



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för vägplan

Transport av farligt gods på väg

Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun

2016-04-18

Uppdragsgivare

Trafikverket

WSP kontaktperson

Katarina Herrström

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

Fax: +46 10 7228793

WSP Sverige AB

Org nr: SE556057488001

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	2016-04-18			
Handläggare	Gustav Nilsson			
Granskare	Fredrik Larsson			
Godkänd av	Katarina Herrström			
Uppdragsnummer	10206743			

Sammanfattning

WSP har av Trafikverket fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av MKB för vägplan vid trafikplats Fagrabäck i Växjö kommun. Riskbedömningen avser beskriva vägens riskpåverkan mot omgivningen med nuvarande respektive ändrad utformning.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad vägplan utifrån riskpåverkan. I detta ingår även att efter behov ge förslag på riskreducerande åtgärder. Lämpligheten utreds dels i en jämförandestudie mot nollalternativet, men baseras även på hur riskpåverkan i utbyggnadsalternativet kan värderas oberoende av den befintliga vägen.

Trafikplatsen är idag en cirkulationsplats med totalt fem anslutningar. Tre av dessa är kategoriserade som primära transportleder för farligt gods. Kortaste avstånd mellan bebyggelse och de delar av farligt gods-lederna som är del i vägplanen är omkring 30 meter. Utredning görs med utgångspunkt i Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - *Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM) framtagen av Länsstyrelsen i Skåne.

För utbyggnadsalternativet är beräknad individrisk lägre än i nollalternativet, tillika acceptabel bortom 25 meter från väggkant. I utredningen har inga konfliktpunkter inom detta avstånd identifierats, varför inga särskilda krav på riskreduktion bedöms motiverade.

Samhällsrisk för utbyggnadsalternativet är lägre än i nollalternativet och är till största del acceptabel enligt DNV:s värderingskriterier. Risknivån överskrider i viss mån gränsen för explicit acceptabel risk med avseende på södergående väg 27.

Givet den riskreduktion som utbyggnaden medför i form av reducerad olycksfrekvens och ökade avstånd till idag bebyggda ytor, görs bedömningen att inga ytterligare åtgärder måste genomföras med hänsyn till risk med avseende på liv och hälsa.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål.....	5
1.2	Avgränsningar	5
1.3	Styrande dokument	6
1.4	Internkontroll.....	6
2	Områdesbeskrivning	7
2.1	Infrastruktur	8
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	10
3.1	Begrepp och definitioner.....	10
3.2	Metod för riskinventering	11
3.3	Metod för riskuppskattning.....	11
3.4	Metod för riskvärdering	13
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder	14
4	Riskidentifiering.....	15
4.1	Transportleder för farligt gods.....	15
5	Riskuppskattning.....	17
5.1	Individrisknivå, nollalternativ	17
5.2	Individrisknivå, utbyggnadsalternativ	18
5.3	Samhällsrisk, nollalternativ	19
5.4	Samhällsrisk, utbyggnadsalternativ	20
5.5	Jämförelse.....	20
6	Riskreducerande åtgärder.....	21
7	Diskussion.....	23
7.1	Riskenivå.....	23
7.2	Identifiering av osäkerheter	23
8	Slutsatser	24

Bilagor

Bilaga A.	Statistiskt underlag	25
Bilaga B.	Frekvensberäkningar	27
Bilaga C.	Konsekvensberäkningar	37
Bilaga D.	Referenser.....	44

1 Inledning

WSP har av Trafikverket fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av MKB för vägplan vid trafikplats Fagrabäck i Växjö kommun. Riskbedömningen avser beskriva vägens riskpåverkan mot omgivningen med nuvarande respektive ändrad utformning.

Ny vägplan är under utveckling för trafikplats Fagrabäck med syfte att hantera ökande trafikflöden. Trafikplatsen är idag en cirkulationsplats med totalt fem anslutningar. Tre av dessa är kategoriserade som primära transportleder för farligt gods. Kortaste avstånd mellan bebyggelse och de delar av farligt gods-lederna som är del i vägplanen är omkring 30 meter. Utredning görs med utgångspunkt i *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM) framtagen av Länsstyrelsen i Skåne [1].

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla kravbilderna från RIKTSAM i beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad vägplan, med avseende på närhet till bebyggda områden.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad vägplan utifrån riskpåverkan. I detta ingår även att efter behov ge förslag på riskreducerande åtgärder. Lämpligheten utreds dels i en jämförandestudie mot nollalternativet, men baseras även på hur riskpåverkan i utbyggnadsalternativet kan värderas oberoende av den befintliga vägen.

1.2 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på väg 25, 25/27 och 27. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

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

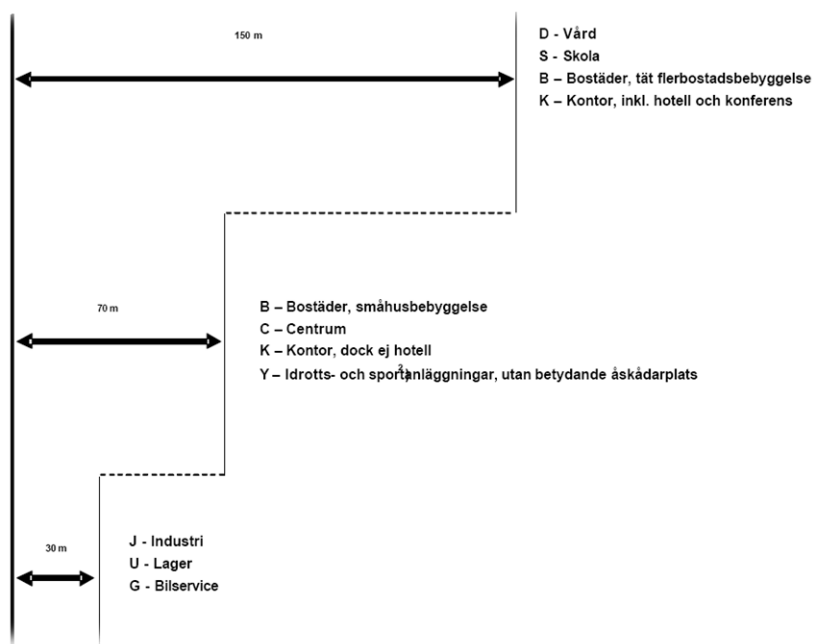
Denna riskbedömning beaktar endast risker i under vägens driftskede, dvs. efter att den är färdigställd. Ombyggnationen kan medföra att trafik i viss mån behöver omdirigeras till andra vägar vilket i tur kan ställa krav på upprättande av ytterligare riskbedömningar.

1.3 Styrande dokument

I vägplaneringsprocessen ingår att genomföra miljökonsekvensbedömningar och ta fram miljökonsekvensbeskrivningar för att möjliggöra en samlad bedömning om projektets direkta och indirekta effekter på människors hälsa och på miljön [2]. Miljökonsekvensbeskrivningen omfattar såväl kontinuerlig påverkan som påverkan från plötsligt inträffade händelser (olyckor) under vägens drift- respektive byggskede. Kravet att upprätta en miljökonsekvensbeskrivning återfinns i Miljöbalken (1998:808) och har som syfte att miljöanpassa vägprojektet och vid behov minska dess påverkan på människors hälsa och på miljön.

Effekter till följd av olyckor utreds som regel med hjälp av en särskild riskbedömning där risknivån för människors hälsa och för miljön beräknas och bedöms. Anses risknivån vara för hög anges förslag till riskreducerande åtgärder, vilka tillsammans med erhållen risknivå redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen. Beslutade åtgärder redovisas i vägplanen och i MKB.

Länsstyrelsen i Skåne län har tagit fram *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods* (RIKTSAM) [1]. I RIKTSAM föreslås tre vägledningsnivåer för att säkerställa att tillfredsställande och jämförbar säkerhet åstadkoms i samhällsplaneringen. Vägledning 1 baseras enbart på skyddsavstånd, och uttrycks som minimiavstånd för god planering mellan transportleder och markanvändning, se Figur 1. Vägledning 2 baseras på deterministiska kriterier (hänsyn till konsekvenser som tänkbara scenarier medför). Vägledning 3 baseras på probabilistiska kriterier (hänsyn till såväl sannolikhet som konsekvens av tänkbara scenarier) avseende individ- och samhällsrisk. Vägledningarna ska tillämpas för bebyggelse som planeras inom vägledningsområdet 200 meter från transportleder för farligt gods.



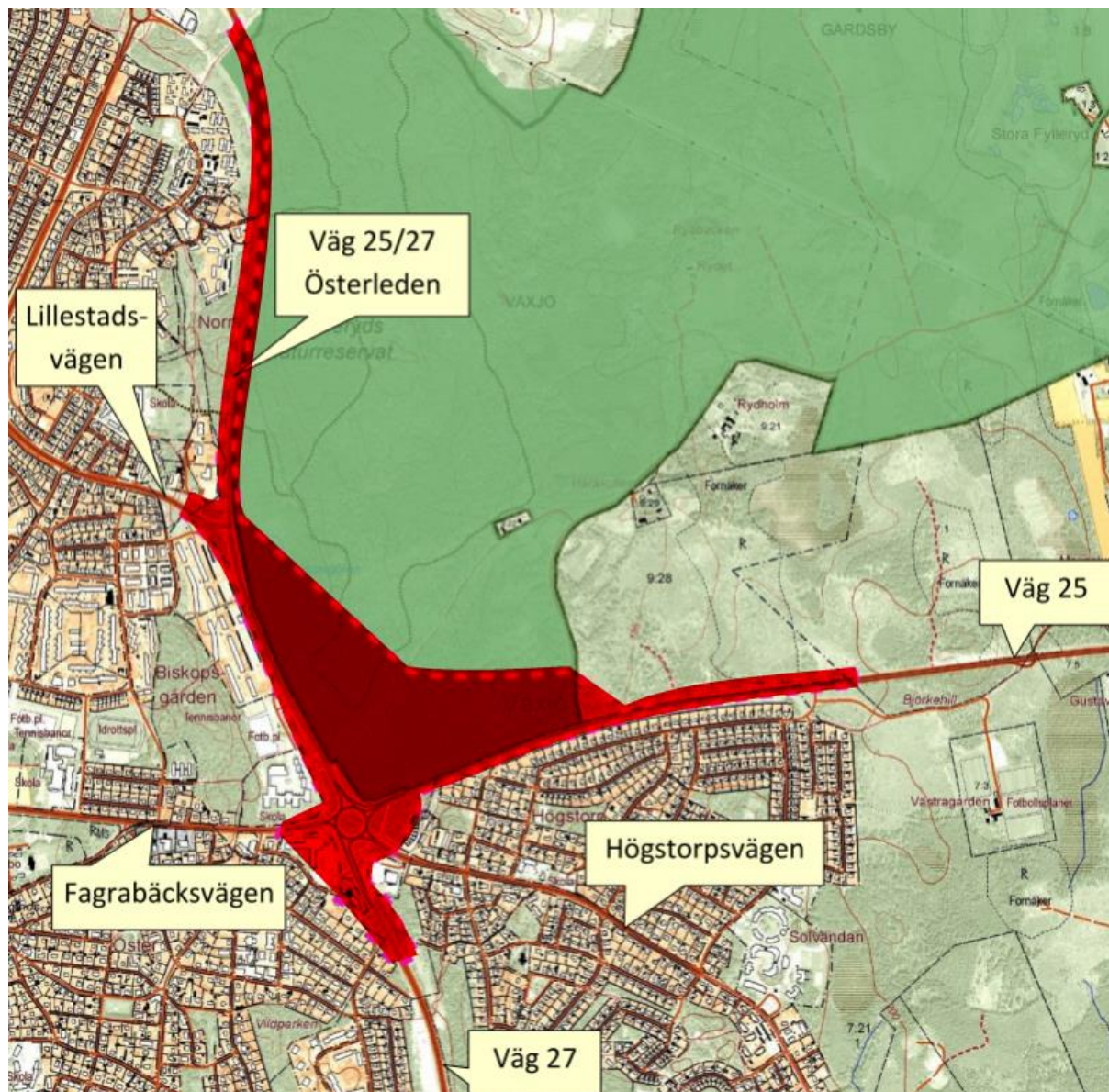
Figur 1. Föreslagna skyddsavstånd i Vägledning 1 [1].

