

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för detaljplan

Transporter av farligt gods på väg och järnväg

Pottholmen, etapp 2, Karlskrona kommun

2022-12-20

Uppdragsgivare

Skanska

Denna utredning är framtaget för att omfatta hela Pottholmen etapp 2. Planarbetet drevs inledningsvis som en sammanhållen detaljplan.

WSP kontaktperson

Fredrik Larsson
WSP Sverige AB
Box 13033
371 21 Karlskrona
Besök: Högabergsgatan 3
Tel: +46 10 722 50 00
Fax: +46 10 722 56 53

Detaljplanen har enligt beslut i MSN 2024-09-19 § 119 delats i två planer, en för allmän plats och en för kvartermark. Planerna kommer att drivas i två separata planprocesser. För mer information se planbeskrivningen, avsnittet bakgrund.

En delning av planen medför att denna utredning redovisar bebyggelse inom Pottholmen etapp 2 trots att det inte ingår i rubricerade detaljplan utan det ska prövas i ett annat planärendet.

www.wspgroup.se

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3	Revision 4
Anmärkning	Slutgiltig handling	Granskningshandling, steg 2	Rapport, steg 3	Detaljerad riskbedömning för detaljplan, etapp 2	Revision etapp 2
Datum	2010-09-27	2012-05-21	2015-02-10	2017-02-09	2022-12-20
Handläggare	Katarina Malmkvist	Katarina Malmkvist	Joakim Näslund	Fredrik Larsson	Anton Petersson
Granskare	Daniel Sirensjö	Daniel Sirensjö	Fredrik Larsson	Katarina Herrström	Fredrik Larsson
Godkänd av	Daniel Sirensjö	Katarina Malmkvist	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson
Uppdragsnummer	10140000	10140000	10161527	10229857	10341750

Omslagsbild: Sydväst arkitektur och landskap, Illustration – Pottholmen, etapp 2, Stadens entré, 2022-10-18

Sammanfattning

WSP har fått i uppdrag av Skanska att göra en detaljerad riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Pottholmen, etapp 2. Riskbedömningen avser belysa riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med förslaget, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

Pottholmen ligger inom den norra delen av Karlskrona centrum. Planeringen av Pottholmen möjliggör utveckling av en ny stadsdel med bostäder (endast etapp 1), verksamheter och service. Pottholmen är uppdelad i två etapper, där detaljplan för etapp 1 vann laga kraft under 2015.

Farligt gods-transporter på Infartsleden, Järnvägstorget och järnvägen har identifierats som riskkällor för Pottholmen, etapp 2. Även urspårningsrisker för järnvägen utgör en riskkälla för planområdet.

Uppskattade individ- och samhällsrisknivåer hamnar inom det s.k. ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). Enligt definitionen av ALARP-området ska rimliga riskreducerande åtgärder vidtas för att riskerna ska kunna accepteras.

De föreslagna åtgärderna för Pottholmen, etapp 2, är:

- Skyddsavstånd mellan planerad bebyggelse och Infartsleden ska uppgå till minst 10 meter. Avstånd räknas från närmsta väggkant. Området mellan bebyggelse och väggkant skall hållas bebyggelsefritt. Ett bebyggelsefritt skyddsavstånd om 15 meter ska även upprättas, räknat från järnvägens yttersta spår.
- Det ska säkerställas att fordon på Infartsleden och Järnvägstorget inte kör in på planområdet i samband med olyckor. Detta kan göras med avåkningskydd och kantbarriärer (eller en kombination av båda) som kan stå emot tunga transporter och som utförs så att utsläpp av brandfarlig vätska inte kan lämna vägen. Åtgärden bedöms lämplig längs planerad bebyggelse inom planområdet.
- Fasader inom minst 25 meter från Infartsleden ska utföras i obrännbara material. Dessa fasader ska vidare inte utföras helglasade.
- Bebyggelse ska utformas så att utrymning i riktning bort från respektive riskkälla medges.
- Minst 25 meters skyddsavstånd ska upprättas mellan Infartsleden/Järnvägstorget och platser som uppmuntrar till mer än tillfällig utomhusvistelse (t.ex. uteserveringar, lekplatser etc.) och som vetter oskyddat mot vägen inom planområdet.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsrisknivån för planområdet till en nivå inom den nedre halvan av det s.k. ALARP-området och inom acceptabla risknivåer enligt DNV:s värderingskriterier. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses stor, bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund.....	5
1.2	Syfte och mål.....	5
1.3	Avgränsningar	6
1.4	Styrande dokument	6
1.5	Underlagsmaterial	7
1.6	Revidering	7
1.7	Internkontroll.....	7
2	Områdesbeskrivning	8
2.1	Planområdet och dess omgivning.....	8
2.2	Infrastruktur	9
3	Omfattning av riskhantering och metod	10
3.1	Begrepp och definitioner.....	10
3.2	Metod för riskinventering	10
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	Identifiering och beskrivning av riskkällor.....	15
4.2	Transportleder för farligt gods.....	15
4.3	Olycksscenarier	17
5	Riskuppskattning och riskvärdering	18
5.1	Individrisknivå med avseende på farligt gods- transporter	18
5.2	Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods- transporter	21
5.3	Känslighetsanalys.....	22
6	Riskreducerande åtgärder	23
6.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	23
6.2	Förslag till riskreducerande åtgärder.....	23
6.3	Illustration av riskreducerande åtgärder	25
6.4	Uppskattad risknivå efter vidtagna åtgärder.....	26
7	Diskussion och osäkerheter	27
8	Slutsatser	28
Bilaga A.	Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg.....	29
Bilaga B.	Konsekvensberäkningar – väg	41
Bilaga C.	Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar - järnväg	50
Bilaga D.	Konsekvensuppskattningar – järnväg.....	58
Bilaga E.	Känslighetsanalys	64
Bilaga F.	Referenser	65

1 Inledning

WSP har fått i uppdrag av Skanska att göra en detaljerad riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Pottholmen, etapp 2. Riskbedömningen avser belysa riskbilden för planområdet och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med planförslaget, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.1 Bakgrund

Framtaget planprogram för Pottholmen ska möjliggöra utveckling av en ny stadsdel med hotell, kontor, parkering och service [1].

Bredvid planområdet löper Infartsleden (Österleden, väg 28) och dess förlängning Järnvägstorget, vilka utgör transportled för farligt gods [2]. Därtill löper järnvägen direkt väster om planområdet. Några riktlinjer gällande för specifikt Karlskrona har inte identifierats, men enligt exempelvis länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [3]. Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning.

Riskbedömningar har tagits fram i olika skeden av planarbetet med Pottholmen. Resultatet av dessa riskbedömningar har utgjort underlag för detaljplanen gällande Pottholmen, etapp 1, vilken vunnit laga kraft 2015-07-07.

I samband med upprättande av detaljplan för Pottholmen, etapp 2, har önskemål om uppdaterad riskbedömning framställts inom projektet. Anledningen till detta är bland annat en ökad detaljeringsgrad avseende etableringens omfattning och verksamhetstyp inom planområdet, men även avseende trafikuppgifter, ändrade hastighetsbegränsningar och uppdaterade uppgifter gällande farligt gods-transporter förbi området.

Utgångspunkt tas i tidigare riskbedömningar för planområdet och tidigare åtgärdsförslag för Pottholmen, etapp 1, har utgjort förutsättning och underlag för föreliggande rapport. För att ge en rättvisande bild av risknivåer för den nya stadsdelen sammantaget, utförs även samhällsrisikberäkningar inkluderande etapp 1.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsernas ovan nämnda krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning (Pottholmen, etapp 2), med avseende på närhet till farligt gods-led.

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

1.3 Avgränsningar

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

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

1.4 Styrande dokument

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

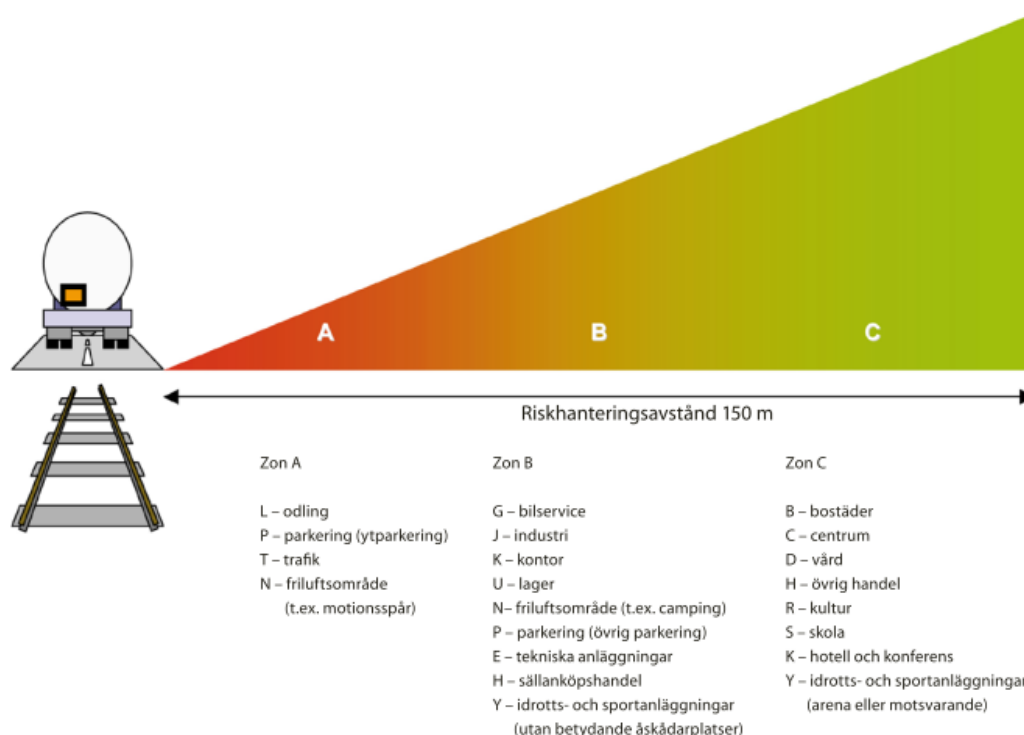
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

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

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

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

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen [3] 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 [3].

1.5 Underlagsmaterial

Arbetet baseras på bland annat följande underlag:

- Tidigare versioner av riskbedömningar för Pottholmen, WSP Brand & Risk, 2010-2017.
- Riskhantering i detaljplaneprocessen (Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, 2006).
- Säkerhethöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport (Räddningsverket/Boverket, 2006).

1.6 Revidering

Arbetet med riskbedömningar för Pottholmen har pågått i olika skeden av planprocessen sedan 2010. Synpunkter och kommentarer från bland annat länsstyrelsen, räddningstjänsten och Trafikverket på tidigare versioner av riskbedömningar för området har inarbetats i föreliggande rapport.

Denna version omfattar etapp 2 och utgör revidering av den första versionen av rapporten, som gäller som underlag för detaljplan för denna etapp.

Revision 4 innefattar uppdatering av trafikdata och beräkningar, samt fastställande av planområdets utformning och verksamhet.

1.7 Internkontroll

Rapporten är utförd av Anton Petersson (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 Fredrik Larsson.

2 Områdesbeskrivning

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

2.1 Planområdet och dess omgivning

Stadsdelen Pottholmen ligger inom den norra delen av Karlskrona centrum. Stadsdelen sträcker sig från Brohålan/Pantarholmen i norr till Kungsplan i söder. I väster avgränsas området av Borgmästarfjärden och i öster av Handelshamnen. Detaljplanerna för området avser möjliggöra utveckling av bostäder (endast etapp 1), verksamheter och handel/service [1].

Detaljplanen för etapp 1, markerad med rött i Figur 2, vann laga kraft 2015-07-07. Inom etapp 1 planeras för ca 450 lägenheter, 6400 m² kontor och 2600 m² handel. Etapp 1 är, vid denna handlings upprättande, till hälften färdigställt.

För etapp 2 planeras för ytterligare ca 4600 m² kontor, ca 4000 m² handel och ca 8400 m² hotell. Tillhörande verksamheten kommer det också finnas ca 4400 m² parkering. Omfattningen för etapp 2 markeras med gult i Figur 2. Föreliggande riskbedömning behandlar primärt etapp 2.



Figur 2. Illustration av Pottholmen med infrastruktur och ungefärlig utbredning av etapp 1 (rött) och etapp 2 (gult).

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som omgärdar planområdet.

2.2.1 Infartsleden och Järnvägstorget

Bredvid planområdet löper Infartsleden (nord-sydlig) och dess fortsättning Järnvägstorget (öst-västlig) som är en transportled för farligt gods [2]. Hastigheten på Infartsleden och Järnvägstorget begränsas till 40 km/h. Infartsleden förses även med en upphöjning i mitten. Enligt trafikprognoser för år 2040 kommer ÅDT på Infartsleden att uppgå till ca 31 500 fordon/dygn och på Järnvägstorget till ca 17 850 fordon/dygn [4].

2.2.2 Järnvägen

Karlskrona centralstation ligger sydväst om planområdet. Karlskrona är ändstation för Kust till kustbanan och Blekinge kustbana. Enligt Trafikverkets tågplan för 2022 passerar i snitt 100 tåg/dygn och prognosen för 2040 visar att ca 62 tåg/dygn kommer trafikera banan förbi planområdet [5].

