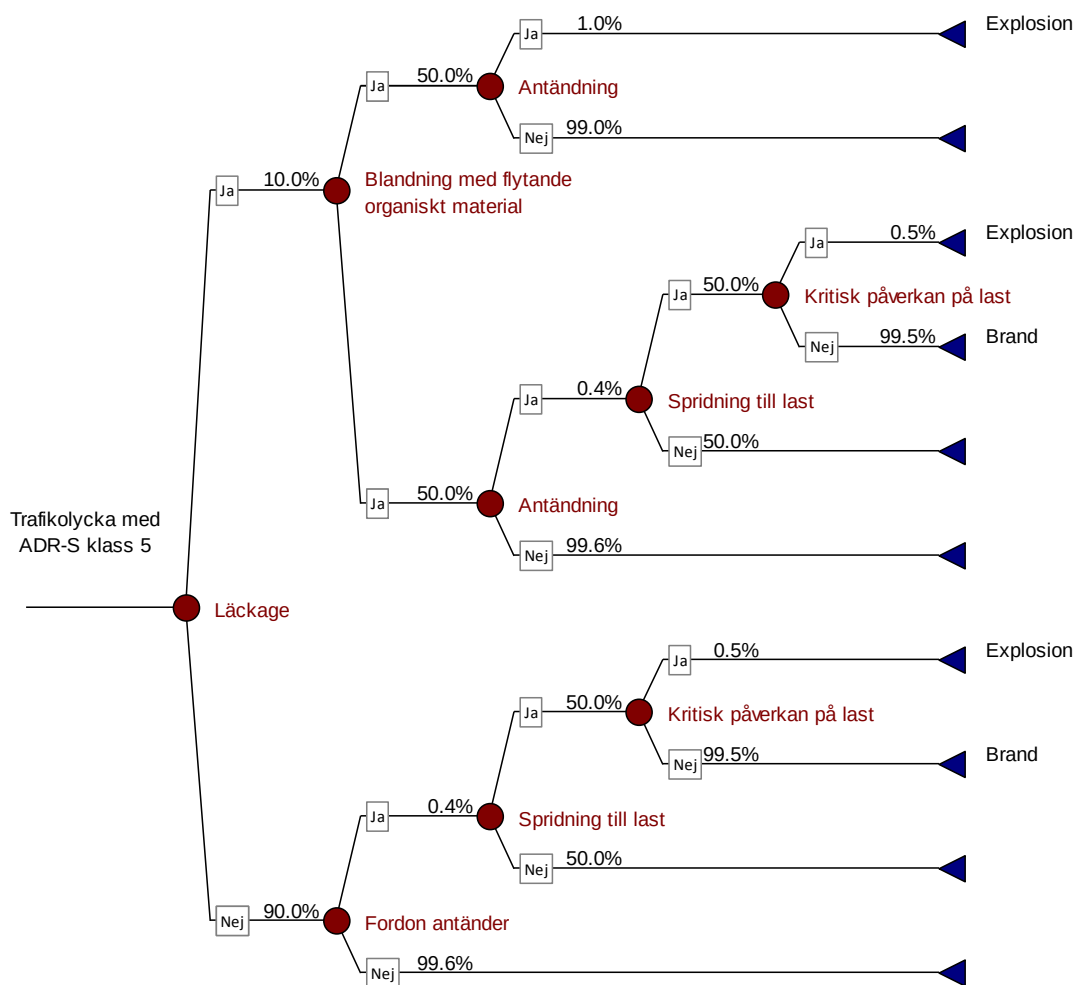
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne (42). I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

B.4.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter (53), 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.

B.4.2.2. Händelseträd med sannolikheter

Figur 19 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 19. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

B.4.2.3. 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 (54). Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

B.4.2.4. 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 ammoniumnitraten blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

B.4.2.5. 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.

B.4.2.6. 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 %.

B.4.2.7. Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt B.1.2) är denna cirka 0,4 %.

B.4.2.8. 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 %.

B.4.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C (50). 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 (49). Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

B.5. Ackumulerad olyckspåverkan

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

Bilaga C. Konsekvensberäkningar

Tabell 7 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i C.2. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