1.4 Internkontroll

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

2 Områdesbeskrivning

I enlighet med Trafikverkets åtgärdsvalsstudie föreslås ett utredningsområde som ska kunna inrymma de åtgärder som föreslås. Utredningsområdet rymmer delar av väg 25 och väg 27, Fagrabäcksvägen, Fagrabäcksrondellen samt delar av Fyllerydsskogen. Det aktuella utredningsområdet kan ses i Figur 2



Figur 2. Avgränsning för utrett vägplaneområde (rött). Fylleryds naturreservat i grönt.

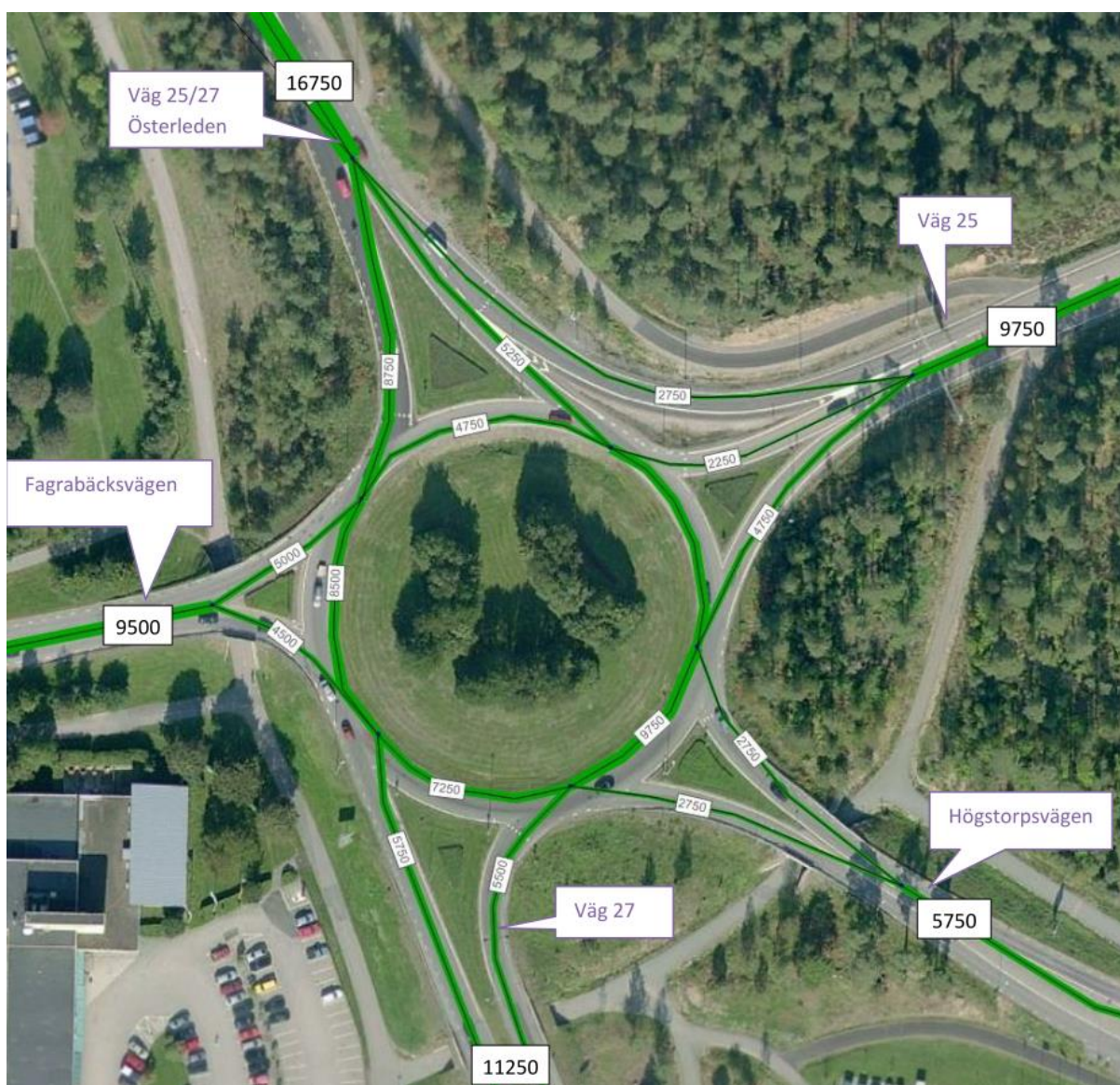
Vägplanen är omgiven av bostadsbebyggelse i alla vädersträck utom nordost där Fylleryds naturreservat breder ut sig. I hörnet mellan Fagrabäcksvägen och Österleden ligger Fagrabäcksskolan.

Småhusbebyggelsen i Högstorp ligger ca 30 m från väg 25, där finns en bullervall mellan bostäderna och vägen vilket kan tjäna som skydd vid en eventuell olycka med farligt gods. Fagrabäcksskolan ligger på ett avstånd av ca 55-60 m från Österleden. Flerfamiljshusen i Biskopsgården längs med Österleden ligger ca 65-70 m från vägen och har garagebyggnader placerade mellan huskropparna och vägen, som kan fungera som ett visst skydd vid en olycka.

2.1 Infrastruktur

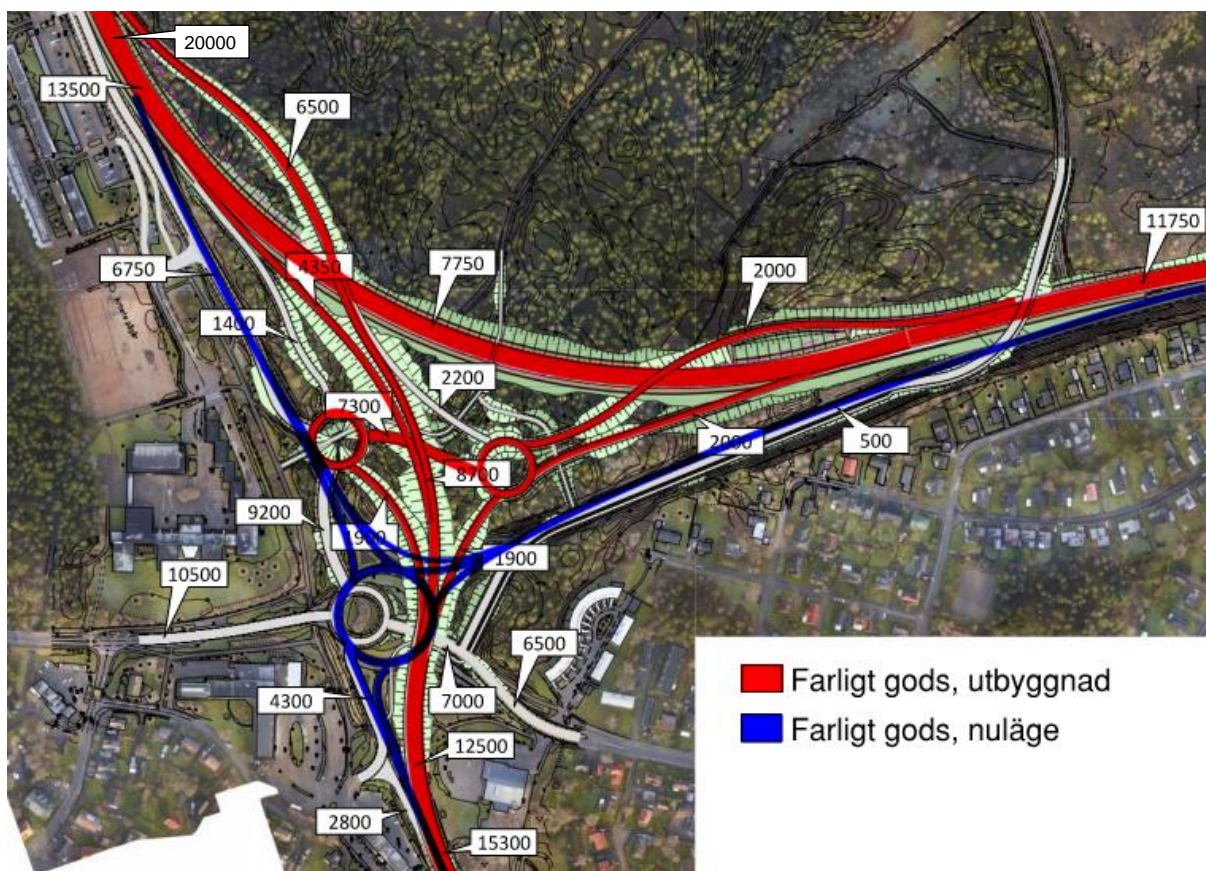
Väg 25 är en tvåfältsväg med hastighetsbegränsning 70 km/h på större delen av den aktuella sträckan och 90 km/h i den norra delen av Österleden. Nordväst om sträckan har vägen s.k. 2+1 körfält med mitträcke, hastigheten är 90 km/h. Även öster om den aktuella sträckan är vägen mötesseparerad med 2+1 körfält med mitträcke. Tillåten hastighet på denna del är 100 km/h. Hastighetsbegränsningen genom cirkulationsplatsen är 50 km/h.