Ingen järnvägstrafik går med farligt gods till Karlskrona centralstation i dagsläget [1]. Om det i framtiden, vilket är kommunens ambition, kommer att transporteras gods på järnvägen kommer detta att ske via och till färjelinjen på Verkö. Vid en rangering är avsikten att eventuellt farligt gods inte ska gå in för rangering vid järnvägsstationen utan istället rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan. Kommunens principiella bedömning är därmed att bebyggelsen på Pottholmen inte kommer att beröras av farligt gods-transporter på järnvägen [6].

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

3 Omfattning av riskhantering och metod

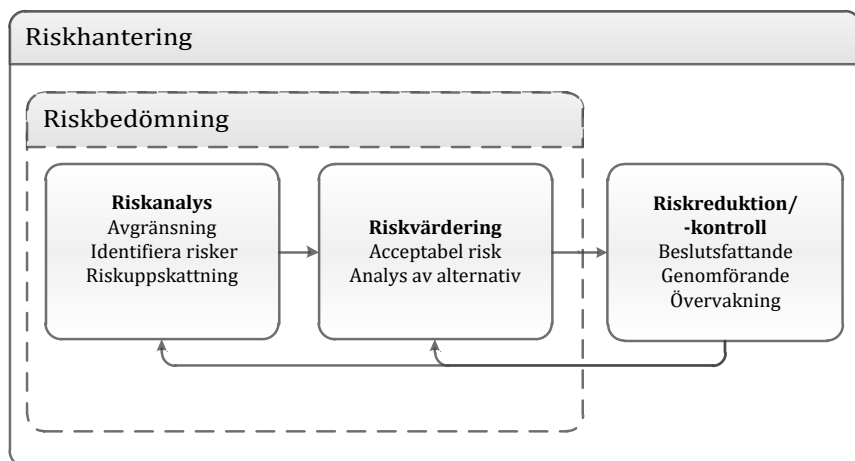
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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 [7] [8], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 3. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

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



Figur 3. Riskhanteringsprocessen.

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 Karlskrona kommun, Trafikverket, Marinbasen, Saab Kockums och Räddningstjänsten har tillsammans med kartstudierna sedan legat till grund för riskinventeringen.

3.3 Metod för riskuppskattning

Riskbedömningen baseras i aktuellt fall på en kvantitativ bedömning av de skadescenerier som kan inträffa vid transport av farligt gods. Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [9].

För uppskattning av risknivån alstrad av vägtransporter av farligt gods 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 [10] 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.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [11] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga C.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för vägrelaterade olyckor redovisas mer omfattande i Bilaga B, medan järnvägsrelaterade olyckor behandlas vidare i Bilaga D.

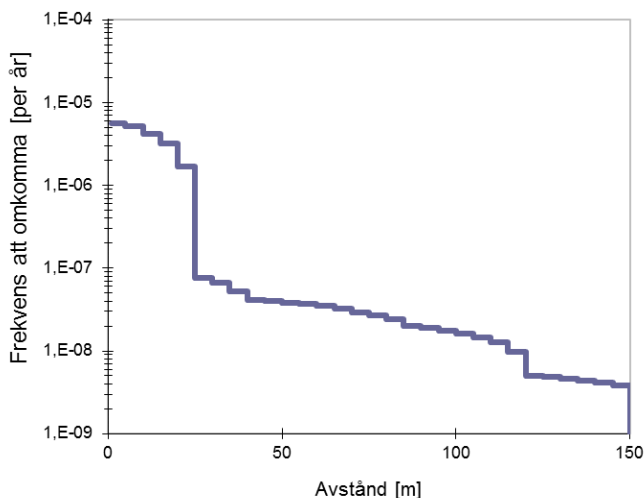
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet individ- och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåttet, individ- och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsperspektiv).

3.3.1 Individrisk

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus [12]. Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 4.

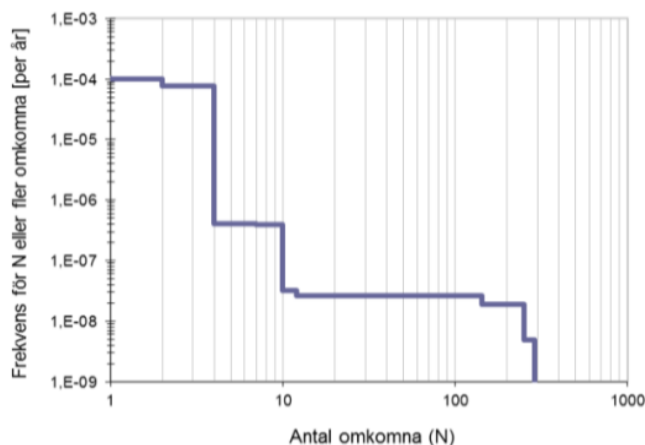


Figur 4. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk

Riskmåttet 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 befolkningstäthet 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.

Samhällsriskens redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 5, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 5. 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.

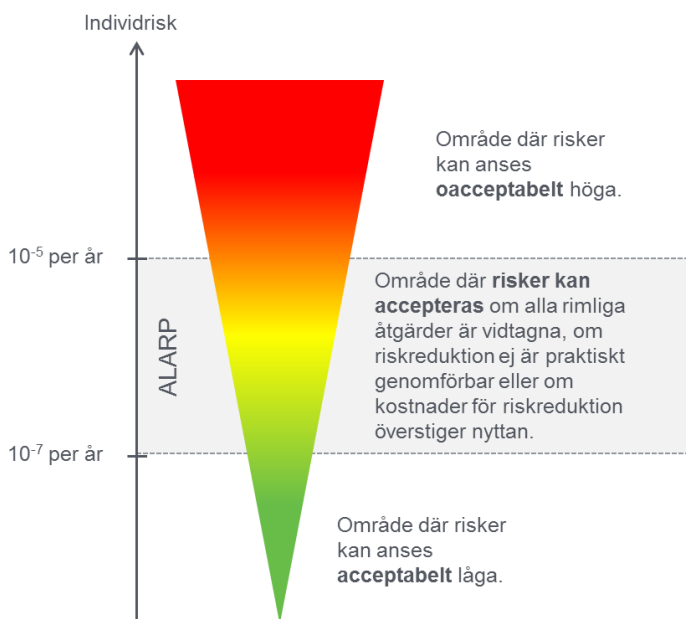
I aktuellt fall studeras samhällsrisk för hela Pottholmen, det vill säga för etapp 1 och 2 sammantaget. Anledningen till detta är att stadsdelen sammantaget ges en hög exploateringsgrad i närhet till identifierade farligt gods-leder. En samlad bedömning av risknivån och åtgärdsförslag för den nya stadsdelen i sin helhet bedöms vara nödvändigt för att området ska erhålla en risknivå som motsvarar samhällets förväntningar.

3.4 Metod för riskvärdering

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

3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [12] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 6.



Figur 6. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [12]:

- 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 [12] följande kriterier:

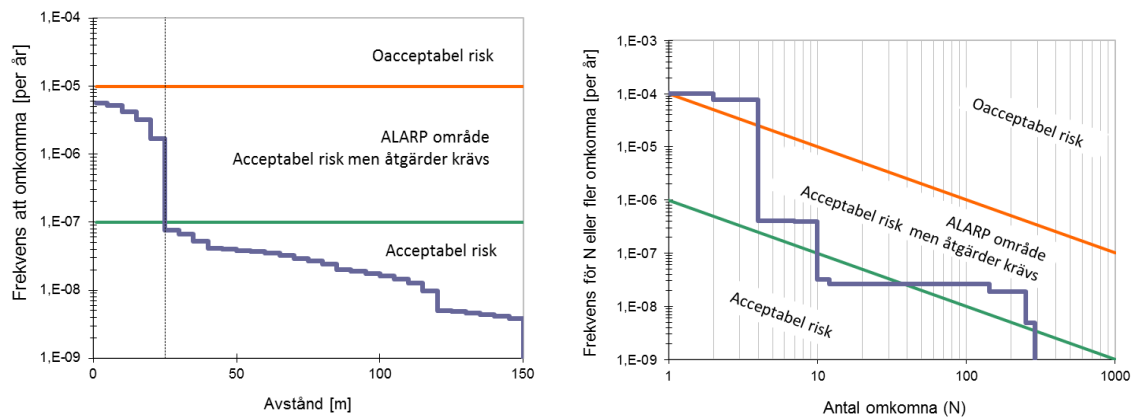
- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV [12] 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 7.

För samhällsrisk föreslog DNV [12] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskbedömning studeras dock en kortare sträcka på ca 500 meter, varför acceptanskriterierna måste justeras (sänkas). Anledningen till denna korrigering är att planområdet får en mycket högre persontäthet än kringliggande områden inom 1 km² och måste studeras enskilt för att ge en rättvisande bild.



Figur 7. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [12].

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

4 Riskidentifiering

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

4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

De risker som har identifierats för planområdet är förknippade med farligt gods-trafiken på Infartsleden, Järnvägstorget och järnvägen. På järnvägen transporteras inte farligt gods i dagsläget, men för att ta hänsyn till eventuella förändringar och för att ge Trafikverket fri rådighet över bansystemet studeras likväl farligt gods-transporter på järnvägen samt därtill urspårningar från densamma.

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

4.2 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [14] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt de så kallade RID-S/ADR-S-systemen 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 samt konsekvensbeskrivning.

RID-S/ 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 [14].	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppemot 250 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [15].
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, jettflamma, brinnande gasmoln eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligen inte mer än omkring 30 meter från en pölbrand. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

RID-S/ ADR-S- Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor 150 m.
6	Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat, vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras ofta som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [16] (LC ₅₀). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

4.2.1 Transport av farligt gods på Infartsleden och Järnvägstorget

Infartsleden är en primär transportled för farligt gods [2] och inga restriktioner avseende tillåtna farligt gods-klasser har hittats. Med tanke på att Infartsleden inte utgör en genomfartsled eller liknande är det sannolikt att alla start- eller slutpunkter för farligt gods-transporter finns på Trossö.

För att uppskatta vilka farligt gods-klasser som går på, och inom överskådlig framtid kommer att gå på, Infartsleden och Järnvägstorget har därför kontakt tagits med avnämare i närheten som bedömts vara relevanta.

De verksamheter som vid inventeringen funnits ge upphov till transporter av farligt gods var Saab Kockums och Marinbasen. Då uppgifterna är sekretessbelagda redovisas de inte i rapporten.

4.2.2 Transport av farligt gods på järnvägen

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

Trafikverket har inte kunnat bidra med information gällande hur många godstransporter som kan tänkas omdirigeras till Karlskrona central. Enligt uppgifter från Karlskrona kommun finns det i dagsläget fysiska begränsningar som medför att det maximalt kommer kunna ske 6 godstransporter per dag som rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan. Är spår 42 av någon anledning obrukbart vill Trafikverket istället kunna använda Karlskrona centralstation för rangeringen. En svårighet som finns med denna lösning är att det inte finns någon möjlighet att vända loket inne på Karlskrona C. För att centralstationen ska kunna användas för rangering behövs således två lok [17]. Då ingen information gällande hur många godståg som kan komma att dirigeras om till centralstationen har tillhandalhallits utförs beräkningar inledningsvis utifrån att 1 godståg per dag trafikerar järnvägen in till Karlskrona centralstation. Detta anses vara ett konservativt antagande då farligt gods-transporter endast förväntas ske vid särskilda omständigheter vilket inte antas inträffa dagligen. Då detta antagande har stor inverkan på det slutgiltiga resultatet genomflörens en känslighetsanalys där 10 godstransporter per dag ligger till grund för beräkningarna, se bilaga E. Av

det transporterade godset antas ca 9 % utgöras av farligt gods enligt nationellt snitt för järnvägstransporter [18].

En ytterligare olycksrisk för omgivningen är urspårade tåg. Enligt Trafikverket bör ny bebyggelse generellt inte tillåtas inom ett område på 30 meter från närmaste spårmitt. Dessa riktlinjer gäller främst för tåg med rörelse i ett hastighetsintervall upp till den för banan eller fordonet högsta tillåtna, vid vilken urspårningar kan drabba omgivningen upp till cirka 25 meter från spåret. Längs bebyggelsen inom planområdet går stationsområdet med hastighetsrestriktioner, där maximal hastighetsgräns i norr är 40 km/h och närmar sig därefter 0, eftersom ingen genomfartstrafik förekommer. Vid ca 30 km/h är sannolikheten att en vagn eller annat fordon ska hamna mer än 15 meter från spåret efter en urspårning noll [19]. Mekanisk skada på grund av urspårning bedöms således inte utgöra någon risk för personer inom planområdet, givet ett skyddsavstånd om minst 15 meter.

Då det i dagsläget inte transporteras något farligt gods på järnvägen in till Karlskrona centralstation antas farligt gods-transporterna vara fördelade mellan olika klasser enligt nationellt snitt, se Tabell 2.

Tabell 2. Fördelning mellan olika farligt gods-klasser enligt nationellt snitt [18].