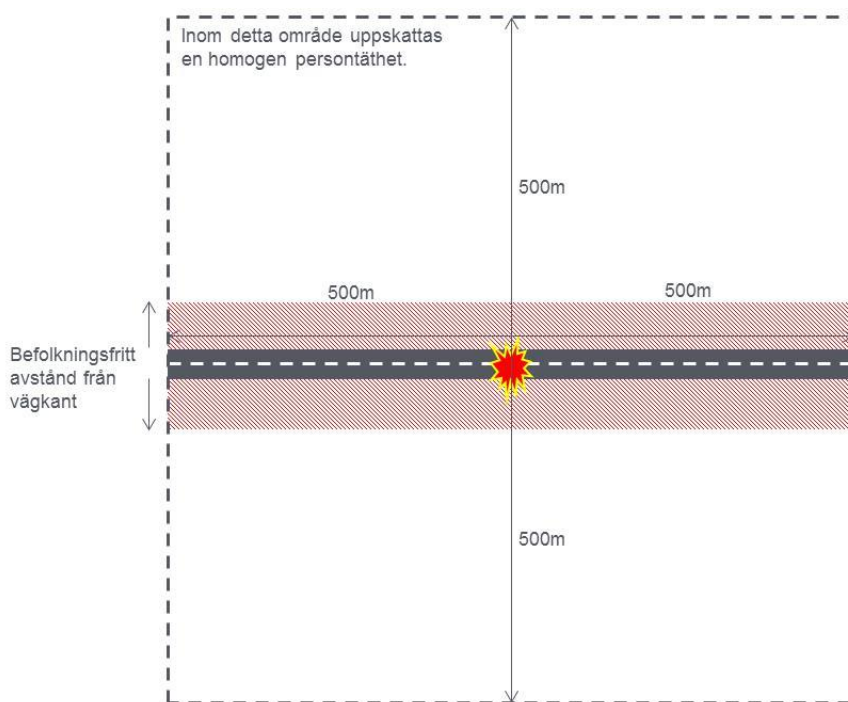
På Stenas Danmarksfärjor som utgår från Masthuggsterminalen förekommer restriktioner för transporter av farligt gods tillhörande de kategorier av gods som har störst och allvarligast potentiella konsekvenser vid olycka. Av denna anledning skall följande avsnitt ses som mycket konservativa skattningar av frekvenser och konsekvenser, då de generellt beskriver olycksförlopp ur ett mer generellt perspektiv på det nationella vägnätet. Angreppssättet är sådant att om konservativa skattningar enligt denna modell ger acceptabla risknivåer för planområdet behöver inga mer detaljerade/nyanserade studier avseende riskbidraget från förekommande farligt gods-transporter på Oscarsleden utföras.

Tabell 7. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

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

C.1. Persontäthet

I samhällsriskberäkningar uppskattas hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor från centrum av planområdet samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 20.



Figur 20. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Det är svårt att på ett rättvisande sätt uppskatta kommande befolkningstätheter inom planområdet och i stadsdelen generellt i detta skede. Vid samhällsriskberäkningarna i denna riskbedömning väljs därför standardpersonstätheter för stadsmiljö vid beräkningen av antalet omkomna. Tre personstätheter har i litteraturen identifierats som tillämpbara att beakta i aktuellt fall:

- 1000 personer/km² (i områden nära väggkant, 20-60 m (55))
- 2500 personer/km² (generell siffra för stad (6))
- 4100 personer/km² (representativt för tätort (56))

Göteborgs tätort hade en genomsnittlig personstäthet uppgående till 2700 personer/km² år 2010 (57). Med tanke på den höga exploateringsgraden i området ansåts dubbla det högsta identifierade värdet gälla i planområdet, dvs 8200 personer/km², som ett konservativt antagande. Antagandet görs att denna täthet föreligger såväl dag som natt.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt, och i aktuellt fall utgör cirka 45 meter ett befolkningsfritt avstånd från det vägnät inom kajområdet där transporter med farligt gods sker. Därför subtraheras personantalet inom detta område från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisken. För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

C.2. 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) (58).

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 (59). 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:

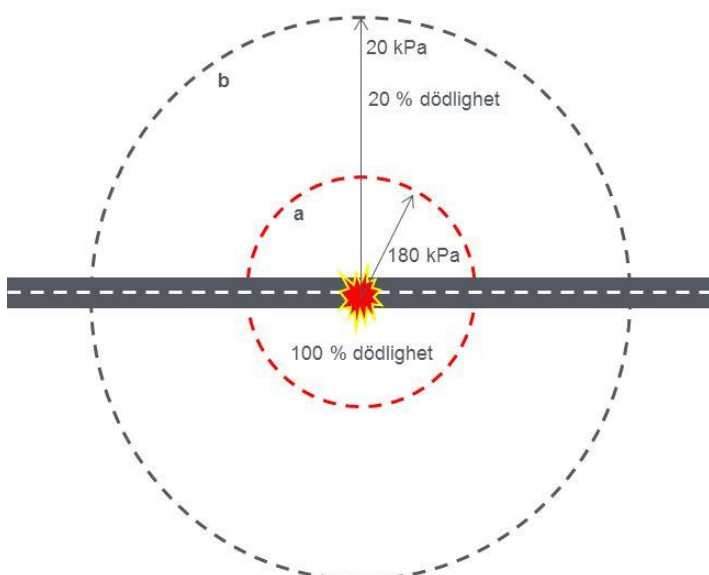
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

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 21.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (60) har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 8. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 8. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

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



Figur 21. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

C.3. 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.

C.4. 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* (61) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (62), för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 9. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm 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.

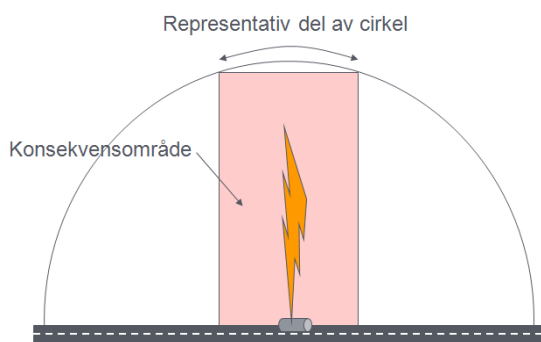
C.5. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (59). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.6. 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* (59), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (63) 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 22.