Anslutande Fagrabäcksvägen och Högstorpsvägen har båda en hastighetsbegränsning på 40 km/h. Befintlig korsning är en cirkulationsplats med fem ben. Cirkulationsplatsen är enfilig idag med en radie på 40 m. Från öster på väg 25 och norrut till Österleden (väg 25/27), finns ett separat högersvängfält. All genomgående trafik på väg 25 och 27 måste passera denna punkt med relativt låg hastighet. Cirkulationsplatsen trafikeras även av en stor andel lokal trafik. I dag bildas köer i högtrafik morgon och eftermiddag vid infarterna till Fagrabäcksrondellen. I Växjö kommuns pågående arbete med åtgärdsvalsstudie för staden har det gjorts en uppräknig av trafiken, där Trafikverkets tidigare mätningar av trafiken har räknats upp till dagens nivå och fördelats ut på vägnätet. Figur 3 visar dagens trafik i befintlig cirkulationsplats.



Figur 3. Befintlig cirkulationsplats med trafikdata för år 2015.

I utbyggnadsförslaget byts den befintliga rondellen ut mot ett vägnätverk bestående av tre rondeller och direkta förbifarter. Generellt hamnar de mer belastade vägvägnitt längre från bebyggelse. I Figur 4 ses förväntade ÅDT på respektive sträckningar. De vägvägnitt som förväntas trafikeras av farligt gods är markerade i rött.



Figur 4. Prognostiserad trafik i utbyggnadsalternativet. Jämförelse av sträckningar för farligt gods i nuläge (blått) och i utbyggnadsalternativ (rött).

Ur figuren kan utläsas att transport av farligt gods generellt kommer förflyttas bort från bebyggda områden, i synnerhet invid Fagrabäcksskolan och utmed väg 25.

Utbyggnaden innebär att en större del av trafiken enkelriktas och avskiljs med mitträcke vilket ger en minskad olycksfrekvens. Utbyggnaden innebär även att genomfartstrafik och lokaltrafik separeras på ett sätt vilket bedöms ge en generellt sett säkrare trafikmiljö.

3 Omfattning av riskhantering och metod

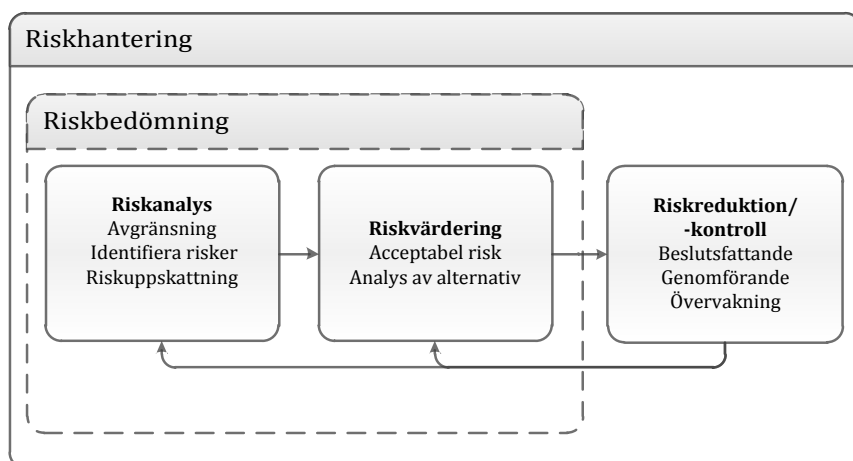
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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

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



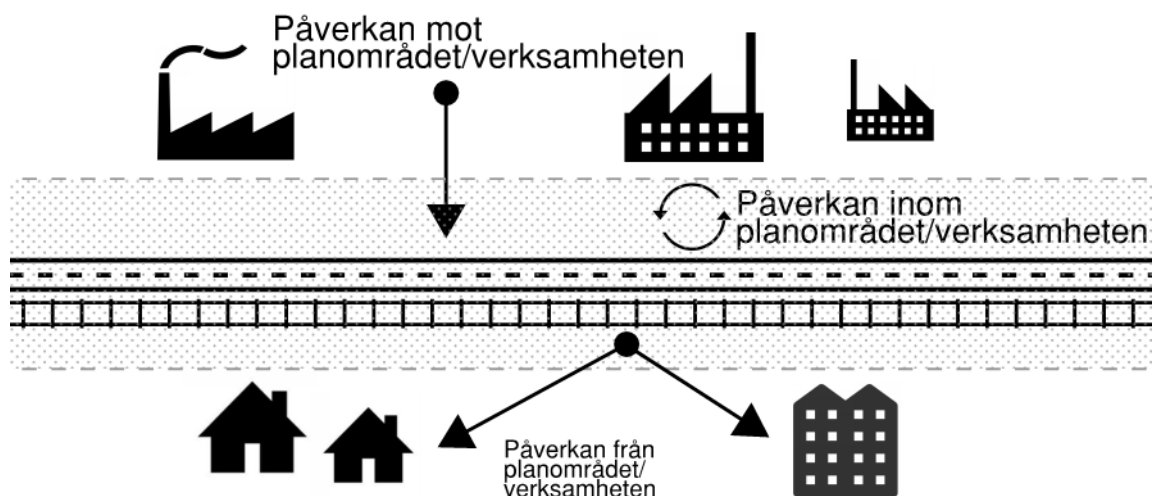
Figur 5. Riskhanteringsprocessen.

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

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

3.2 Metod för riskinventering

Vid upprättande av MKB ska olika typer av riskkällor och deras påverkan till och från omgivningen beaktas enligt Figur 6.



Figur 6. Schematisk skiss över att hänsyn till olika riskkällor och deras respektive påverkan inom planområdet och mot omgivningen bör beaktas.

Vid riskbedömning vid framtagande av vägplan ligger generellt största fokus i att bedöma vägens påverkan mot omgivningen. I vissa fall kan det även vara aktuellt att bedöma påverkan från intilliggande verksamheter (t.ex. industrier eller annan väg/järnväg) mot vägplaneområdet.

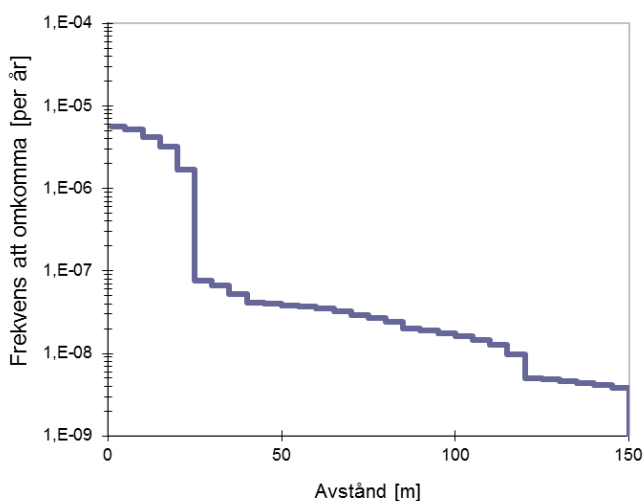
3.3 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [5] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga A.

3.3.1 Individrisk

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus [6]. Individrisken är platspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisk kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 7.

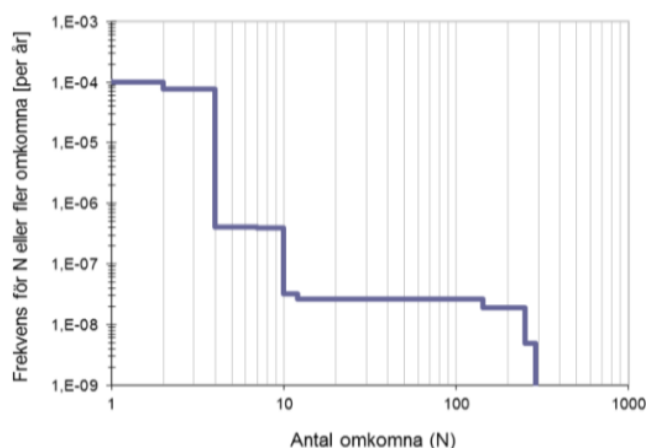


Figur 7. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk

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

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 8, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 8. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

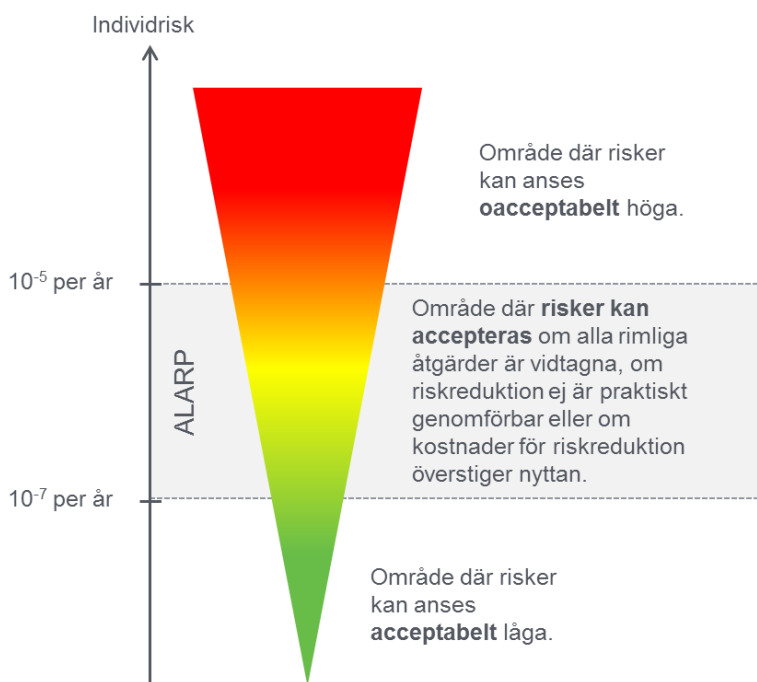
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.4 Metod för riskvärdering

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

3.4.1 Riskkriterier, individ- och samhällsrisk

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier [6] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 9.



Figur 9. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [6]:

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.