Klass	Godsklass	Andel av total mängd (%)
1.1	Explosiva ämnen och föremål	0,00005
2.1	Gaser, brännbara	15,5
2.3	Gaser, giftiga	5,2
3	Brandfarliga vätskor	22
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	31,5
	Övriga klasser	25,8

4.3 Olycksscenarier

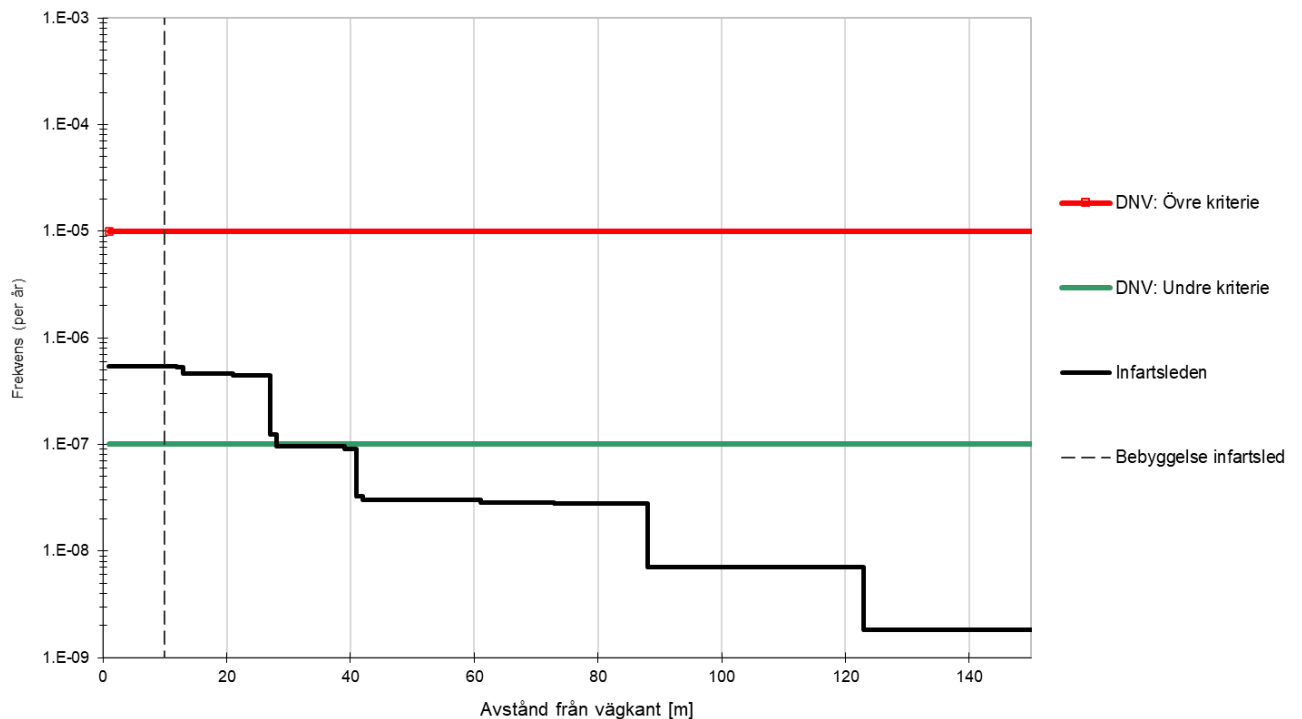
Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade ämnen och mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; RID-S/ADR-S-klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet. Därtill studeras mekanisk skada vid urspårningar fortsatt i analysen.

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas risknivån för planområdet och Pottholmen sammantaget med avseende på identifierade scenarier förknippade med farligt gods. Underlag för beräkningar återfinns i bilagorna A-D. Individ- och samhällsrisknivån värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.

5.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter

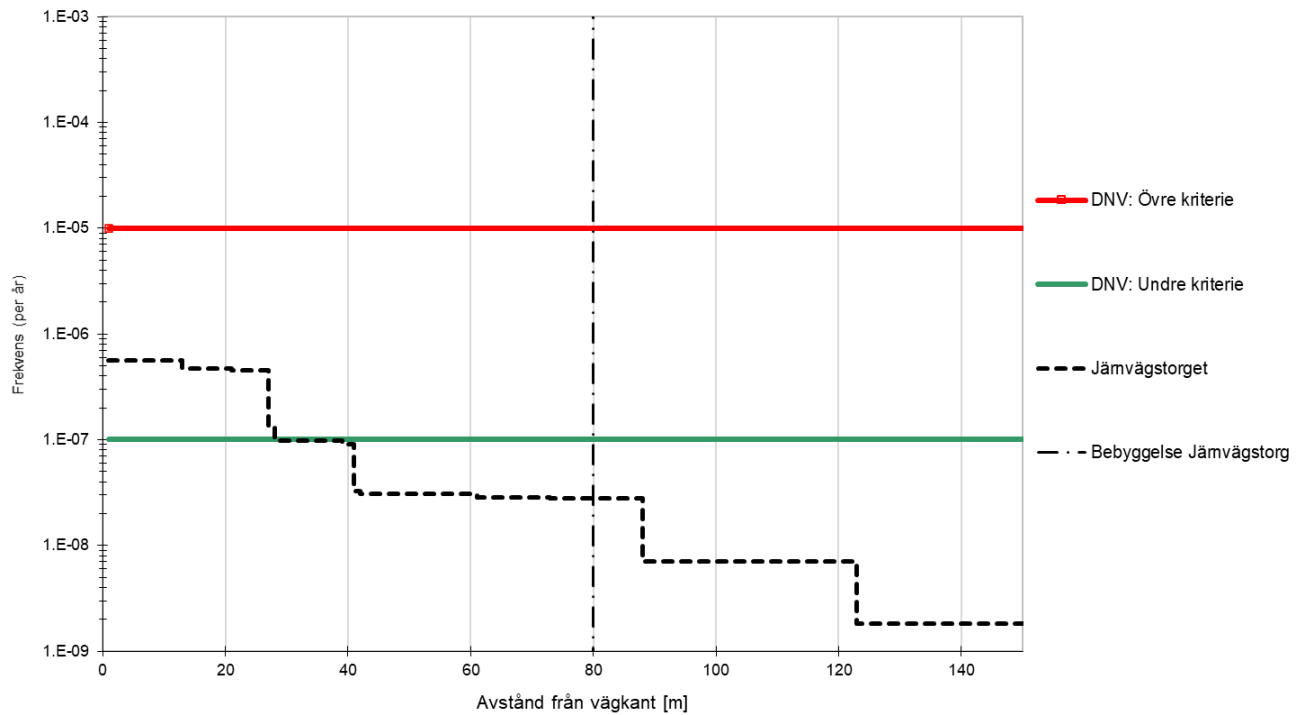
5.1.1 Individriskbidrag från Infartsleden



Figur 8. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Infartsleden.

I Figur 8 illustreras individrisknivån för planområdet längs Infartsleden vid horisontår 2040. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4. Individrisken vid planerad bebyggelse (10 meter) ligger i mitten av ALARP-området och riskreducerande åtgärder ska beaktas.

5.1.2 Individriskbidrag från Järnvägstorget

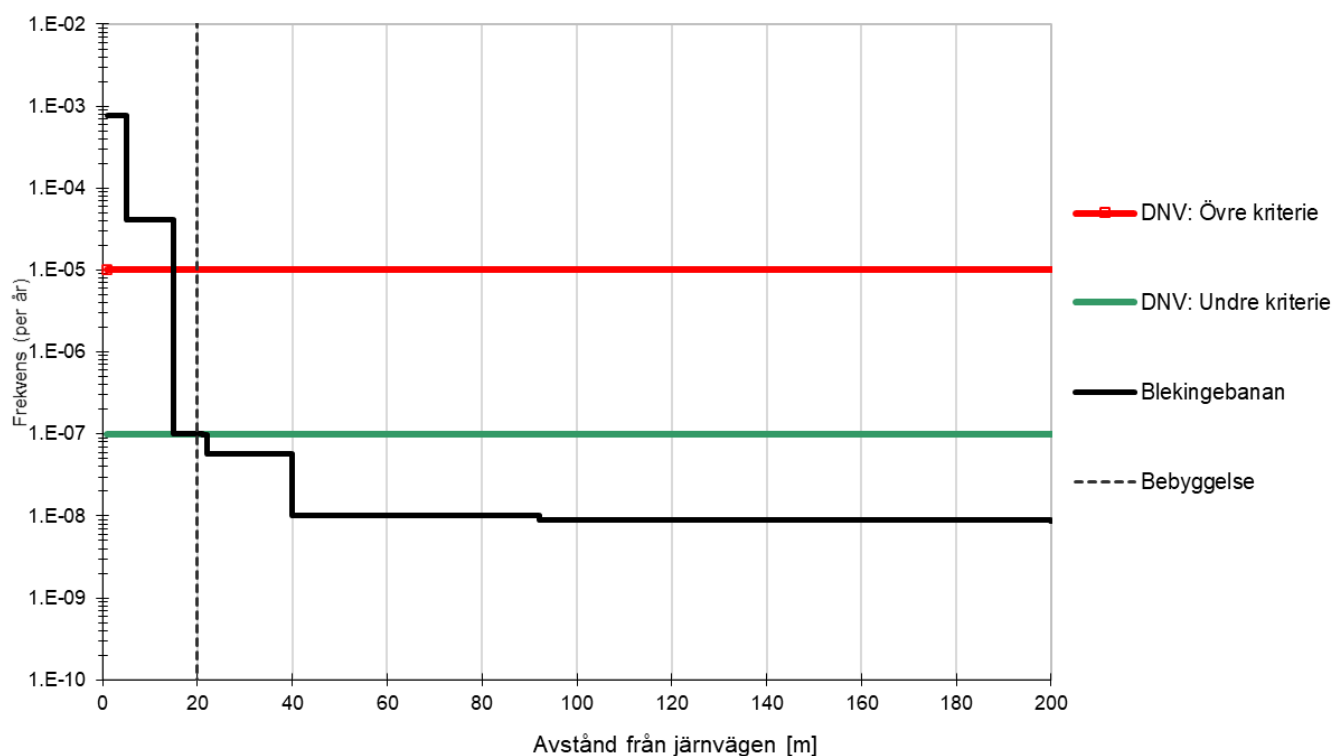


Figur 9. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Järnvägstorget.

I Figur 9 illustreras individrisknivån för planområdet längs Järnvägstorget vid horisontår 2040. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4. Individrisken vid planerad bebyggelse (80 meter från Järnvägstorget) ligger under det lägre kriteriet och risknivån bedöms följaktligen vara acceptabel.

I den södra delen av planområdet gränsar det s.k. Stationstorget direkt till Järnvägstorget. Från väggkant och fram till 25 meter från denna är individrisken i nedre delen av ALARP-området, vilket innebär att rimliga åtgärder ska vidtas.

5.1.3 Individriskbidrag från järnvägen



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

I Figur 10 illustreras individrisknivån för planområdet längs järnvägen vid horisontår 2040. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4. Inom 15 meter från järnvägen är individrisken att betrakta som oacceptabelt hög. Bortom 15 meter från järnvägen är risknivån lägre än det undre kriteriet och därmed acceptabel.

Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd av minst ca 20 meter från järnvägen. På detta avstånd ligger individrisken på acceptabla nivåer.

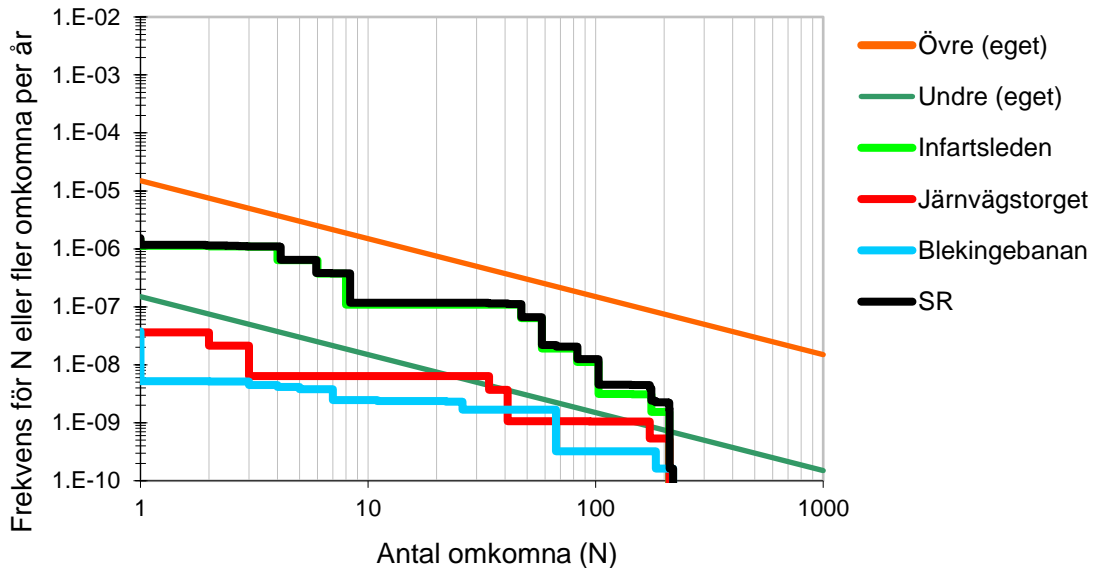
Detta riskmått tar dock inte hänsyn till persontäthet inom området. Därför är det nödvändigt att även studera samhällrisknivån i området.

5.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter

Samhällsriskmålet tar, till skillnad från individriskmålet, även hänsyn till persontäthet i området, variationer under dygnet etc.

Enligt Figur 11 ligger den totala samhällsrisknivån för Pottholmen (etapp 1 och 2), med avseende på Infartsleden, Järnvägstorget och järnvägen sammantaget (svart heldragen linje), mestadels inom ALARP-området. Enligt definitionen av ALARP-området ska rimliga riskreducerande åtgärder vidtas.

Ur figuren kan det också utläsas att det till största delen är riskbidragen från Infartsleden och Järnvägstorget som bidrar till att den totala samhällsrisknivån till stor del hamnar inom mellersta delen av ALARP-området. Riskbidraget från järnvägen ligger nedanför undre kriteriet. Riskreducerande åtgärder längs med järnvägen kommer således därför ha liten inverkan på den totala riskbilden. Detta förutsätter att det maximalt sker i storleksordningen 1 transport om dagen av farligt gods på järnvägen och att 15 meter skyddsavstånd upprätthålls kring de yttre spåren.