Figur 22. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

C.7. 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 (61) 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 21.

C.8. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell 10. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

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

C.9. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* (61). Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (yttråhet 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 22, och resultaten redovisas i Tabell 11.

Tabell 11. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

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

C.10. 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 (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (2) (64).

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 (2). I Tabell 12 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 12. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/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

C.11. ADR-S klass 5

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

C.11.1.1. 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/dieselmixtur kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl (52). Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

C.11.1.2. 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.

Bilaga D. Referenser

1. **Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län.** Riskhantering i Detaljplanprocessen. *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
2. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods.* Dnr 758/92. u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
3. **IEC.** International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems.* Geneve : International Electrotechnical Commission, 1995.
4. **ISO.** Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73.* Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
5. **Nystedt, Fredrik.** Riskanalysmetoder. Lund : Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
6. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
7. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
8. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
9. **Län, Länsstyrelsen - Västra Götalands.** *Undantag från lokala trafikföreskrifter om förbud mot transport av farligt gods i Göteborgs kommun.* 2014-12-22. 258-34609-2014.
10. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
11. **Räddningsverket.** Förvaring av explosiva varor. Karlstad : u.n., 2006.
12. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
13. **AB, SSPA Sweden.** *Skeppsbron - Maritim riskbedömning.* 2012-01-12.
14. **Sweco.** *Rosenlundsverket - Risker för tredje man.* 2012-06-29.
15. —. *Underlag för parallella arkitektuppdrag.* 2014-06-18.
16. —. *Detaljplan Järnvågsgatan och Masthuggskajen - Besiktning och konsekvensberäkningar Rosenlundsverket.* 2014-11-07.
17. **Sjöfartsinspektionen, Invar Dyberg.** *Telefonsamtal.* 2009.
18. **AB, FB Engineering.** *Riskanalys F/H Astoria, Gullbergskajen.* Göteborg : u.n., 2002.
19. **Transportstyrelsen.** *Riktlinjer för utformning av farleder.* 2012. Dnr TSS 2012-2722.
20. **Energi, Göteborg.** *Fyllning och tömning av förrådsoljetank, Rosenlund.* 2014.
21. **Brandskyddslaget AB.** *Brandskyddsdokumentation Götatunneln, Göteborg.* Stockholm : Brandskyddslaget AB, 2008.
22. **Vägverket.** *Riskanalys avseende driftskedet, Väg 45, GÖTATUNNELN.* u.o. : Vägverket, 2001.
23. —. *VV Publikation 2002:113.* u.o. : Vägverket, 2002.
24. **Karlsson, Björn och Quintiere, James G.** *Enclosure Fire Dynamics.* Boca Raton : CRC Press LLC, 2000.
25. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken.* Brandteknik. Lund : Lunds Tekniska Högskola, 2005.
26. **Vägverket.** *Allmän teknisk beskrivning för vägtunnlar, Tunnel 99.* Borlänge : Vägverket, 1999.
27. **Kanozi.** *Hamnsektioner - princip. odaterad.*
28. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *VTI rapport 387:1.* 1994.
29. **Ann Andersson, Stena Line.** *Information gällande farligt gods-transporter till och från Masthuggsterminalen.* 2015-06-10.
30. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.
31. **Ingasson, Haukur, o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.
32. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
33. **VTI.** *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

34. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels.* u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.
35. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
36. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
37. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.
38. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
39. **MSB.** *Trafikflöde på väg [Elektronisk].* Hämtad 2010-08-11.
<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/>. u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
40. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. Muntligen: 2007-01-30. 2007.
41. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. Polisens tillståndsenhet. 2008.
42. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.
43. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.
44. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy , G.** 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.
45. **Alexandersson, H.** *Vindstatistik över Sverige 1961-2004 (nr 121).* Norrköping : Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
46. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
47. **Gammelgård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.
48. **SPI.** *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk]* Hämtad 2010-07-08.
<https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
49. *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers.* **Marlair, G och Kordek, M-A.** 2005, Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.
50. **Karlsson, Lars-Håkan.** Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.
51. **Magnusson, Johan.** Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan.* u.o. : FOI, Tumba, 2008.
52. **Forsén, Rickard.** *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.
53. **VROM.** *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.
54. **Havai, Jan.** Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen.* u.o. : Yara AB, Köping, 2008.
55. **Länsstryelsen i Skåne Län.** *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM). Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods - Skåne i utveckling 2007:06.* 2007.
56. **Kylefors, M.** *Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making, Rapport 1023.* u.o. : Avdelningen för brandteknik, Lunds Universitet, 2001.
57. **Centralbyrån, Statistiska.** *Invånare per kvadratkilometer i tätort - Göteborg 2010.* 2015-06-15.
58. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** *Verkan av explosioner i det fria.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
59. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
60. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
61. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
62. **TRAFA.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.
63. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
64. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.

WSP Sverige AB

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00

Fax: +46 10 722 74 20

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