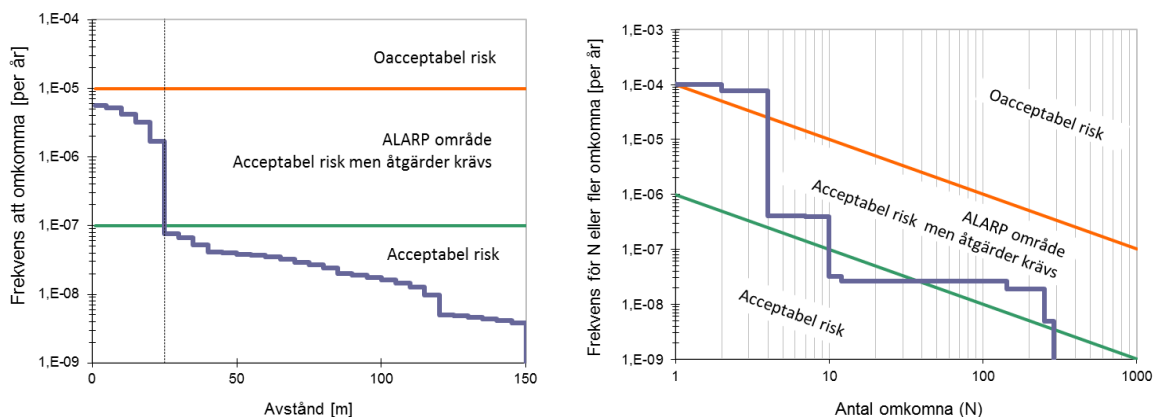
För individrisk föreslog DNV [6] följande kriterier:

- 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 [6] 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 10.



Figur 10. Föreslagna kriterier på individrisk (t.v.) samt samhällsrisk (t.h.) enligt DNV [6].

I denna riskbedömning redovisas individrisknivå och samhällsrisk för 1 km².

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 Säkerhetsförhöjande åtgärder i detaljplaner [7], 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

Riskidentifieringen har genomförts enligt metodik i avsnitt 3.2 med resultat att vägplanens påverkan mot omgivningen utgör den enda relevanta riskkällan vilken bedöms kräva vidare utredning. Påverkan mot omgivningen beror till stor del av risk för liv och hälsa till följd av olycka med farligt gods-transport.

4.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [8] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt de så kallade ADR-S-systemet som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 1 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

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

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 [8].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma båda inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [9].
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.

ADR-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
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 [10]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

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

4.1.1 Transport av farligt gods vid Fagrabäck trafikplats

Farligt gods transporteras på väg 25, väg 27 och väg 27/25 (Österleden), vilka alla utgör primära transportleder för farligt gods. Andel tung trafik av den totala trafiken har beräknats enligt prognos i Tabell 2

Tabell 2. Prognostiserad ÅDT och andel tung trafik för respektive väg år 2035.

Vägavsnitt	ÅDT (total trafik)	Andel tung trafik	ÅDT (tung trafik)
Väg 25/27 (norrgående)	20 000	12 %	2 400
Väg 25 (östergående)	11 750	9 %	1 060
Väg 27 (södergående)	15 300	14 %	2 140

Andelen av den tunga trafiken som transporterar farligt gods ansätts till 2,5 % med en inbördes fördelning på respektive ADR-S klass enligt nationell statistik hämtad från *Trafikanalys* (TRAFA) enligt Tabell 3.

Tabell 3. Fördelning av trafikarbete för respektive ADR-S klass enligt statistik från TRAFA (2008-2014).

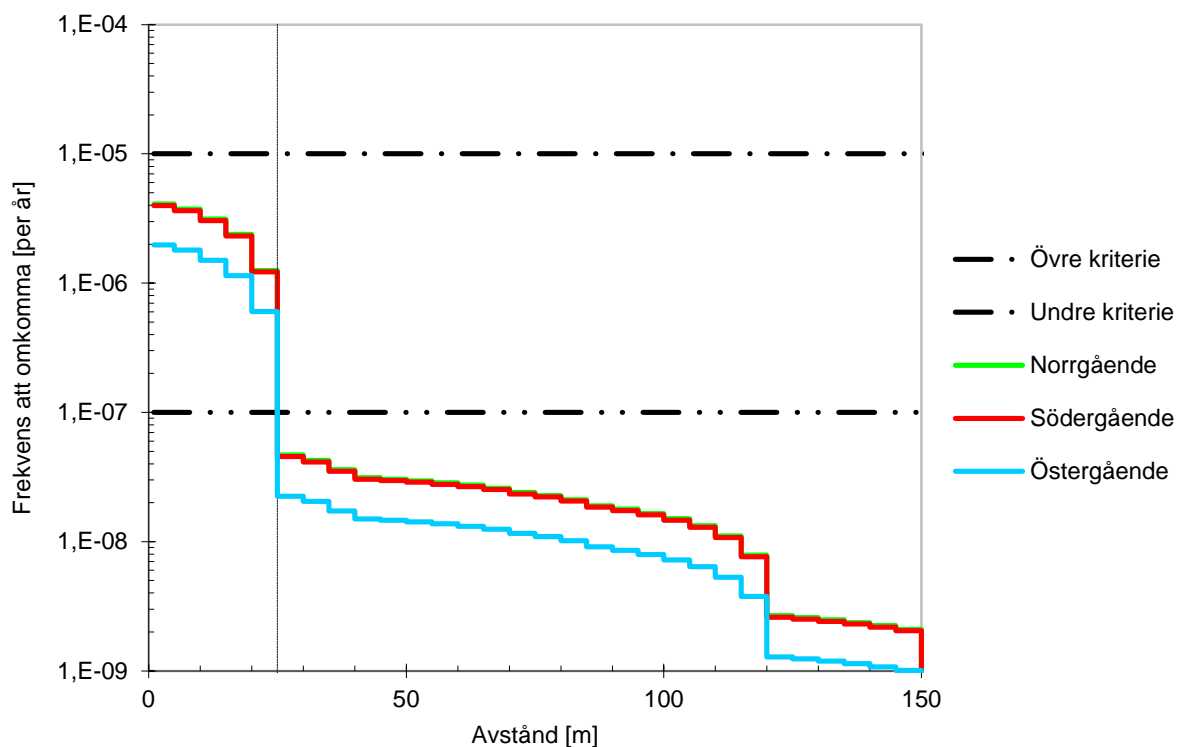
Klass	ADR-S 1	ADR-S 2.1	ADR-S 2.3	ADR-S 3	ADR-S 5	Övrigt	Σ
Andel	1,01 %	5,60 %	0,04 %	56,66 %	3,29 %	33,41 %	100 %

5 Riskuppskattning

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods. Individ- och samhällsrisknivå värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.1.

Riskmåten presenteras för både noll- och utbyggnadsalternativet för att möjliggöra för en inbördes jämförelse.

5.1 Individrisknivå, nollalternativ



Figur 11. Individrisk för respektive vägdel i nollalternativet beräknat med trafikprognos för 2035.

Ur Figur 11 kan utläsas att individrisken är acceptabel bortom 25 meter från väggkant för samtliga vägdelar. Lägst risk återfinns kring väg 25 mot Kalmar givet lägre ÅDT och lägre andel tung trafik. I Figur 12 ses individrisken som riskkonturer överlagrade på en områdeskarta.

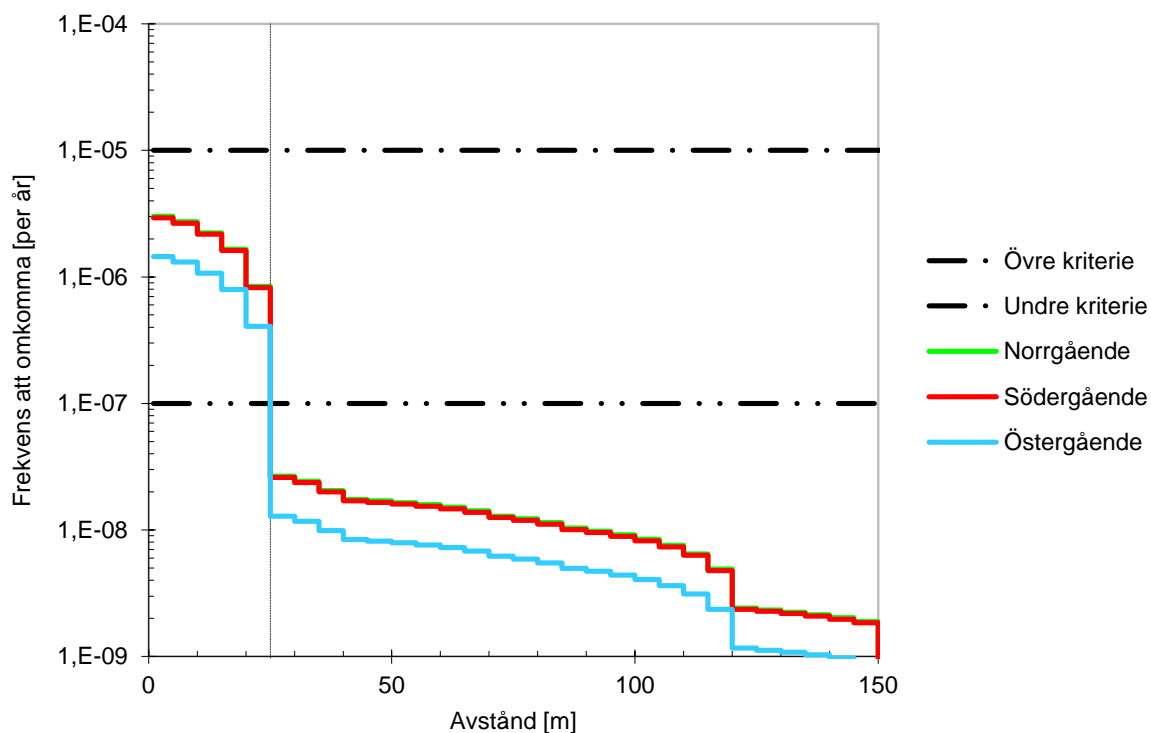
Konturer presenteras för avstånd till acceptabel risk (10^{-7}) och avstånd till 10 % av densamma. Anledningen är att visa på hur riskbilden ser ut bortom gränsen för acceptabel risk.



Figur 12. Individriskkontur för nollalternativ år 2035. Förhöjd risk råder inom rödmarkerat område. Streckad linje ($1E-8/10^{-8}$) visar avståndet till där risken är 10 % av det acceptabla gränsvärdet.