Figur 11. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Infartsleden (grön), Järnvägstorget (röd), järnvägen (blå) samt total samhällsrisk (svart) för Pottholmen (etapp 2).

5.3 Känslighetsanalys

Antagandet gällande antal farligt gods-transporter till Karlskrona centralstation är osäkert. I dagsläget går inga godstransporter alls till centralstationen och Karlskrona kommun har inte som ambition att leda in något gods alls till stadens centrala delar. Trafikverket önskar dock fri rådighet över bansystemet och vill ha möjligheten att vid undantagsfall kunna köra in och vända även godståg vid centralstationen. I grundberäkningen ansätts därför 1 godståg per dag på aktuell del av banan. Redan detta antagande bedöms vara konservativt men är som sagt både osäkert och känsligt avseende risksituationen inom planområdet. Av denna anledning genomförs i Bilaga E en känslighetsanalys med beräkningar för 10 godståg per dag på aktuell del av banan. Resultatet visar på en ökning av allvarliga olyckor (stora konsekvenser) och frekvensen för dessa om 10 godståg per dygn skulle bli aktuellt. Den sammanlagda samhällsrisknivån är dock i stort sett oförändrad jämfört med om endast 1 godståg hade kommit in på Karlskrona C. Inga ytterligare åtgärdsförslag bedöms därför vara aktuella, se vidare Bilaga E.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [13]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

6.1 Behov av riskreducerande åtgärder

Resultaten av riskuppskattningen visar att den beräknade individrisknivån är högre än vad som direkt kan accepteras, enligt DNV:s värderingskriterier [12], inom 25 meter från Infartsleden och Järnvägstorget och inom 15 meter från järnvägen. Bebyggelse planeras ca 10 meter från Infartsleden och Stationstorget gränsar direkt till Järnvägstorget, vilket indikerar behov av riskreducerande åtgärder för bebyggelse och etablering utmed dessa riskkällor. Utmed järnvägen planeras skyddsavstånd uppgå till 20 meter, vilket bedöms tillräckligt och inte föranleda mer behov av riskreducerande åtgärder. Den aktuella exploateringen av planområdet innebär en hög persontäthet och därav behöver även samhällsrisknivån beaktas för att bedöma erforderligt åtgärdsbehov.

Samhällsrisknivån för Pottholmen etapp 2 sammantaget är högre än vad som direkt kan accepteras enligt DNV:s värderingskriterier [12]. Risknivån är dock inte att betrakta som oacceptabelt hög, utan hamnar inom det område som benämns ALARP-området. Detta innebär att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas för att önskad exploatering inom planområdet ska kunna möjliggöras.

6.2 Förslag till riskreducerande åtgärder

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Både sannolikhets- och konsekvensbegränsande åtgärder anges. WSP bedömer föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede. Slutlig analys av utformning och riskreducerande effekt samt kostnad-nytta ska genomföras i samband med projekteringen.

6.2.1 Avåknings- och avrinningsskydd

Till följd av det relativt korta skyddsavståndet till vägarna ska det säkerställas att eventuella olyckor inte lämnar vägen. Detta kan göras med avåkningsskydd och kantbarriärer som utförs så att brandfarlig vätska inte kan lämna vägen. Avåkningsskyddet ska dimensioneras så att det står emot tunga transporter som håller aktuella hastigheter. Åtgärden bedöms lämplig längs planerad bebyggelse (dock ej vid infarter) inom planområdet.

6.2.2 Fasader mot Infartsleden

Med anledning av att skyddsavståndet från planerad bebyggelse till Infartsleden är förhållandevis kort föreslås nedanstående fasadåtgärder för att ge personer vistandes i närliggande byggnader visst skydd i händelse av farligt gods-olycka på vägen utanför.

6.2.2.1 Begränsning av fönsterarea

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

6.2.2.2 Fasadmaterial med avseende på brand

Fasader vettande mot Infartsleden, inom 25 meter från väggkant, ska utföras i obrännbara material för att försvåra och fördröja brandspridning vidare in i byggnaderna.

6.2.3 Disposition av planområde

Åtgärden disposition av planområde är egentligen ingen enskild säkerhetshöjande åtgärd, utan en kombination av åtgärder, som t.ex. användning av mark och skyddsavstånd.

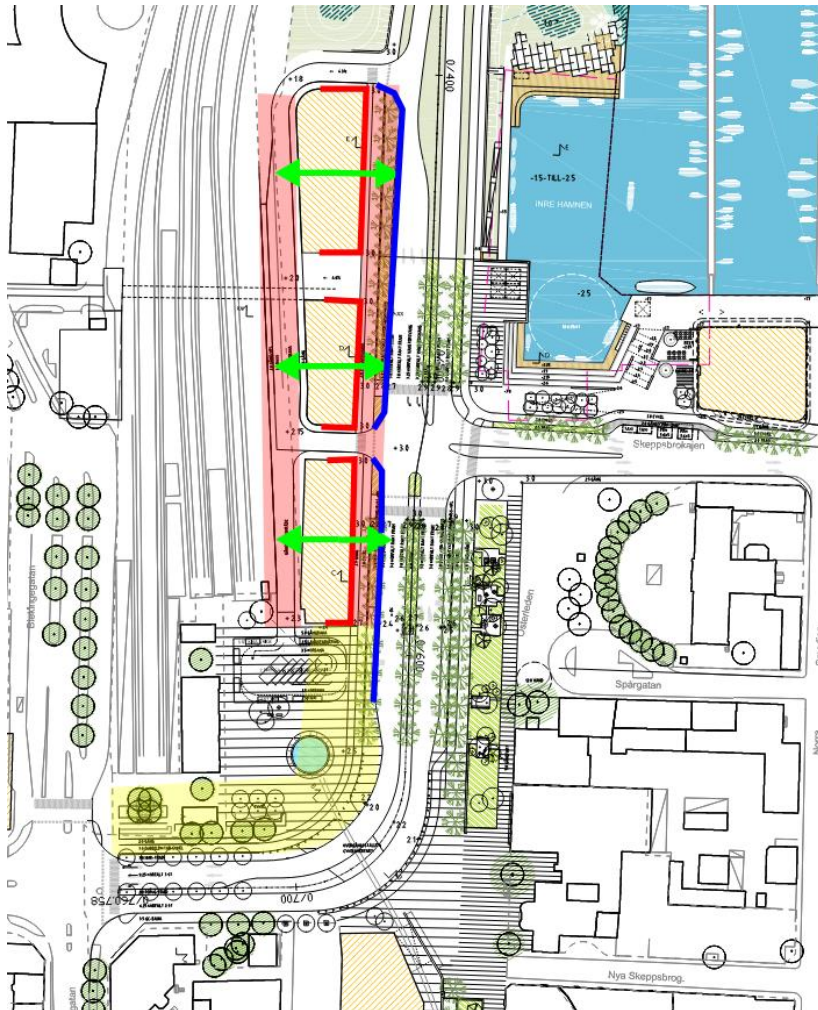
Minst 25 meters skyddsavstånd ska upprättas mellan platser som uppmuntrar till mer än tillfällig utomhusvistelse (t.ex. uteserveringar, lekplatser etc.) och som vetter oskyddat mot Infartsleden och Järnvägstorget inom planområdet. Hit hör t.ex. eventuella uteserveringar inom det s.k. Stationstorget.

6.2.4 Disposition av byggnader

I händelse av olycka på Infartsleden eller järnvägen är det viktigt att planerade byggnader mellan dessa riskkällor kan utrymmas på ett betryggande sätt. Bebyggelse ska utformas så att utrymning i riktning bort från respektive riskkälla medges.

6.3 Illustration av riskreducerande åtgärder

I Figur 12 nedan ges en schematisk illustration av de i avsnitt 6.2 rekommenderade åtgärderna.



Tät avåkningsbarriär längs
Infartsleden och Järnvägstorget



Bebyggelsefritt område
-10 m från Infartsleden
-15 m från järnvägen



Fasader i obrännbara material
samt ej helglasade (inom 25 m)



Möjlighet till att lämna byggnaden åt väster
och öster (bort från respektive riskkälla)



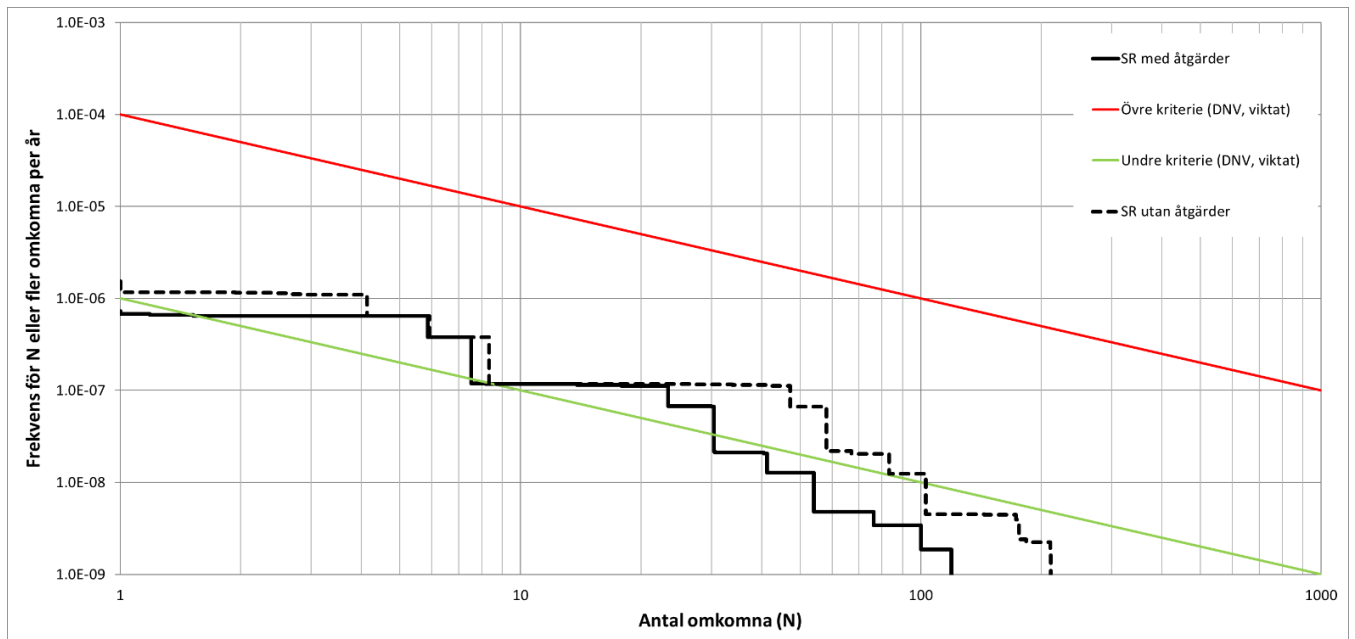
25 m skyddsavstånd
till oskyddade
lekplatser, uteserveringar etc.

Figur 12. Schematisk illustration av åtgärdsförslagen för Pottholmen, etapp 2.

6.4 Uppskattad risknivå efter vidtagna åtgärder

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kan komma att behöva utföras i kommande skeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt föreslaget åtgärds paket kan komma att medföra för risksituationen.

- Skyddsavstånd om 15 meter till järnväg förväntas helt eliminera urspårningsrisker för bebyggelse inom planområdet.
- Avåknings- och avrinningskydd längs Infartsleden och Järnvägstorget avgränsar skadeområdet vid avåkning och utsläpp av brännbara vätskor och tillåter skyddsavstånd att räknas direkt från vägkant.
- Ej helglasade fasader mot Infartsleden och Järnvägstorget (åtgärd från tidigare riskbedömning för etapp 1) bedöms kunna sänka andelen omkomna inomhus från ca 2/3 till 1/3 vid olyckor förknippade med explosiver.
- Obrännbara fasader inom 25 meter från Infartsleden, samt utrymningsmöjligheter i riktning bort från riskkällan bedöms närapå helt kunna reducera (99 %) andelen omkomna inomhus vid brandscenarier på vägnätet. Utrymningsförutsättningarna inkluderas i bedömningen då t.ex. pölbrand av full effekt inte är ett momentant förlopp, i motsats till exempelvis en explosion.



Figur 13. Uppskattad samhällsriskenivå med (heldragen svart linje) och utan åtgärder (streckad svart linje).

Med ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle samhällsriskenivån i enlighet med Figur 13, sänkas för de allvarligaste skadehändelserna och ge en risknivå på den nedre halvan av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s kriterier.

Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses stor, bör därmed risknivån vara acceptabel enligt definitionen för ALARP-området.

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

- Personantal inom området
- Utformning och disposition av etableringar
- Antal farligt gods-transporter förbi planområdet
- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Av denna anledning är behovet av känslighetsanalyser litet. Det bedöms att mindre variationer i indata inte skulle ge underlag för en annan slutsats än den som dras efter utförda beräkningar. För två parametrar, vilka initialt bedömts känsliga för resultatet, har känslighetsanalys utförts. Antalet antagna godståg per dag samt skyddsavstånd mellan vägar och bebyggelse har studerats, se vidare Bilaga E.

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 [20].

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 [20].

Transporter av brandfarlig vara på väg har antagits gå till SAAB Kockums eller till Marinbasen. Även isverket på Saltö hanterar giftig och brännbar gas i form av ammoniak. Det har, i en annan utredning, konstaterats att ammoniaken hanteras i ett slutet system och att det vid påfyllning endast rör sig om små mängder och sällan erfordras [21]. Följaktligen bedömer WSP att den transporterade mängden ammoniak till isverket på vägen är väldigt liten jämfört med leveranserna till SAAB Kockums och Marinbasen och att ammoniaken inkluderas i den uppskattade mängden farligt gods av klass 2.3, som transporteras på väg.