5.2 Individrisknivå, utbyggnadsalternativ

Givet den komplexa vägstrukturen presenteras individrisk endast som konturer för själva trafikplatsen. För vägsträckningarna bortom trafikplatsen presenteras individrisken även i graf enligt Figur 13.



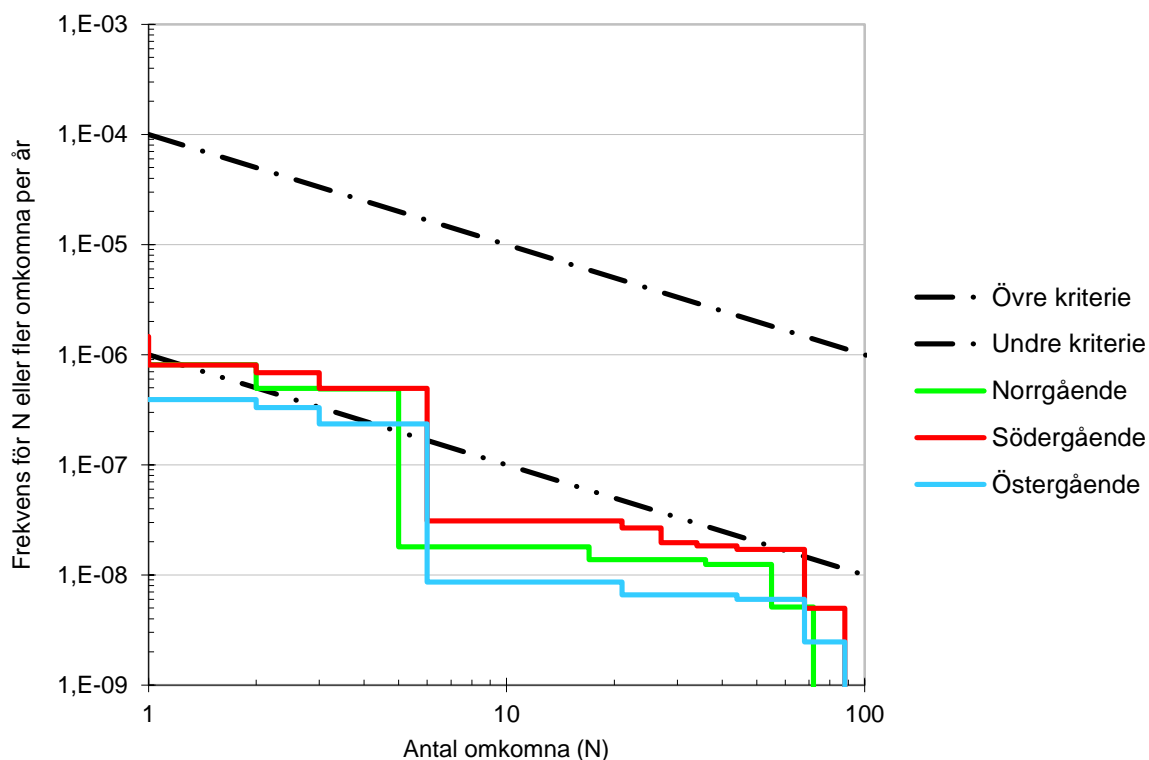
Figur 13. Individrisk för respektive vägdel i utbyggnadsalternativet bortom trafikplatsen.

Ur Figur 13 kan utläsas att individrisken är acceptabel bortom 25 meter från väggkant. I Figur 14 ses individrisken som riskkonturer överlagrade på en områdeskarta.



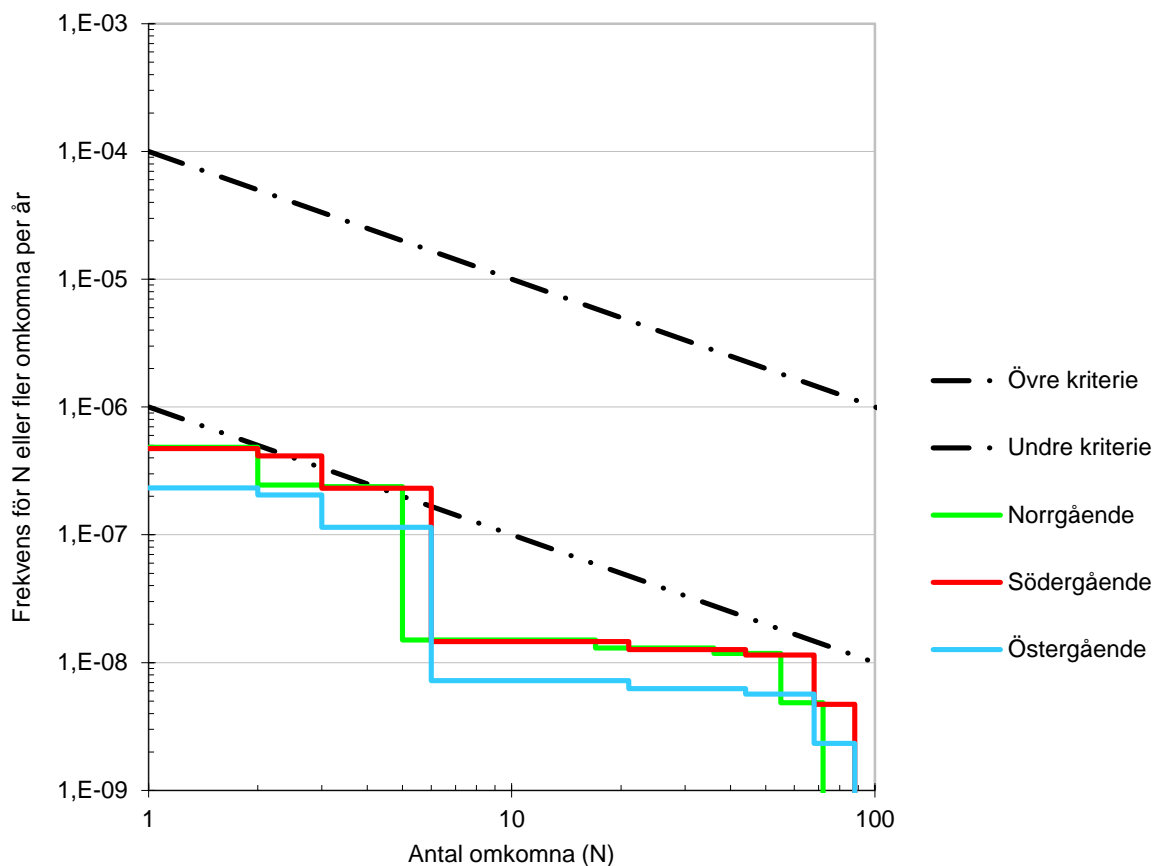
Figur 14. Individriskkonturer för utbyggnadsalternativet. Förhöjd risk råder inom rödmarkerat område. Streckad linje ($1E-8/10^{-8}$) visar avståndet till där risken är 10 % av det acceptabla gränsvärdet.

5.3 Samhällsrisk, nollalternativ



Figur 15. Beräknad samhällsrisk i nollalternativet.

5.4 Samhällsrisk, utbyggnadsalternativ



Figur 16. Beräknad samhällsrisk för utbyggnadsalternativet.

5.5 Jämförelse

I Figur 17 åskådliggörs en jämförelse mellan individrisken i form av konturer för noll- respektive utbyggnadsalternativet.



Figur 17. Jämförelse av individriskkonturer för noll- respektive utbyggnadsalternativet.

Ur den jämförande figuren kan utläsas att påverkan mot bebyggda områden, i synnerhet söder om väg 25 mot Kalmar och Fagrabäcksskolan, är lägre för utbyggnadsalternativet till följd av ökande separationsavstånd till vägen.

Generellt kan utläsas att risken för båda alternativen är att betrakta som låg, men att utbyggnadsalternativets riskpåverkan är än lägre än i nollalternativet.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhets- eller konsekvensreducerande. Olika åtgärders lämplighet och riskreducerande effekt baseras i huvudsak på bedömningar gjorda i MSB:s rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [7].

För utbyggnadsalternativet är beräknad individrisken lägre än i nollalternativet tillika acceptabel bortom 25 meter från väggkant. I utredningen har inga konfliktpunkter inom detta avstånd identifierats, varför särskilda krav på riskreduktion bedöms motiverade.

Samhällsrisken för utbyggnadsalternativet är lägre än i nollalternativet och är i största del acceptabel enligt DNV:s värderingskriterier. Risknivån överskrider i viss mån gränsen för acceptabel risk med avseende på södergående väg 27, varför möjliga åtgärder diskuteras nedan.

6.1.1 Markåtgärder - dike

Diken kan anordnas med syfte att samla upp utsläpp och kan reducera konsekvensen av pölbrand, då den effektiva pölarean begränsas. Åtgärden kan med fördel kombineras med barriär, se avsnitt 6.1.2 nedan.

6.1.2 Barriär

Uppförande av barriärer kan verka konsekvensreducerande vad gäller infallande strålning vid olycka med brandfarlig vätska och vid läckage av tunga gaser. Ett exempel på sådan åtgärd är de eventuella bullervallar som uppförs utmed vägen. I beräkningarna av risk har ingen hänsyn tagits till förekomsten eller den riskreducerande effekten av sådana vallar.

6.1.3 Skyddsavstånd

Genom att separera en riskkälla med det skyddsvärda objektet kan konsekvensen för olika typer av olyckor reduceras. Då vägen i utbyggnadsförslaget generellt placerats på ett större avstånd till bebyggda ytor än i nollalternativet reduceras risken. Generellt gäller att risken är acceptabel bortom 25 meter från väkant.

6.1.4 Vegetation

Vegetation som riskreducerande åtgärd innebär att en trädridå planteras (eller bevaras) mellan riskkälla och skyddsvärt objekt. Åtgärden kan ha riskreducerande effekt vid giftiga gasutsläpp, explosioner och vid avåkning. Tillförlitligheten kan dock ifrågasättas, eftersom nyplanterade träd inte nödvändigtvis har tillräcklig storlek för att åstadkomma avsedd effekt, underhållsbehovet är stort och effekten är säsongsberoende om träden är lövfällande. Åtgärden kan säkerställas genom krav på marklov för trädfällning.

6.1.5 Utformningsåtgärder

Genom att utforma vägen på ett sätt som minimerar sannolikheten för olycka kan risken reduceras även i de fall den tillåtna hastigheten ökar. Ett exempel på sådan åtgärd är förekomsten av mitträcke vilket effektivt reducerar frekvensen för kollision med mötande trafik.

Andra utformningsåtgärder som kan ha god effekt är avåkningsskydd/vägräcken, planskilda korsningar och enkelriktad trafik.

6.1.6 Sammanfattning av åtgärder

Ovan nämnda åtgärder bedöms möjliga tillika effektiva för att erhålla riskreduktion. Bedömning görs dock att ingen av åtgärderna kan kravställas för beräknad riskbild.

Risken bedöms vara acceptabel i och med att utbyggnadsalternativet genomförs oavsett om ytterligare åtgärder enligt ovan implementeras eller ej.

7 Diskussion

7.1 Risknivå

Beräknad individrisknivå för utbyggnadsalternativet är aningen förhöjd, varför riskreducerande åtgärder bör övervägas där så är ekonomiskt försvarbart.

Bedömning görs att risken oavsett särskilda åtgärder för vidare reduktion är lägre än för nollalternativet. Utbyggnadsalternativet bedöms i sin helhet vara en riskreducerande åtgärd mot nollalternativet och att man i och med genomförande av detta erhåller en god riskreduktion samtidigt som man möjliggör för en bättre trafiksituation.

7.2 Identifiering av 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 beräkningar, antaganden och förutsättningar som generellt är belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter, antal och typ
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas.

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. [11]

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. [11]

8 Slutsatser

Individrisken för både noll- och utbyggnadsalternativet är acceptabel bortom 25 meter, men då utformningen i utbyggnadsalternativet medför att vägen i stor del förläggs längre från redan bebyggda områden görs bedömning att riskbilden förbättras i händelse av en utbyggnad.

Gällande samhällsrisk så minskar denna i och med utbyggnaden till följd av säkrare vägutformning tillika lägre olycksfrekvens, samt att avståndet till bebyggda ytor ökar (i synnerhet söder om väg 25 mot Kalmar och förbi Fagrabäcksskolan). Samhällsriskenivån är i händelse av en utbyggnad att betrakta som låg, dock ej explicit acceptabel.

Givet den riskreduktion som utbyggnaden medför görs bedömning att inga särskilda åtgärder måste genomföras med hänsyn till risk med avseende på liv och hälsa.

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 [5] 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 [10] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten. För beräkningarna har indata enligt Tabell 4 använts för att beräkna frekvensen för farligt godsolycka som medför konsekvens mot omgivningen.

Tabell 4. Indata som använts i beräkningarna beroende på vägens tillåtna hastighet.

Hastighet	Olyckskvot (OK)	Andel Singelolyckor (SiO)	Index för FG-olycka
50	1,5	0,10	0,02
70	0,8	0,25	0,11
90	0,4	0,34	0,22

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens i form av läckage, antändning eller ger annan påverkan mot omgivningen beräknas enligt nedan:

$$Olyckor_{Total}(O) = \text{ÅDT}_{Total} \cdot 365 \cdot \text{Sträcka}(km) \cdot OK$$

$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\text{ÅDT}_{FG}}{\text{ÅDT}_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \text{ÅDT}_{FG}}{\text{ÅDT}_{Total}} - \frac{\text{ÅDT}_{FG}^2}{\text{ÅDT}_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2035 enligt Tabell 5.

Tabell 5. Prognostiserad ÅDT och andel tung trafik för respektive väg år 2035.

Vägavsnitt	ÅDT (total trafik)	Andel tung trafik	ÅDT (tung trafik)
Väg 25/27 Österleden	20 000	12 %	2 400
Väg 25 mot Kalmar	11 750	9 %	1 060
Väg 27 södergående	15 300	14 %	2 140

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

År 2013 genomfördes omkring 321 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 6 000 000 ton, fördelat på en total stäcka av cirka 55 000 000 kilometer [12].

Andelen av de tunga trafiken som transporterar farligt gods ansätts till 2,5 % med en inbördes fördelning på respektive ADR-S klass enligt nationell statistik för åren 2008-2014 hämtad från *Trafikanalys* (TRAFKA) enligt Tabell 3 [13].

Tabell 6. Fördelning av trafikarbete för respektive ADR-S klass enligt statistik från TRAFKA (2008-2014).

Klass	ADR-S 1	ADR-S 2.1	ADR-S 2.3	ADR-S 3	ADR-S 5	Övrigt	Σ
Andel	1,01 %	5,60 %	0,04 %	56,66 %	3,29 %	33,41 %	100 %

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.

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

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satsar och explosiva föremål [8]. 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.

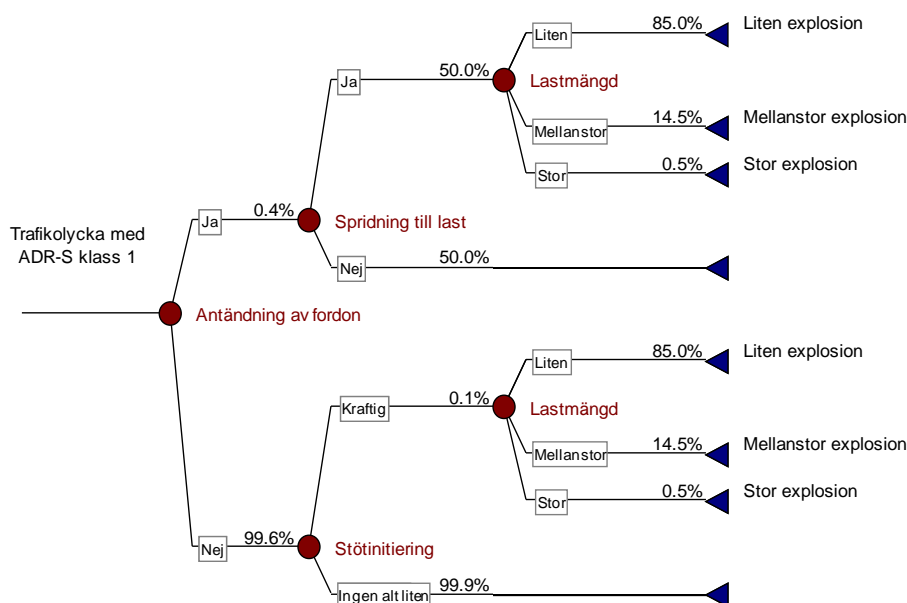
B.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [14] 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 18 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 18. 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 [15]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [16] [17].

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 [18], 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 [19], 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 [20]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [21] 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 [22] [23].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [24] 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 [25]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens [26] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i

Tabell 7 för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 7. 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) [8]. 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 [27]. Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg [19].

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).

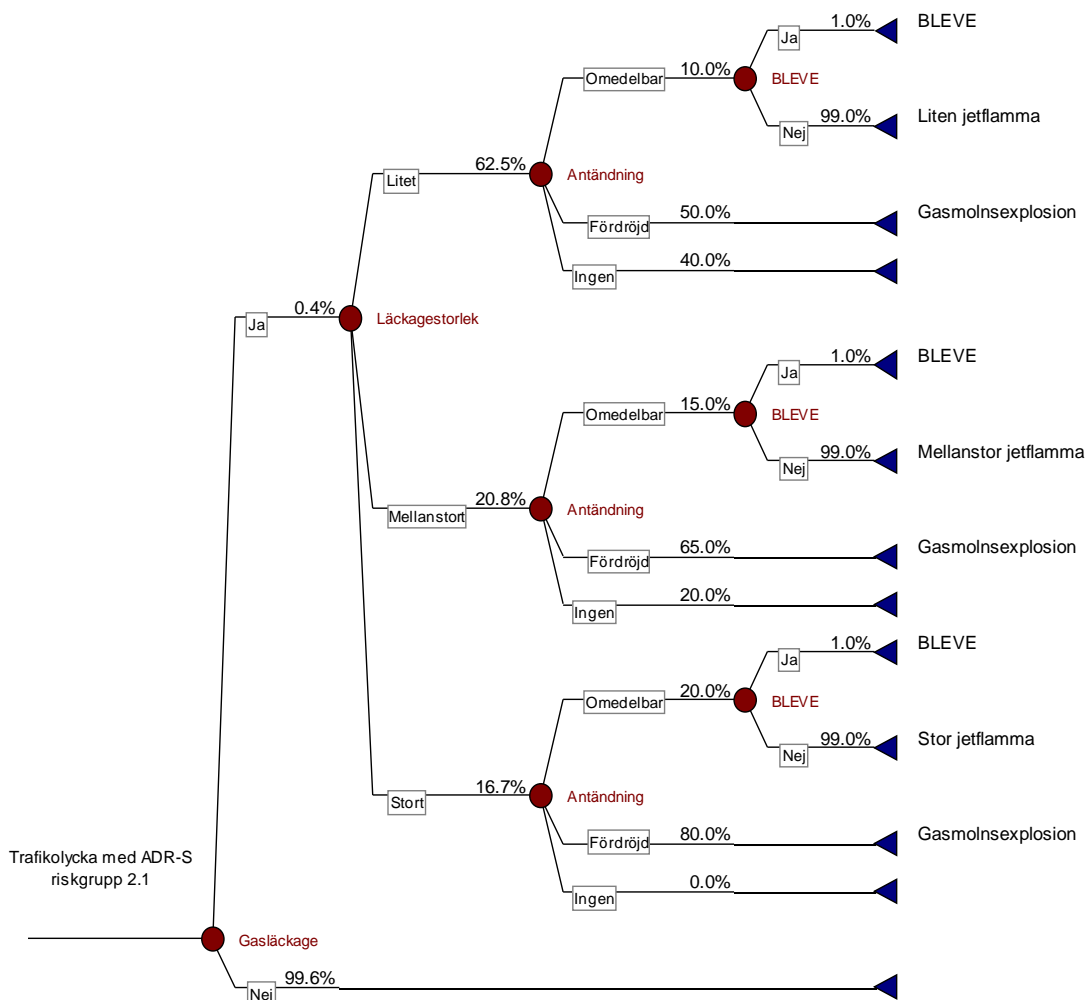
B.2.1.1. Representativt ämne

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 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 19 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

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



Figur 19. 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 [28]. 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 [5], dvs. index för farligt godsolycka enligt Tabell 4 räknas om med faktor 1/30.

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 [5] 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 % [5].