8 Slutsatser

De risker som har identifierats kunna påverka undersökt planområde är främst förknippade med farligt gods-trafiken på Infartsleden och Järnvägstorget. Riskbidraget från järnvägen bedöms vara litet då ett skyddsavstånd om 20 meter upprätthålls till järnvägen och med förutsättningen att antalet farligt gods-transporter på järnvägen förblir lågt i höjd med planområdet. Resultatet av individriskberäkningarna påvisar behov av att vidta rimliga åtgärder för bebyggelse och etablering utmed Infartsleden och Järnvägstorget. Samhällsriskberäkningarna understryker detta behov av åtgärder

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 för Pottholmen, etapp 2, är:

- Skyddsavstånd mellan planerad bebyggelse och Infartsleden ska uppgå till minst 10 meter. Avstånd räknas från närmsta väggkant. Området mellan bebyggelse och väggkant skall hållas bebyggelsefritt. Ett bebyggelsefritt skyddsavstånd om 15 meter ska även upprättas, räknat från järnvägens yttersta spår.
- Det ska säkerställas att fordon på Infartsleden och Järnvägstorget inte kör in på planområdet i samband med olyckor. Detta kan göras med avåkningsskydd och kantbarriärer (eller en kombination av båda) som kan stå emot tunga transporter och som utförs så att utsläpp av brandfarlig vätska inte kan lämna vägen. Åtgärden bedöms lämplig längs planerad bebyggelse inom planområdet.
- Fasader inom minst 25 meter från Infartsleden ska utföras i obrännbara material. Dessa fasader ska vidare inte utföras helglasade.
- Bebyggelse ska utformas så att utrymning i riktning bort från respektive riskkälla medges.
- Minst 25 meters skyddsavstånd ska upprättas mellan Infartsleden/Järnvägstorget och platser som uppmuntrar till mer än tillfällig utomhusvistelse (t.ex. uteserveringar, lekplatser etc.) och som vetter oskyddat mot vägen inom planområdet.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsriskenivån för planområdet till en nivå inom den nedre halvan av det s.k. ALARP-området och inom acceptabla risknivåer enligt DNV:s värderingskriterier. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses stor, bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området.

Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg

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 [10] 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 [21] 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 andra 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 2040.

Tabell 3. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.

Indataparameter	Infartsleden	Järnvägstorget
ÅDT _{total}	31 500	17 850
ÅDT _{FG}	-	-
Hastighetsgräns	40 km/h	40 km/h
Olyckskvot (OK)	1,35	1,35
Andel Singelolyckor (SiO)	0,1	0,1
Index	0,02	0,02
Frekvens FG-olycka	2,61E-03	8,69E-04

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

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

De verksamheter som vid inventeringen funnits ge upphov till transporter av farligt gods på Infartsleden och Järnvägstorget var Saab Kockums och Marinbasen. Uppgifterna rörande farligt gods-transporter är sekretessbelagda och redovisas inte i rapporten.

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

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [14]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

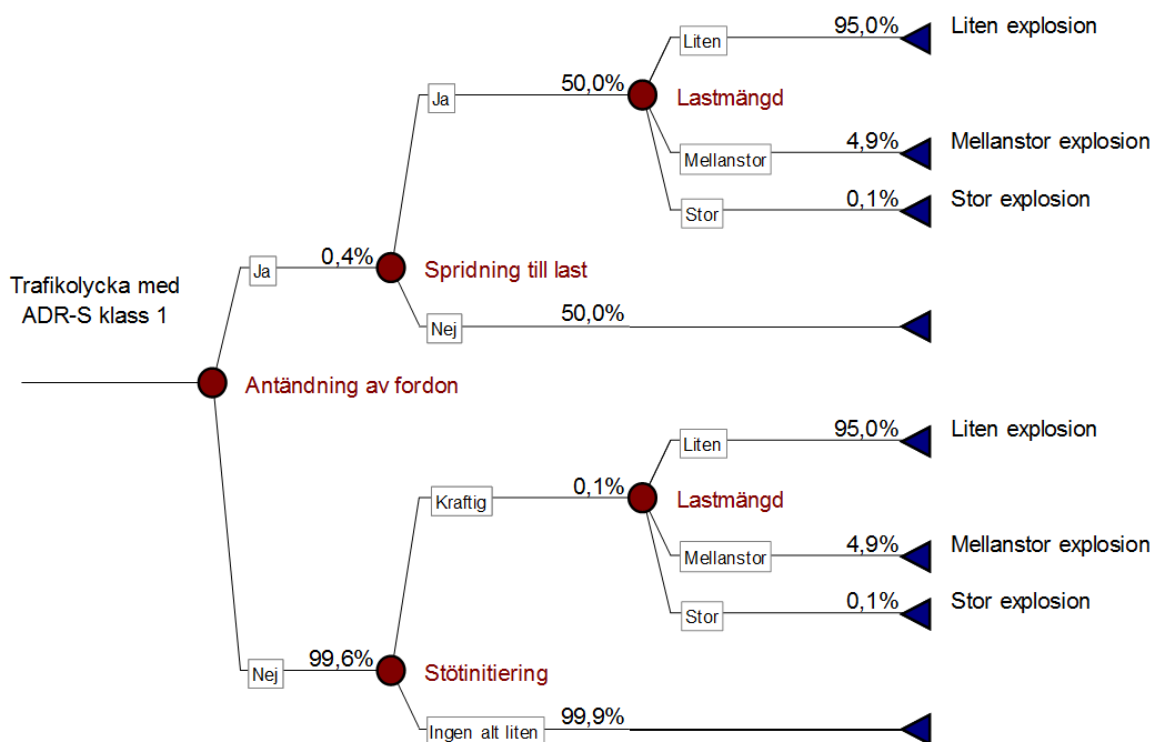
A.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [22] 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. Vid kontakt med Marinbasen har framkommit att merparten gods av klass 1.1 transporterats som styckegods i mindre kvantiteter [23].

A.3.2 Händelseträd med sannolikheter

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



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

A.3.2.1. Antändning av fordon

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

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

A.3.2.2. Brandspridning till lasten

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

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

Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [28], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

A.3.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [29]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [30] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

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

A.3.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [31] [32].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [33] 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. Med anledning av uppgifter från Marinbasen, vilka gör gällande att merparten transporter sker som styckegods i mindre kvantiteter, antas fördelningen som anges i Tabell 4 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

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

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,1 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	4,9 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	95 %.	150 kg

A.4. ADR-S Klass 2 – Gaser

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

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [14]. 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.

A.4.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [34]. Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg [28].

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

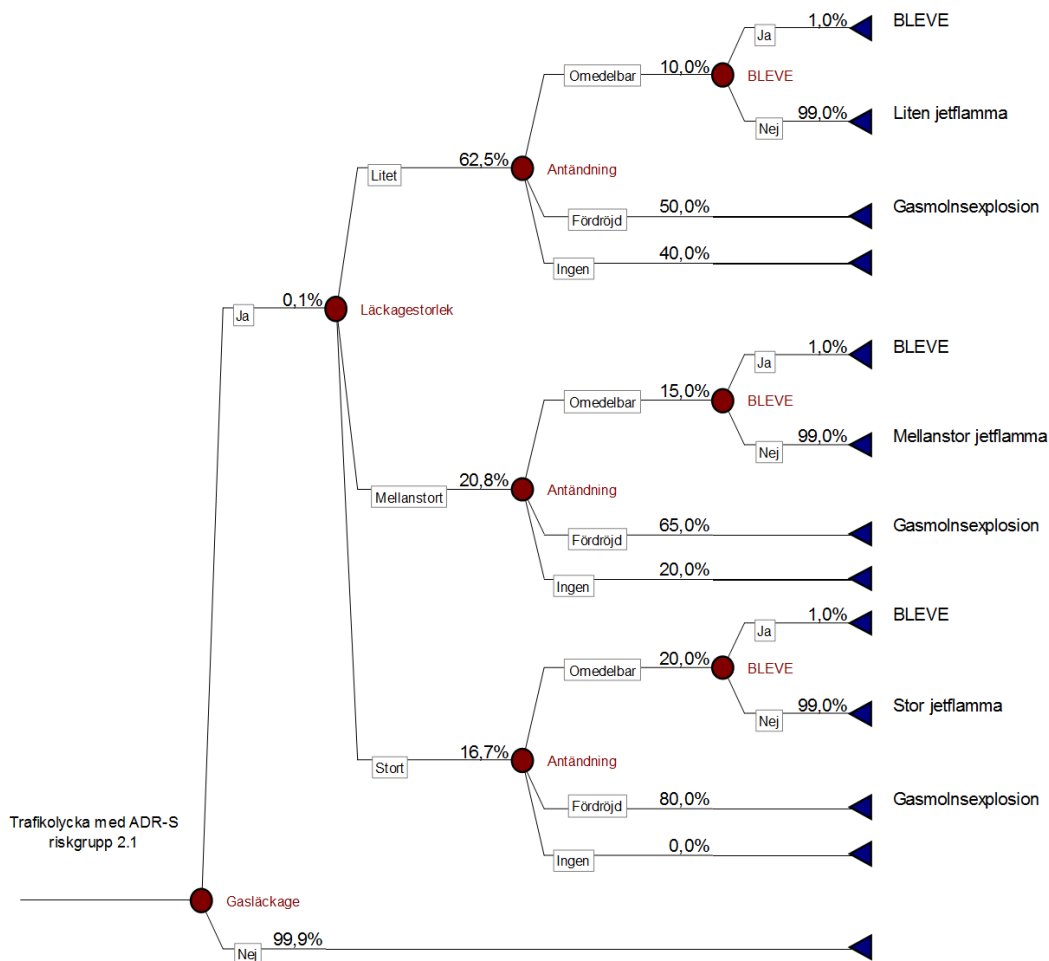
A.4.1.1. Representativt ämne

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

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.

A.4.2 Händelseträd med sannolikheter

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



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

A.4.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [35]. 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 [10], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $2\% \cdot 1/30 = 0,1\%$.

A.4.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [10] 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 % [10].

A.4.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en

jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [36], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

A.4.2.4. BLEVE

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

A.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

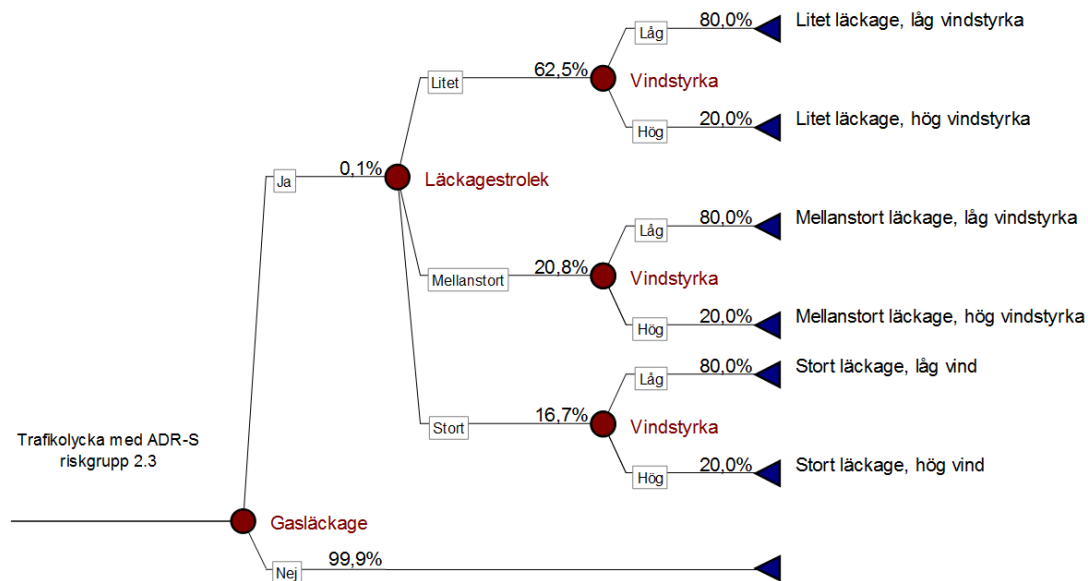
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

A.4.3.1. Representativt ämne

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

A.4.4 Händelsetråd med sannolikheter

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



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

A.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [10]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tåligket [35]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [10], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas $2\% \cdot 1/30 = 0,1\%$.

A.4.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [10].