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 % [29], 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 rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

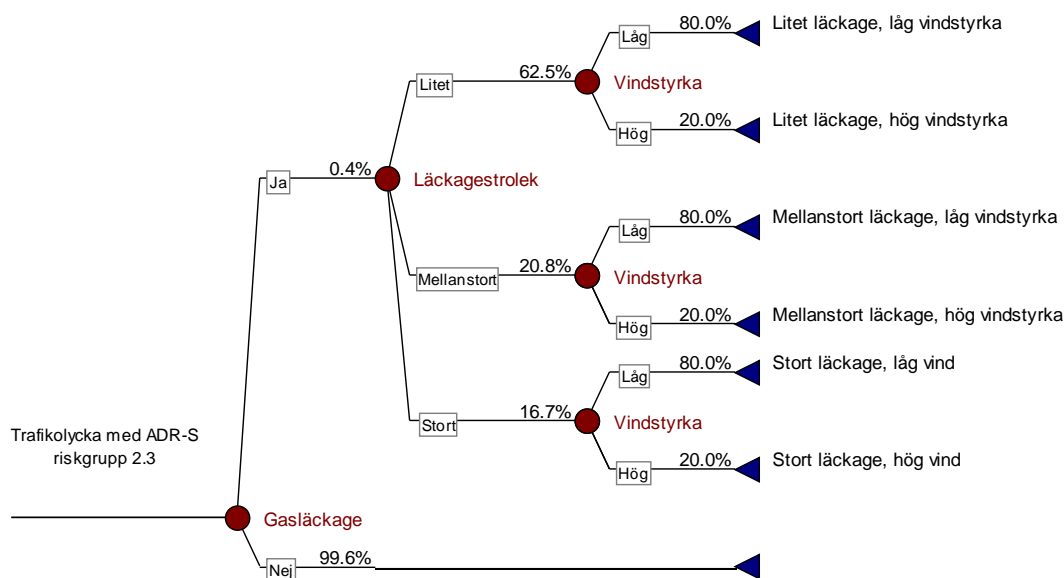
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

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 Händelseträdd med sannolikheter

Figur 20 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 20. Händelseträdd 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 [5]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [28]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [5], dvs. index för farligt gods-olycka enligt Tabell 4 räknas om med faktor 1/30.

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 % [5].

B.2.4.3. Vindstyrka

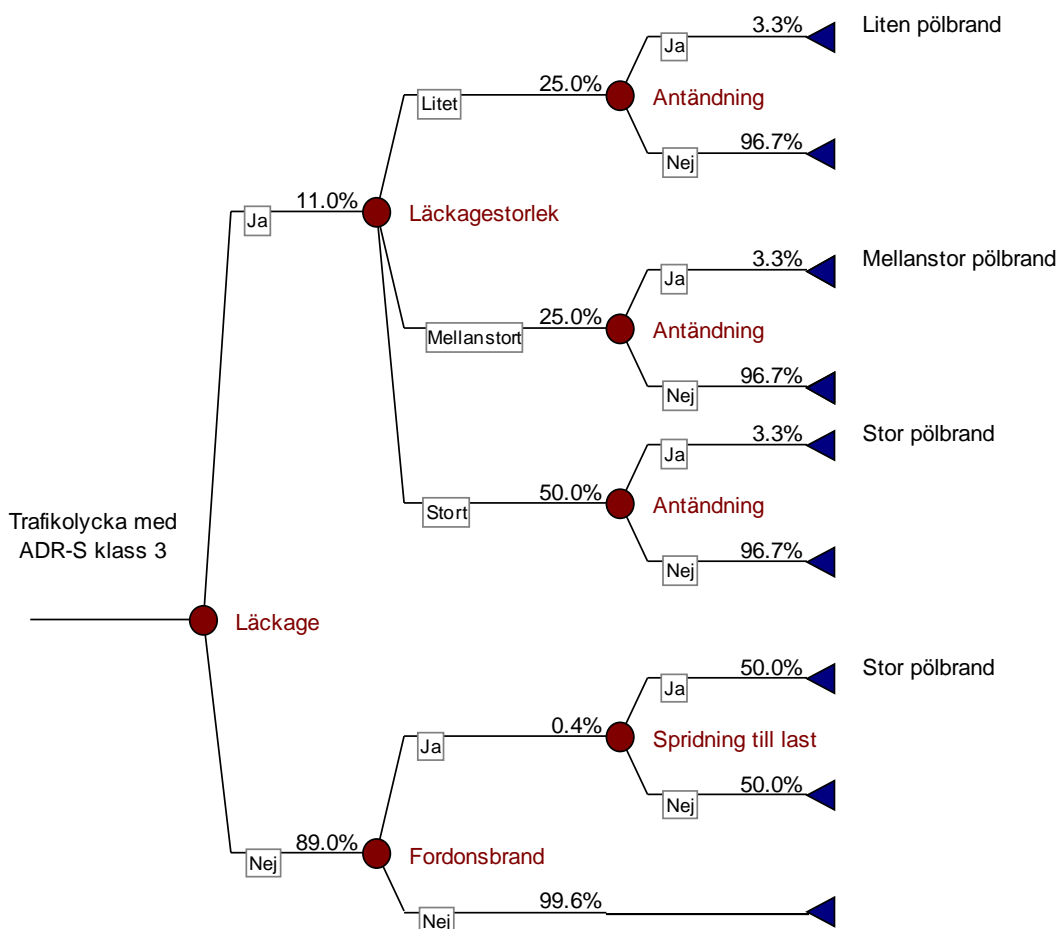
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [30]. Vindhastighet 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 0,2 respektive 0,8.

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 Händelseträdd med sannolikheter

Figur 21 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 21. 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 är beroende av vägtyp och ansätts enligt index i Tabell 4 [5].

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 [31] [32]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [5]. 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 [33]. 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 % [21].

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 [8].

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 [34]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [35] och FOI [36] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensen, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [37].

B.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

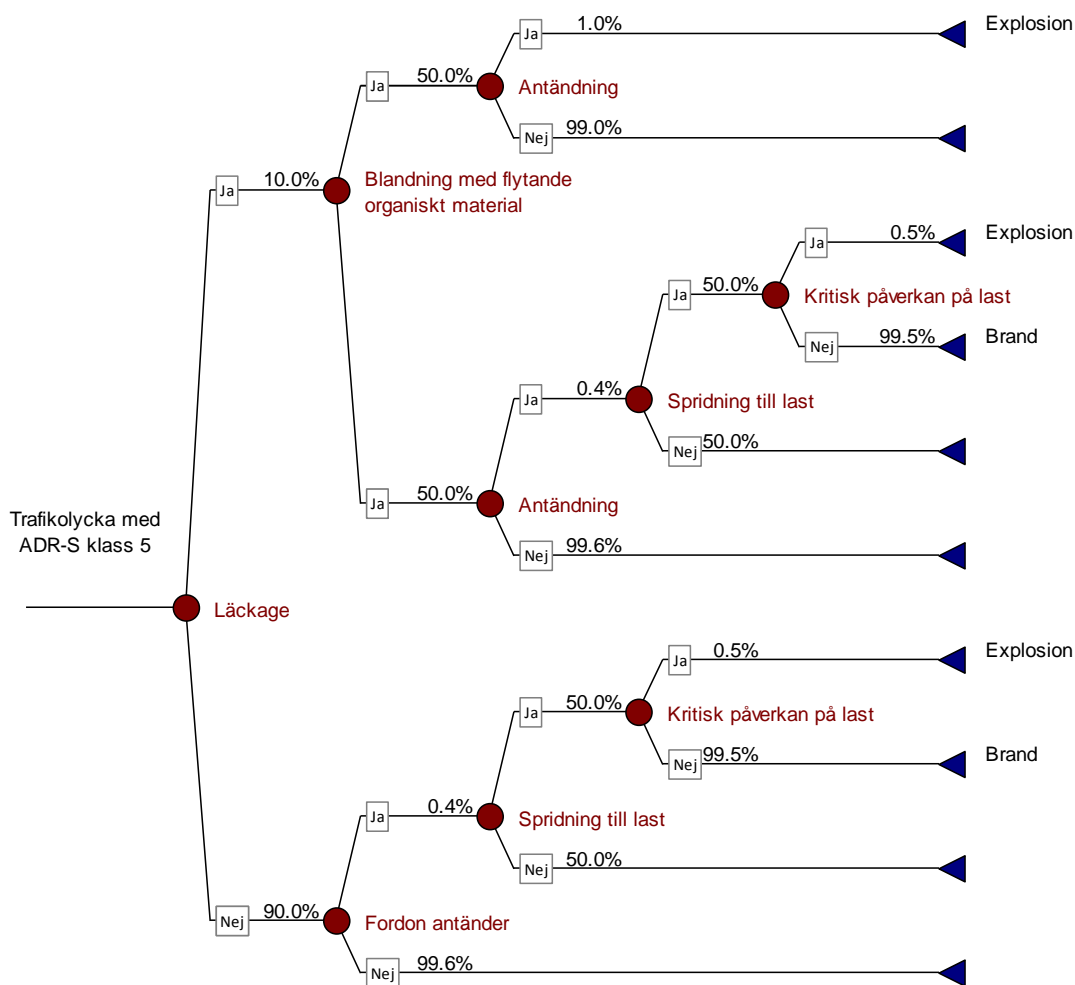
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [27]. 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 [38], 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. Händelsetråd med sannolikheter

Figur 22 redovisar ett händelsetråd 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 22. 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 [39]. 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 ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitrat. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

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 [35]. 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 [34]. 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

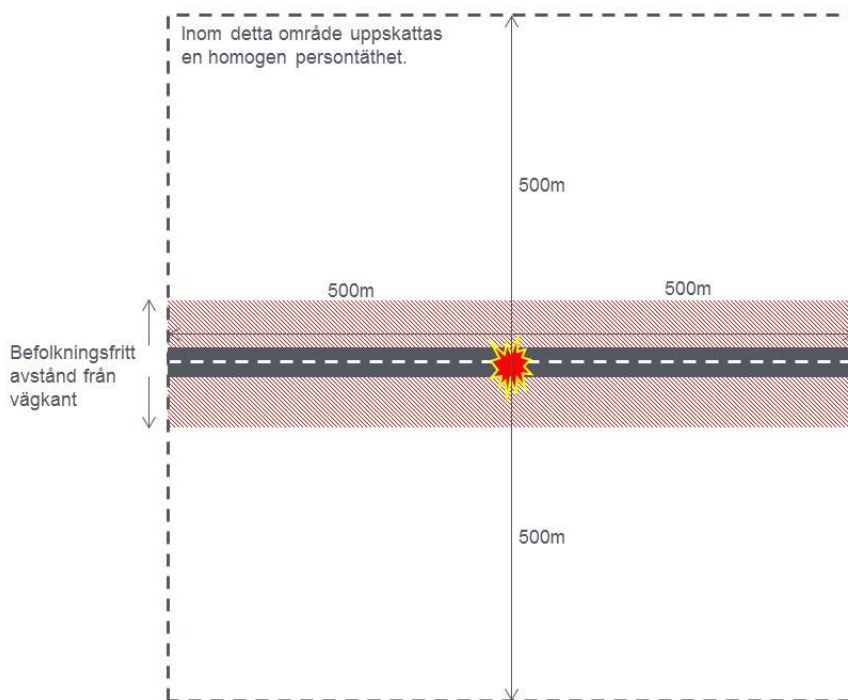
Tabell 8 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i C.2. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell 8. 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