A.4.4.3. Vindstyrka

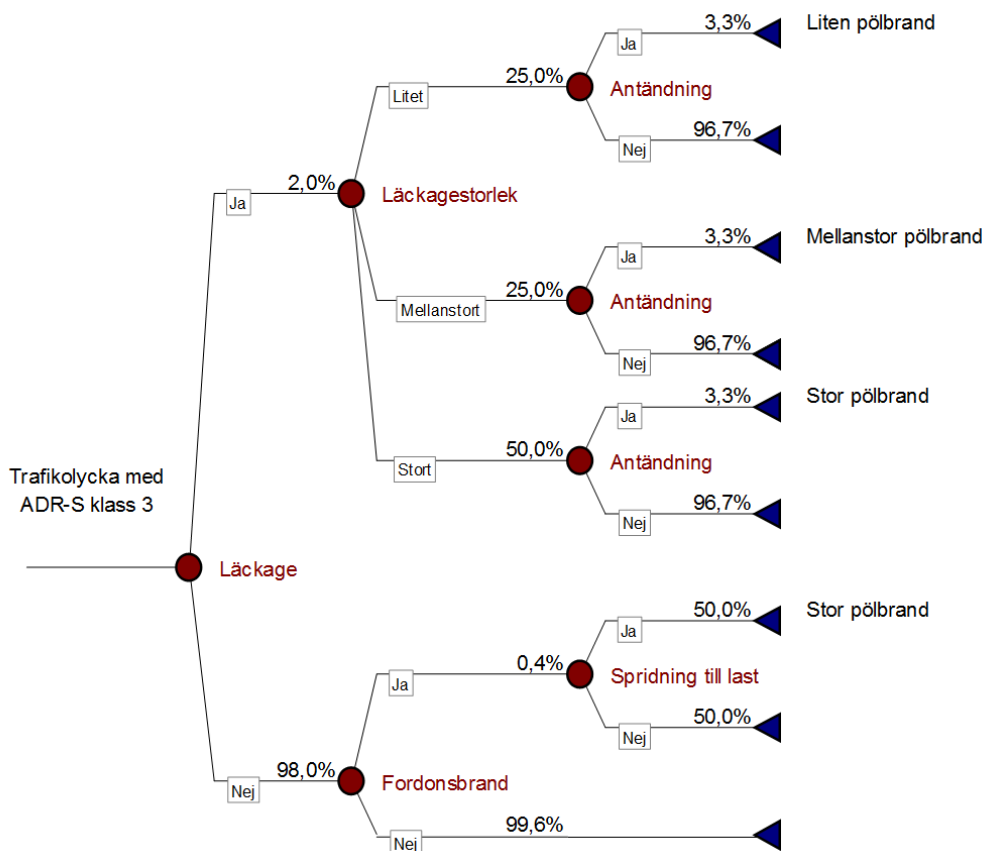
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [37]. Vindhastighet 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 80 % respektive 20 %.

A.5. 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.

A.5.1 Händelseträäd med sannolikheter

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



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

A.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 2 % [10].

A.5.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [38] [39]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [10]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

A.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [40]. 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 % [30].

A.5.1.4. Fordonsbrand

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

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

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

A.6.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [14].

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 [41]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [42] och FOI [43] 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 [44].

A.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [34]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

A.6.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

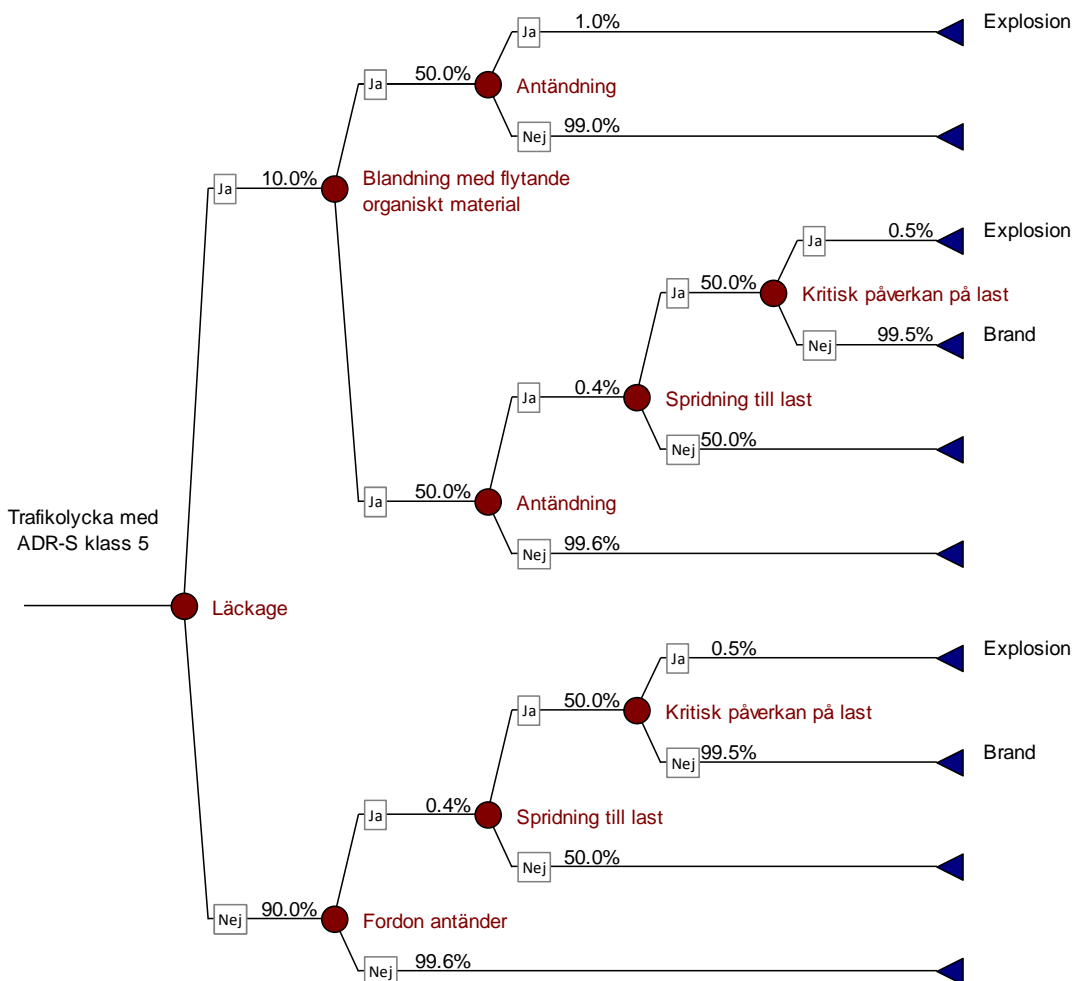
Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter [45], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

I aktuellt fall sker dock även transporter av väteperoxid (85% koncentration). Detta ämne har andra egenskaper än ammoniumnitrat och kan leda till kraftiga detonationer som kan liknas vid de för ADR-S klass 1.1. Antalet är relativt litet (ett fåtal per år [23]). Transporterna av väteperoxid har i denna riskbedömning inkluderats i andelen ADR-S-klass 1.1.

För övriga ämnen i riskgrupp 5.2 används ammoniumnitrat som representativt ämne i de fortsatta beräkningarna.

A.6.2.2. Händelsesträd med sannolikheter

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



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

A.6.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg.

Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [46]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

A.6.2.4. Blandning med flytande organiskt material

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

A.6.2.5. Antändning av blandning

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

A.6.2.6. Antändning av oblandat gods

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

A.6.2.7. Antändning av fordon vid olycka

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

A.6.2.8. Brandspridning till lasten

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

A.6.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [42]. 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 [41]. 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 %.

A.7. 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 B).

Bilaga B. Konsekvensberäkningar – väg

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

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

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

B.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar uppskattas hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring riskkällan, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. I aktuellt fall kommer persontätheten kring Infartsleden, Järnvägstorget och järnvägen bli mycket varierande. Med tanke på att närområdet kring riskkällorna inte är homogent befolkat används i denna riskbedömning ett angreppssätt som innebär att risksituationen för planområdet beräknas separat. Av denna anledning anpassas riskvärderingskriterier för att planområdet ska uppnå en risksituation som är önskvärd för samhället generellt, se vidare Tabell 6 och Figur 19.

I personantalsuppskattningarna antas att varje lägenhet bebos av i genomsnitt 2 personer. Personantalet för etapp 1 är relevant för samhällsrisikberäkningen, då den beaktar en större yta än endast planområdet (etapp 2).

Tabell 6. Personantalsuppskattningar inom planområdet [47].

	BTA [m ²]	Antal	Antal personer	Antal personer dagtid	Antal personer nattetid
Ettapp 1					
Bostäder	45200	450 (lgh)	900	297	891
Kontor	6400		288	276	12
Handel	2600		117	117	12
Parkering	8400	280 (p)	28	28	0
Summa			1333	718	914
Persontäthet [pers/km ²]			37028	19958	25395
Ettapp 2					
Hotell	8380		451	150	451
Kontor	4560		200	200	0
Handel	3710		170	170	0
Parkering	4350		0	0	0
Summa			821	520	451
Persontäthet [pers/km ²]			82100	52000	45100
Ytan mellan ettapp 1 och ettapp 2					
Centralstation, busstorg, lokstallarna (gym, restaurang etc) [pers/km ²]			1000	1000	100



Figur 19. Etapp 2.

Det gör stor skillnad om personer förväntas vistas inomhus eller utomhus då en olycka sker. Personer inomhus erhåller en viss skyddsgrad relativt personer utomhus. Baserat på tillvägagångssätt angivet i Göteborgs stads fördjupade översiktsplan [28] görs en fördelning av personerna inom planområdet enligt Tabell 7 nedan som förutsättning för beräkningarna.

Tabell 7. Fördelning av personer inom planområdet.

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

Förhållandena gällande befolkningens mängd för dagtid antas gälla under 12 timmar av dygnet och nattetid antas gälla under 12 timmar av dygnet.

B.2. Antagande om olyckans placering

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

Om det finns en mittbarriär eller avståndet mellan två köriktningar är stort används ett differentierat konsekvensavstånd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, där det ena körfältets konsekvensavstånd korrigerats för att gälla för det ökade avståndet från vägkanten. Grafen visar fortfarande risken på ett avstånd från vägkant närmast området.

B.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [48].

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

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

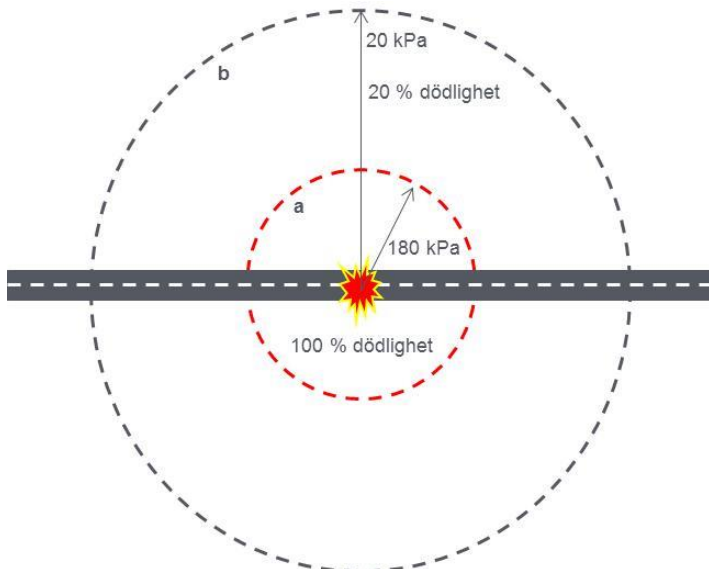
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

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

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [50] 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 halvfärisk utbredning av luftstötstågen.

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

B.4. ADR-S klass 2 – Gaser

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

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

B.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* [51] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [52], 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	0,09	0,32	0,08
Mellanstort	0,9	1,03	0,83
Stort	17,9	4,56	16,37

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

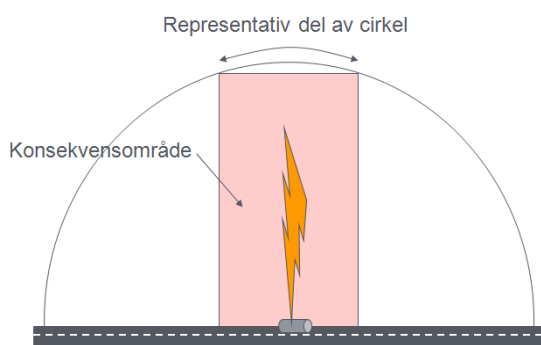
B.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [49]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

B.4.1.2. Jetflamma

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

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [49], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [53] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 21.



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

B.4.1.3. Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion 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 [51] 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. Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 20.

B.4.1.4. 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

B.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [51]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1m), stabilitetsklass B.

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

B.5. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [28] [54].

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

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [28]. 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
Litet utsläpp	50 m ²	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 m
Stort utsläpp	400 m ²	30 m

B.6. 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.

B.6.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [44]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

B.6.2 Brand

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

B.7. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

I Tabell 13 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. Inom konsekvensområdet antas personer generellt utsättas för dödliga konsekvenser. Dock vistas en stor del av människorna inomhus, samt i skydd av framförvarande byggnader, vilket innebär en viss skyddsgrad i förhållande till om alla hade vistats utomhus utan skydd gentemot riskkällan. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende skyddsgrad inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas. Zon 1 motsvarar första radens bebyggelse, zon 2 motsvarar andra radens bebyggelse etc.

Tabell 13. Sammanställning av konsekvensavstånd samt antaganden kring skyddsgrad avseende bebyggelse.