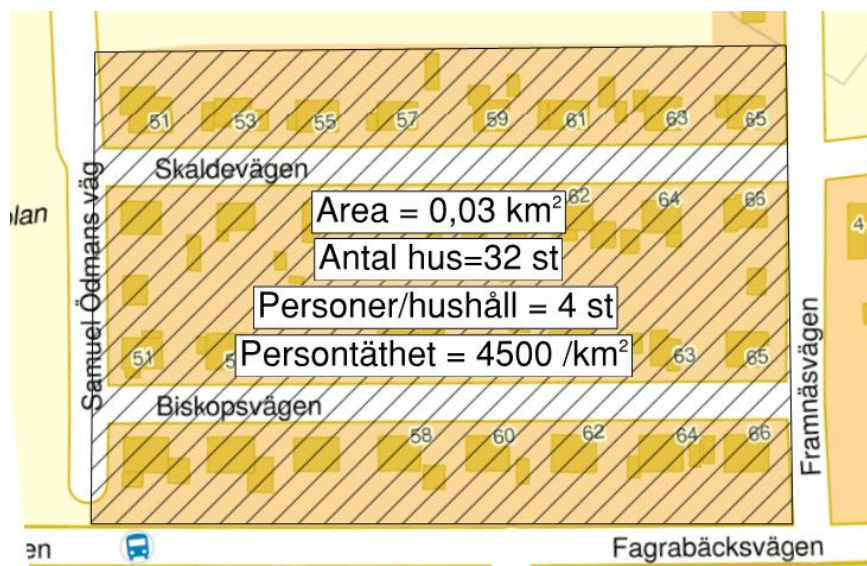
C.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar 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 väg samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 23.



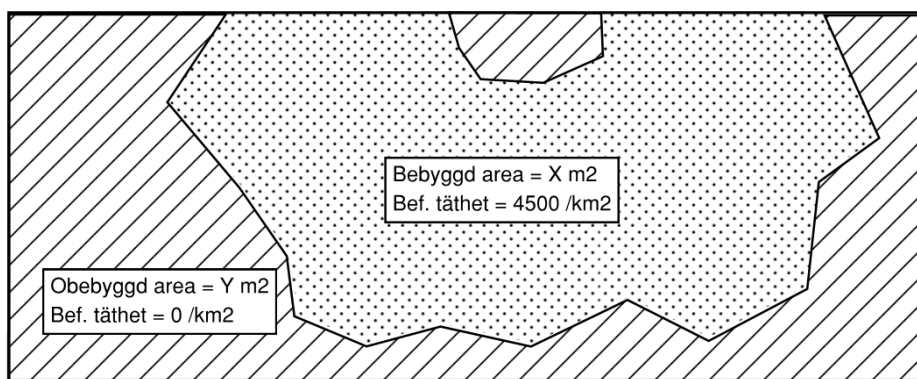
Figur 23. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Området består huvudsakligen av bebyggelse i form av fristående villor där befolkningstätheten har approximerats enligt beräkning i Figur 24



Figur 24. Approximation av persontäthet för bebyggd yta.

Befolkningstätheten viktas sedan enligt Figur 25 för att ta hänsyn till att hela den berörda ytan inte är bebyggd.



Figur 25. Schematisk figur för att beräkna den faktiska befolkningstätheten med hänsyn till icke bebyggda ytor.

Dimensionerande befolkningstäthet som används i beräkningen av samhällsrisk tas fram enligt:

$$\text{Befolkningstäthet}_{\text{genomsnitt}} = \frac{X \cdot 4500 + Y \cdot 0}{X + Y} = \text{pers}/\text{km}^2$$

För bostadsbebyggelse antas att 20 % är hemma dagtid och 90 % nattetid.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt, och i aktuellt fall utgör cirka 30-80 meter ett befolkningsfritt avstånd från väggkant. Därför subtraheras personantalet inom detta område från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisk. Hur stort detta avstånd är anges i respektive undersökt alternativ. 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) [40].

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 [41]. 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:

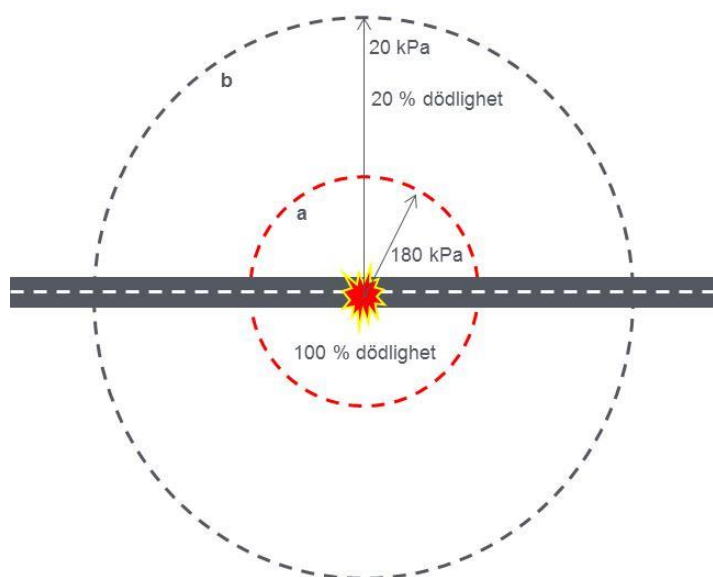
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

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 26.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [42] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 9. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 9. 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 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter



Figur 26. 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* [43] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [44], för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 10. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, Ø	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm ²
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm ²

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

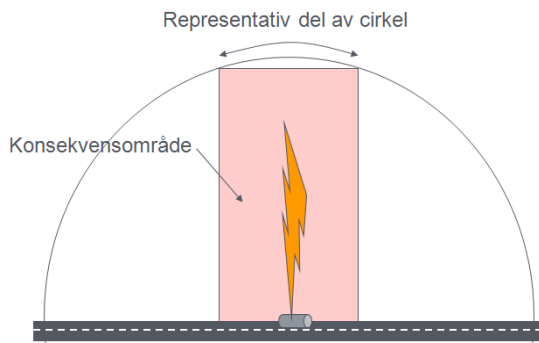
C.5. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [41]. 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* [41], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [45] 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 27.



Figur 27. 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 [43] 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 26.

C.8. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell 11. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

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

C.9. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [43]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1m), stabilitetsklass B.

För låg vindstyrka används vindhastigheten 2 m/s och för hög vindstyrka 6 m/s. Konsekvensområdet approximeras sedan med en cirkelsektor enligt Figur 27, och resultaten redovisas i Tabell 12.

Tabell 12. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Vindhastighet	Avstånd till <100 ppm	Vinkel
Litet	2 m/s	27 meter	55°
	6 m/s	29 meter	27,2°
Mellanstort	2 m/s	88 meter	59,2°
	6 m/s	96 meter	29,2°
Stort	2 m/s	458 meter	52,2°
	6 m/s	461 meter	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 [19] [46].

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 [19]. I Tabell 13 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 13. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

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/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [37]. 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] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [2] ”Miljöbalk 1998:808”.
- [3] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [4] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [5] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [6] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [7] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [8] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [9] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [10] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [11] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [12] TRAFKA, ”Lastbilstrafik 2013 Swedish national and international road goods transport 2013. Statistik 2013,” Trafikanalys, 2014.
- [13] TRAFKA, ”Lastbilstrafik 2008-2013, Swedish national and international road goods transport 2008-2013. Statistik 2008-2013,” Trafikanalys, 2009-2014.
- [14] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [15] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [16] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [17] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [18] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [19] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [20] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [21] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [22] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [23] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [24] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [25] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [26] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [27] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [28] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [29] G. Purdy, ”Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [30] H. Alexandersson, Norrköping: Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
- [31] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.

- [32] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [33] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [34] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [35] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [36] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [37] R. Forsén, FOI, 2009.
- [38] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [39] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [40] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [41] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [42] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [43] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [44] TRAFKA, Trafikanalys, 2010.
- [45] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [46] BBR, Boverket, 2006.
- [47] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 2006b.
- [48] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [49] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5*, 1997.
- [50] Länsstyrelsen i Stockholms Län, Stockholm: Länsstyrelsen, 2003.
- [51] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [52] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [53] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [54] J. Nilsson, *Introduktion till riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2003.
- [55] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [56] Statens Räddningsverk, *Förvaring av explosiva varor, handbok.*, 2006.
- [57] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg," 1994.
- [58] SIKÅ, Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
- [59] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [60] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [61] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [62] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [63] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS," 1997.
- [64] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [65] Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., "Vådautsläpp av

- brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker,” Tumba, 1997.
- [66] Stefan Lamnevik AB, ”Verkan av explosioner i det fria,” 2010.
- [67] MSB, ”Trafikflödet på järnväg – 2006.,” 2013-08-09.
- [68] Banverket och Räddningsverket, ”Säkra järnvägstransporter av farligt gods,” 2004.
- [69] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [70] Länsstyrelsen Stockholms län, ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer,” 2000.
- [71] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2,” 1994.
- [72] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4,” 1994.
- [73] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, ”Datorprogrammet Gasol”.
- [74] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, ”Brandskyddshandboken, Rapport 3161,” Lund, 2012.
- [75] Trafik analys - TRAFKA, ”Bantrafik 2010, Statistik 2011:24,” 2011.
- [76] TRAFKA, ”Lastbilstrafik 2012 Swedish national and international road goods transport 2012. Statistik 2012,” Trafikanalys, 2013.
- [77] TRAFKA, ”Lastbilstrafik 2011 Swedish national and international road goods transport 2011. Statistik 2011,” Trafikanalys, 2012.
- [78] SIKKA, ”Lastbilstrafik 2008 helår (2009:12),” Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
- [79] K. Adolfsson, S. Boberg, *Detaljplanehandboken*, 2013.

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Tel: +46 10 7225000
Fax: +46 10 7228793
<http://www.wspgroup.se>

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