ADR-S-klass	Olycksscenario	Konsekvensavstånd (m)	Skyddsgrad inomhus			Skyddsgrad utomhus		
			Zon1	Zon2	Zon3	Zon1	Zon2	Zon3
1	Liten explosion (a)	13	67%	98%	98%	33%	50%	50%
	Liten explosion (b)	41	67%	98%	98%	33%	50%	50%
	Mellanstor explosion (a)	28	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Mellanstor explosion (b)	88	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Stor Explosion (a)	61	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Stor Explosion (b)	193	33%	67%	67%	33%	50%	50%
2.1	BLEVE	170	90%	98%	98%	90%	90%	90%
	Liten jetflamma	5	99%	100%	100%	90%	90%	90%
	Gasmolnsexplosion	42	98%	99%	99%	67%	67%	67%
	Mellanstor jetflamma	17	99%	100%	100%	90%	90%	90%
	Stor jetflamma	73	98%	100%	100%	90%	90%	90%
2.3	Litet läckage låg vindstyrka	27	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Litet läckage hög vindstyrka	29	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Mellanstort läckage låg vindstyrka	88	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Mellanstort läckage hög vindstyrka	96	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Stort läckage låg vindstyrka	458	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Stort läckage hög vindstyrka	461	90%	90%	90%	0%	50%	50%
3	Liten pölbrand	12	99%	100%	100%	99%	100%	100%
	Mellanstor pölbrand	21	99%	100%	100%	99%	100%	100%
	Stor pölbrand	27	99%	100%	100%	99%	100%	100%
5	Explosion (a)	39	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Explosion (b)	123	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Brand	27	99%	100%	100%	99%	100%	100%

Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar - järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [11]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

C.1. Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka uppskattas i detta fall till 0,6 km. Observera att riskvärderingskriterier anpassas av denna anledning enligt avsnitt 3.4.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (persontåg/dygn) är cirka 62 stycken år 2040 [5]. I dagsläget förekommer ingen godstrafik på banan, men för att ta höjd för eventuella framtida beräkningar ansätts 1 godståg/dygn år 2040.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), är cirka 118000 (baserat på antagandet att ett persontåg innehåller i genomsnitt 3 vagnar/tåg och ett godståg 17 vagnar/tåg) [55].
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 5 st.
- Växlar och plankorsningar saknas på studerad del av sträckan.

C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 14 [19]:

Tabell 14. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

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

C.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etcetera. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [19] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

C.1.3 Växling och rangering

I höjd med planområdet finns 5 växlar. I beräkningar tas hänsyn till att växling förekommer till sidospår då det rör sig om ett stationsområde.

C.1.4 Resultat

Frekvensen för urspårning (alla typer av tåg) beräknas, med ingångsvärden enligt föregående avsnitt, till 9,07E-03 urspårningar per år.

Frekvensen för en olycka med godståg involverat beräknas till 1,78E-04 med formeln:

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

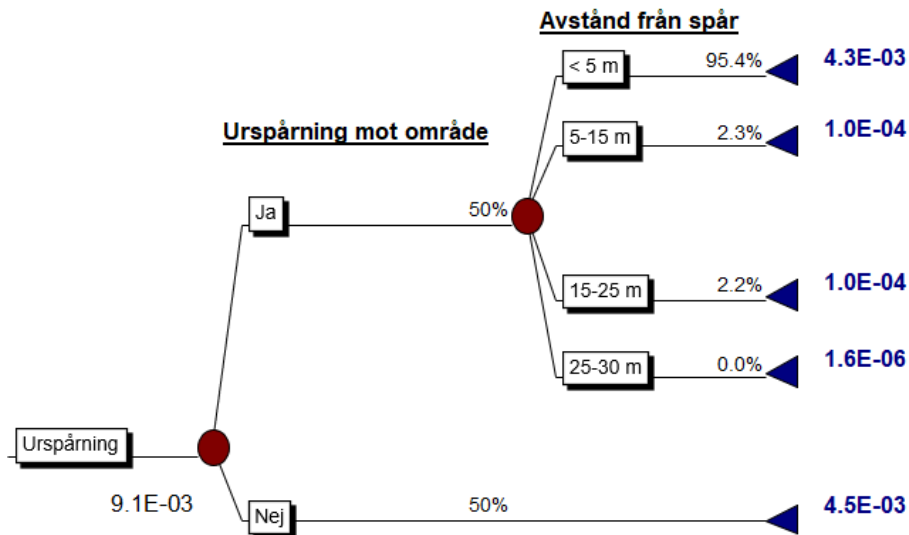
C.1.5 Avstånd från spår för urspårade vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 15 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (99% persontåg och 1% godståg) [19].

Tabell 15. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	>15
Resandetåg	79,31%	18,39%	2,30%	0,00%
Godståg	73,56%	20,69%	5,75%	0,00%
Viktat medel efter andel	79,27%	18,41%	2,32%	0,00%

Vid ca 30 km/h är sannolikheten att ett urspårat tåg ska hamna mer än 15 ifrån spåret noll [56]. Enligt Tabell 15 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i Figur 22 nedan.



Figur 22. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

C.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

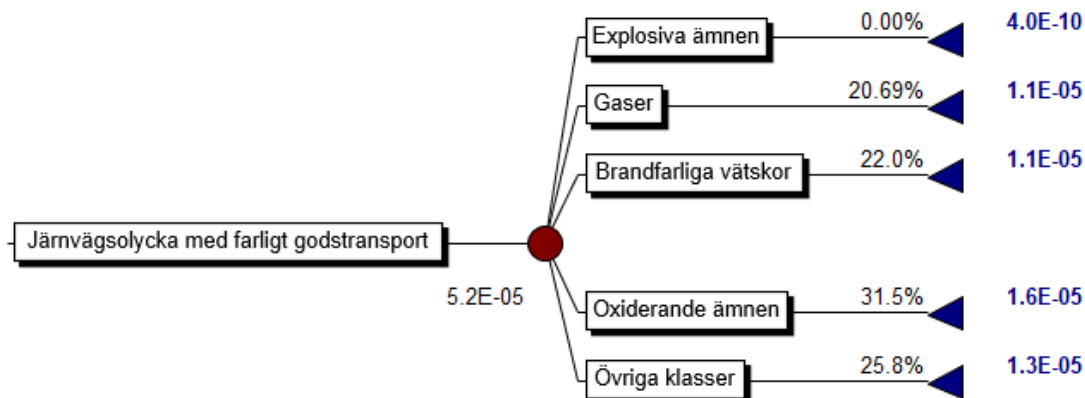
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt C.1.3 beräknad till 1,78E-04 per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [57]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 9 % av det totala antalet godsvagnar [58]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-0,09)^{3,5} = 0,28$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas alltså bli cirka 5,17E-05 per år.

I händelseträd, se Figur 23, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass. Det förekommer inga farligt gods-transporter på sträckan i dagsläget och därmed finns ingen statistik att tillgå. Det finns inte heller några prognoser tillgängliga. Av denna anledning görs beräkningar med nationell farligt gods-fördelning för järnvägsnätet [59].



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

C.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

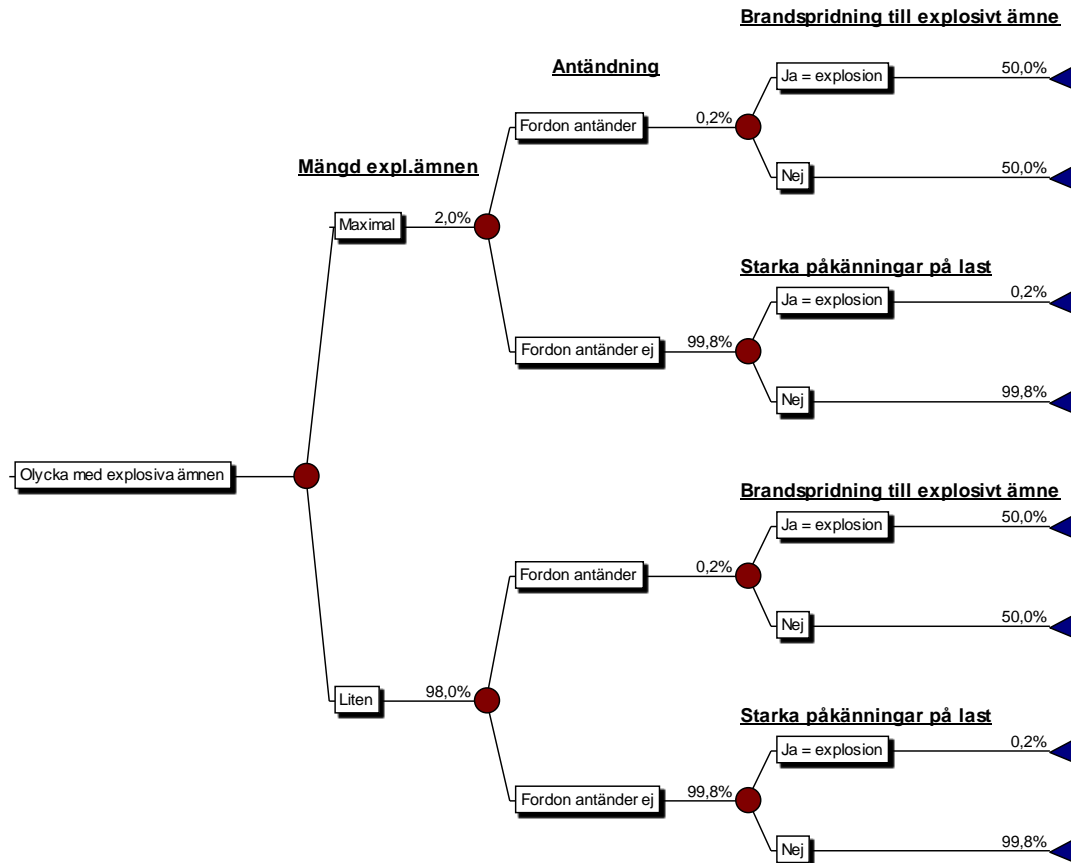
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods [18]. Denna siffra gäller för Sverige i helhet, och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade det endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne [60].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [25] [26]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [61].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [29]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [30] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 24 redovisas möjliga scenarier.



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

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [59], antas 73 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 23 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckcondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [19]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

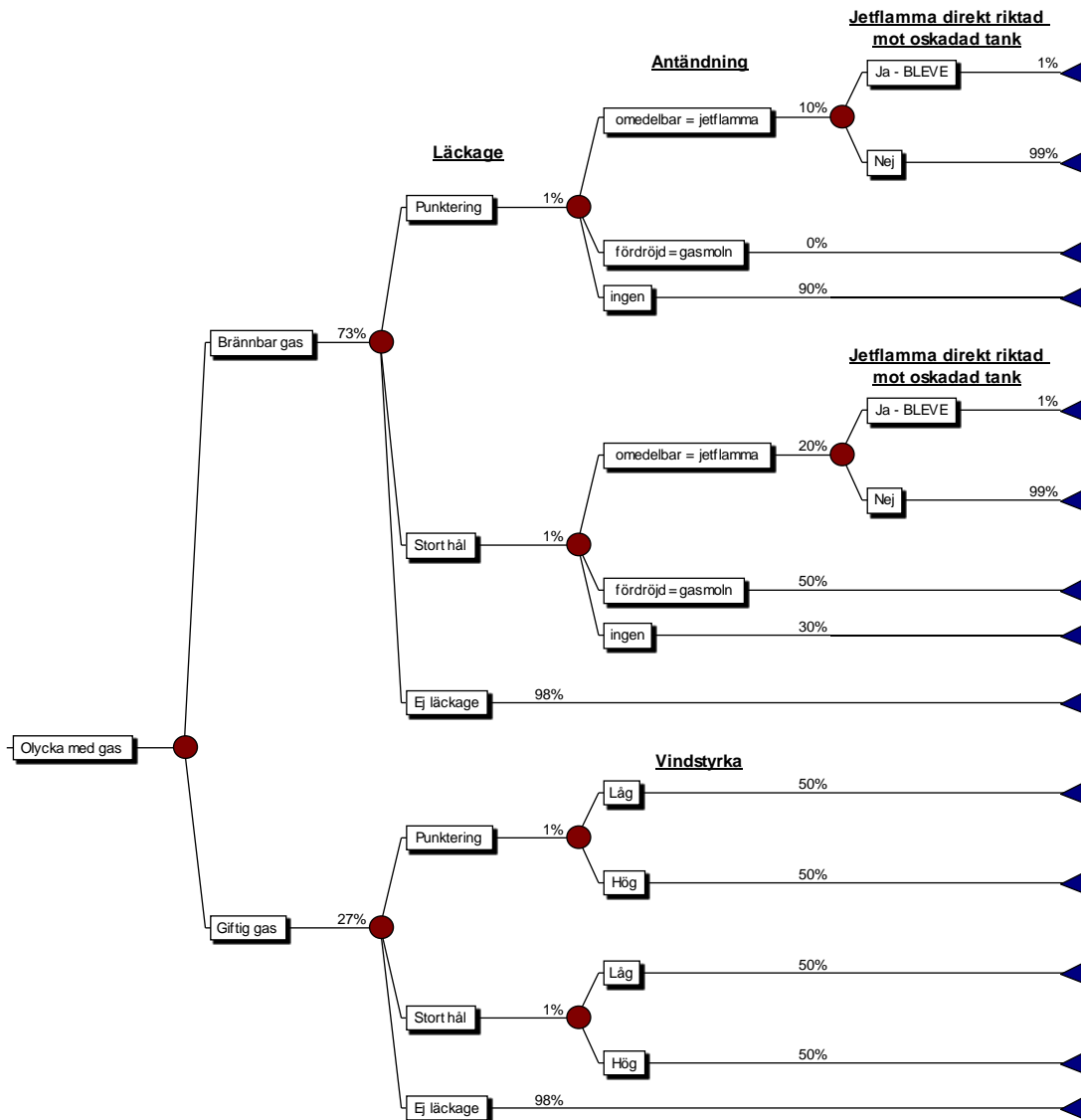
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [62] för:

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

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [62]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

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

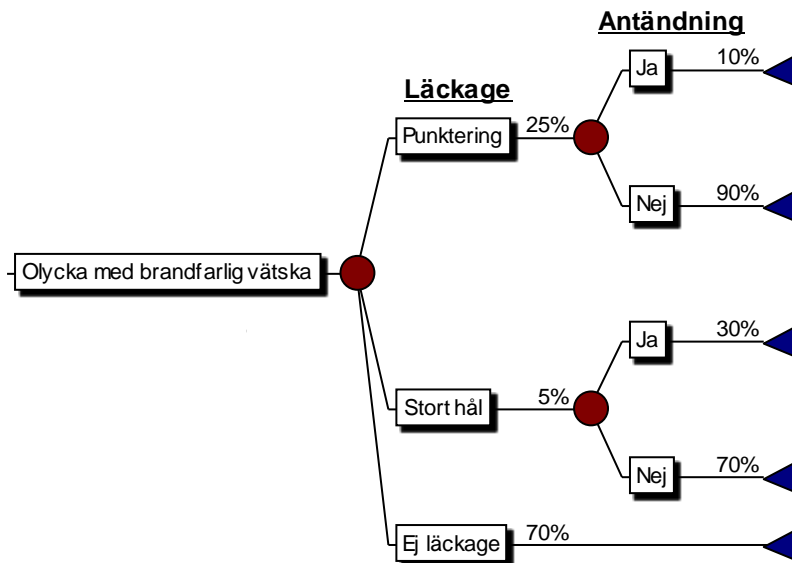


Figur 25. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [19]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [19]. I Figur 26 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 26. Händelse-träd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

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

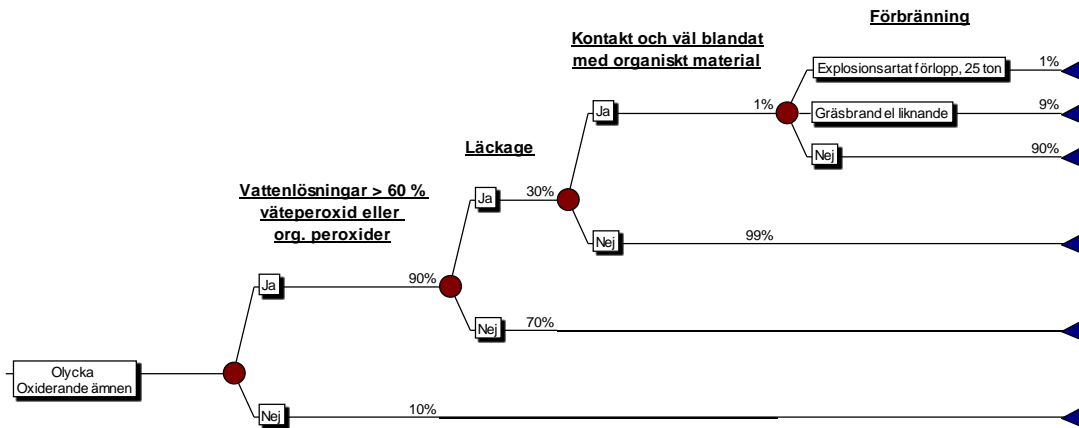
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

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

Transportstatistik [18] anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt C.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 %

[61]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 27 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



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

C.5. Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

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

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

Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – järnväg

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

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

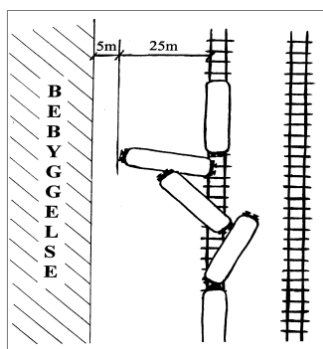
D.1. Persontäthet

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

Uppgifter om uppskattade persontätheter i etapp 1 respektive etapp 2 återfinns i bilaga B.1.

D.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur 28. [63]. Vid de låga hastigheter som är aktuellt vid Karlskrona C minskar dock sannolikheten kraftigt för urspårningar långt ifrån banvallen, se vidare bilaga C.1.1.



Figur 28. Urspåringsolycka på järnväg.

D.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

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

D.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) [64].

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 [65]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då cirka 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [28].

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg [28] anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

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

D.3.2.1. Brännbar gas

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [66].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [67]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [68], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m² (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 16 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 16. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

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

D.3.2.2. Giftig gas

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [69] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig utomhus. Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^2) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [69]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [69].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 17.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 17. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Vindstyrka (m/s)	Konsekvensavstånd utomhus (m)
Punktering (0,45 kg/s)	3	38
	8	34
Stort hål (112 kg/s)	3	755
	8	880

² Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [67].

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

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [70].

I Tabell 18 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 18. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

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

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

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [28], se vidare avsnitt D.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt 0.

Tabell 19. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

D.4. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

I Tabell 20 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. Inom konsekvensområdet antas personer generellt utsättas för dödliga konsekvenser. Dock vistas en stor del av människorna inomhus, samt i skydd av framförvarande byggnader, vilket innebär en viss skyddsgrad i förhållande till om alla hade vistats utomhus utan skydd gentemot riskkällan. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende skyddsgrad inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas. Zon 1 motsvarar första radens bebyggelse, zon 2 motsvarar andra radens bebyggelse etc.

Tabell 20. Sammanställning av konsekvensavstånd samt antaganden kring skyddsgrad avseende bebyggelse.

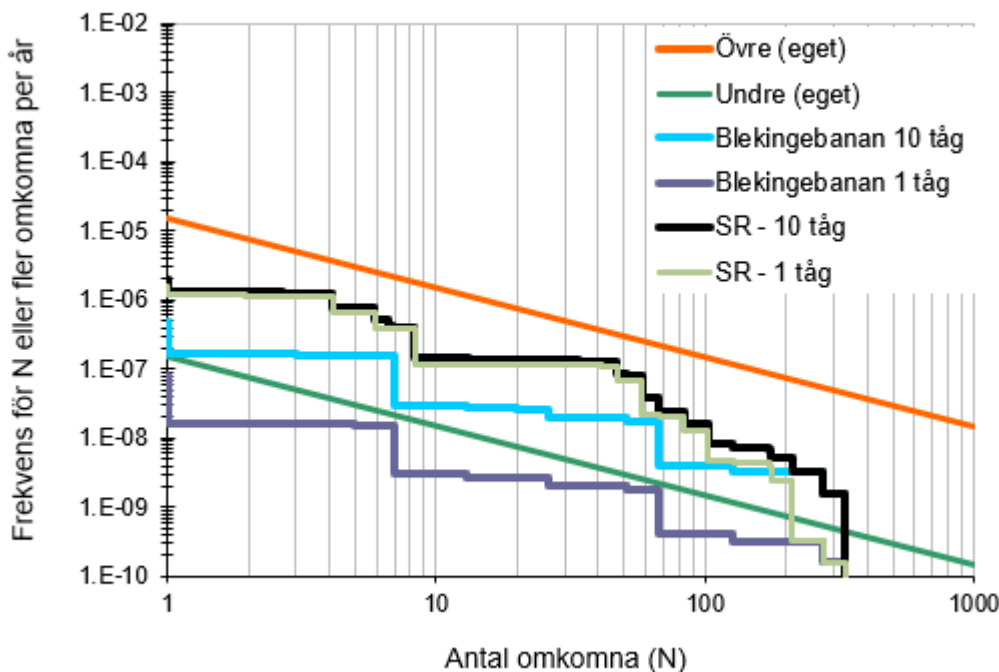
RID-S- klass	Olycksscenario	Konsekvens- avstånd (m)	Skyddsgrad inomhus			Skyddsgrad utomhus		
			Zon1	Zon2	Zon3	Zon1	Zon2	Zon3
	Urspårning < 5 m,	5	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 5-15	15	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 15-25	25	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Urspårning 25-30	30	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1	Explosiva ämnen, 25 ton	250	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Explosiva ämnen 100 kg	25	67%	98%	98%	33%	50%	50%
2.1	BLEVE	200	90%	98%	98%	90%	90%	90%
	Jetflamma, punktering	18	99%	100%	100%	90%	90%	90%
	Gasmoln, punktering	18	98%	99%	99%	67%	67%	67%
	Jetflamma, stort hål	92	98%	100%	100%	90%	90%	90%
	Gasmoln, stort hål	21	98%	99%	99%	67%	67%	67%
2.3	Punktering giftig gas, svag vind 2 m/s	38	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Punktering giftig gas, stark vind 8 m/s	34	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Stort hål giftig gas, svag vind 2 m/s	755	90%	90%	90%	0%	50%	50%
	Stort hål giftig gas, stark vind 8 m/s	880	90%	90%	90%	0%	50%	50%
3	Liten pölbrand	22	99%	100%	100%	99%	100%	100%
	Stor pölbrand	40	99%	100%	100%	99%	100%	100%
5	Explosion oxiderande ämnen, 25 ton	250	33%	67%	67%	33%	50%	50%
	Gräsbrand oxiderande ämnen	40	99%	100%	100%	99%	100%	100%

Bilaga E. Känslighetsanalys

E.1. Varierat antal godståg per dygn

Trafikverket har inte kunnat bidra med information gällande hur många godstransporter som kan tänkas omdirigeras till Karlskrona centralstation. Enligt uppgifter från Karlskrona kommun finns det i dagsläget fysiska begränsningar som medför att det maximalt kommer kunna ske 6 godstransporter per dag som rangeras på spår 42 norr om järnvägsstationen och Brohålan. Beräkningarna i rapporten grundar sig i antagande om att det sker 1 godstransport per dygn på järnvägen in till Karlskrona centralstation. Av godset antas ca 5% utgöras av farligt gods enligt nationellt snitt för järnvägstransporter. Redan detta anses vara ett konservativt antagande då godstransporter endast förväntas ske vid särskilda omständigheter vilket inte antas inträffa dagligen. Då detta antagande dock förväntas kunna ge stor inverkan på det slutgiltiga resultatet genomförs en känslighetsanalys där 10 farligt gods-transporter per dag ligger till grund för beräkningarna.

I Figur 29 illustreras skillnaden i samhällsrisknivå då det sker 1 transport av farligt gods dagligen jämfört med 10 transporter.



Figur 29. Sammanlagd samhällsrisk för planområdet (inkluderat risker från Infartsleden och Järnvägstorget) vid 1 respektive 10 godståg per dygn på aktuell del av järnvägen. Järnvägens individuella riskbidrag redovisas också.

Resultatet visar på en ökning av allvarliga olyckor (stora konsekvenser) om 10 godståg per dygn skulle bli aktuellt. Även om frekvensen för dessa allvarliga olyckor har höjts ovan den undre gränsen till ALARP-området jämfört med den ursprungliga beräkningen med avseende på riskbidraget från järnvägen, är den sammanlagda risknivån i stort sett oförändrad. Inga vidare riskreducerande åtgärder bedöms därför vara nödvändiga.

Bilaga F. Referenser

- [1] Karlskrona kommun, ”Planbeskrivning - Detaljplan för Pottholmen 1 m.fl., etapp 1, Karlskrona, Dnr. 1118/13,” februari 2015.
- [2] Trafikverket, ”Nationell Vägdatatabas på webb,” [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>.
- [3] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [4] Karlskrona kommun, ”Årmedeldygnstrafik, prognos,” 2022-11-07.
- [5] Trafikverket, *Trafikprognos 2040*, 2022.
- [6] ”E-mail från Hans-Olof Hansson, Mark- & Exploateringschef, Karlskrona kommun,” 2012-02-13.
- [7] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [8] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [9] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [10] Räddningsverket, *Farligt gods - riskbedömning vid transport*, Statens räddningsverk, 1996.
- [11] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.
- [12] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [13] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [14] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [15] Statens Räddningsverk, *Förvaring av explosiva varor, handbok.*, 2006.
- [16] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg,” 1994.
- [17] Karlskrona kommun, ”Telefonmöte med Tore Almlöf och Jan-Anders Glantz,” 2015-01-26.
- [18] Trafik analys - TRAFKA, ”Bantrafik 2013-2017,” 2017.
- [19] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.
- [20] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [21] F. Larsson och E. Svedberg, ”Riskbedömning avseende närhet till isverket-Kv. Gäddan 3,” WSP, Karlskrona, 2018.
- [22] VTI, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [23] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [24] A. Westerberg, ”Uppdatering av farligt avfall ToR ÖHK 2017,” Marinbasen, Karlskrona, 2017-01-31.
- [25] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [26] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [27] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [28] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.

- [29] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [30] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [31] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [32] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [33] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [34] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [35] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [36] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [37] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [38] H. Alexandersson, Norrköping: Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
- [39] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [40] T. Gammalgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [41] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [42] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [43] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [44] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [45] R. Forsén, FOI, 2009.
- [46] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [47] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [48] Masterplan, Calculation Occupant Load Karlavagnsplatsen, 2016-04-18.
- [49] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [50] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [51] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [52] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [53] TRAFKA, Trafikanalys, 2010.
- [54] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [55] BBR, Boverket, 2006.
- [56] F. Boke, "Statistik för Hamnbanan år 2014 och prognos för 2030," 2015-05-05.
- [57] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [58] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [59] Trafikverket, "Järnvägsplan - Riskutredning - Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahamnen," 2014-02-17.
- [60] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [61] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [62] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [63] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.

- [64] Länsstyrelsen Stockholms län, ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer,” 2000.
- [65] Stefan Lamnevik AB, ”Verkan av explosioner i det fria,” 2010.
- [66] 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.
- [67] Svenska gasföreningen, ”Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter,” 2004.
- [68] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4,” 1994.
- [69] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, ”Datorprogrammet Gasol”.
- [70] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [71] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, ”Brandskyddshandboken, Rapport 3161,” Lund, 2012.

WSP Sverige AB

Box 13033

371 21 Karlskrona

Tel: +46 10 722 50 00

Fax: +46 10 722 56 53

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

