

HALMSTAD KVARTERET KATTEN AB

# FÖRDJUPAD RISKBEDÖMNING FÖR DETALJPLAN

KV. KATTEN 18 M.FL., HALMSTAD KOMMUN

2022-05-23



# Fördjupad riskbedömning för detaljplan Kv. Katten 18 m.fl., Halmstad kommun

## KUND

**Halmstad Kvarteret Katten AB**

## KONSULT

### **WSP Brand & Risk**

Box 34

371 21 Karlskrona

Besök: Högabergsgatan 3

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

## KONTAKTPERSON

Fredrik Larsson

WSP Brand & Risk

[fredrik.j.larsson@wsp.com](mailto:fredrik.j.larsson@wsp.com)

Anders Rosengren

Kvarteret Katten AB

[anders@kvarteretkatten.se](mailto:anders@kvarteretkatten.se)

### PROJEKT

Kvarteret Katten

### UPPDRAGSNAMN

RBDP Kv Katten 18 m.fl. Halmstad

### UPPDRAGSNUMMER

10311634

### FÖRFATTARE

Fredrik Larsson

### DATUM

2022-05-23

### ÄNDRINGSDATUM

### GRANSKAD AV

Gustav Nilsson

### GODKÄND AV

Fredrik Larsson

## Sammanfattning

WSP har av Kvarteret Katten AB fått i uppdrag att upprätta en fördjupad riskbedömning i samband med ny detaljplan för Kv Katten 18, 4 och 5 i Halmstad kommun. Den nya planen upprättas med syfte att möjliggöra för bostäder och kontor samt även pröva vuxenutbildning, träningsstudio och föreningslokal i avsikt att bekräfta det stadsliv som utvecklats inom kvarteret de senaste decennierna.

Väster om planområdet löper Västkustbanan, på vilken betydande farligt gods-transport förekommer. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden är ca 20 meter.

I publikationen *Risikanalyt av farligt gods i Hallands län* ges riktlinjer för samhällsplaneringen i närhet av länets farligt gods-leder, där Västkustbanan särskilt belyses. Planområdets läge i förhållande till järnvägen, samt planerad användning av området, innebär ett behov av en fördjupad riskbedömning.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

Resultaten av riskberäkningarna visar att individrisknivån för horisontår 2040 är sådan att riskreducerande åtgärder behöver studeras vidare. Även samhällsrisknivån för planområdet har beräknats vara så hög att riskreducerande åtgärder krävs för att önskad exploatering skall kunna möjliggöras. Det har inte utförts beräkningar för dagens risksituation inom ramen för detta uppdrag. Det bedöms dock rimligt att individrisknivån i dagsläget skiljer sig relativt lite från de beräknade nivåerna för år 2040. Samhällsrisknivån i dagsläget är emellertid lägre än vid genomförd exploatering år 2040 med anledning av den förtätning av området som exploateringen innebär. Detta motiverar riskreducerande åtgärder för planområdet.

För urval av lämpliga riskreducerande åtgärder har utgångspunkt tagits i de funktionskrav som ställs i länsstyrelsens riktlinjer för aktuell typbebyggelse på givna avstånd utmed Västkustbanan. Anpassning av åtgärderna har skett baserat på beräknad risknivå och lokala förutsättningar. Följande åtgärder rekommenderas:

*För Nässjögatan och området utmed Västkustbanan gäller följande:*

- Det ska tillses att minst 0,5 meter nivåskillnad bibehålls vid ändring av Nässjögatan (där Nässjögatan är högre belägen).
- Det ska tillses att området mellan banområdet och Nässjögatan utförs utan oeffergivliga och spetsiga föremål.
- Området mellan Västkustbanan och lågdelen utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

*För lågdelar avsedda för kontor inom 20-30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Den bebyggelse som planeras utföras som lågdela, som närmst 20 meter från Västkustbanan ska enbart nyttjas för arbetsplatser likt kontor etc. vilka innebär dagverksamhet, där personer kan förväntas vara vakna och ha god lokalkännedom. Publik verksamhet i form av handel eller annan centrumverksamhet eller verksamhet som innebär sovande personer (bostäder, hotell etc.) bedöms inte kunna medges inom 20-30 meter från Västkustbanan.
- Befintliga Studenternas hus bedöms kunna bibehållas trots att verksamheten är publik. Detta med anledning av att lokalen inte nyttjas mer än vid enstaka tillfällen.

- Lågdelen ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 20-30 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter (såsom t.ex. takfot). För zonen 30-50 gäller lägst klass E 30. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Luftintag på lågdelen placeras på tak och vända i riktning bort från Västkustbanan.
- För alla lågdelen byggnader och verksamheter ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.

*För högdelar avsedda för flerbostadshus bortom 30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Vad gäller bostadsdelarna bortom 30 meter i byggnad 3, 4 och 5, ska dessa utföras med fristående stommar från kontorsdelarna i lågdelen så att inte ras i lågdelen kan medföra ras i bostadshusen.
- Bostadshusens ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 50 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Bostadshusen inom 30-50 meter från Västkustbanan ska konstrueras så att fortskridande ras motverkas. Vidare ska splitterverkan beaktas. Stora och omfattande glaspartier (helglasade väggpartier) mot Västkustbanan medges inte.
- Luftintag på bostadshusen placeras på tak och vända bort från Västkustbanan.
- För varje bostad ska tillses att de boende själva ska kunna stänga sin ventilation (samt dörrar och fönster) i händelse av ett VMA etc.
- För samtliga bostadshus ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.
- Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån Västkustbanan.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsrisken för planområdet till en nivå inom det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Denna risknivå behöver samrådas med länsstyrelsen. I det fall alla rimliga åtgärder anses ha identifierats och vidtagits, samt om nyttan med verksamheten anses mycket stor, bör risknivån, enligt ALARP-definitionen, kunna betraktas som tolerabel.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	7
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	9
1.6	INTERNKONTROLL	9
<b>2</b>	<b>OMRÅDESBESKRIVNING</b>	<b>10</b>
2.1	PLANOMRÅDET OCH DESS OMGIVNING	10
2.2	VÄSTKUSTBANAN	12
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>13</b>
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	13
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄSTKUSTBANAN	13
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	13
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING</b>	<b>14</b>
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ	16
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ FÖR PLANOMRÅDET	17
<b>5</b>	<b>RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER</b>	<b>18</b>
5.1	BASKRAV ENLIGT LÄNSSTYRELSENS RIKTLINJER	18
5.2	SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING KONTOR	19
5.3	SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING TÄTORT	20
5.4	SAMMANFATTNING AV REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	21
5.5	BEDÖMD RISKNIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER	23
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>26</b>
<b>BILAGA A.</b>	<b>METOD FÖR RISKHANTERING</b>	<b>28</b>
<b>BILAGA B.</b>	<b>FREKVENSBERÄKNINGAR</b>	<b>31</b>
<b>BILAGA C.</b>	<b>KONSEKVENSBERÄKNINGAR</b>	<b>43</b>
<b>BILAGA D.</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>50</b>

# 1 INLEDNING

WSP har av Kvarteret Katten AB fått i uppdrag att upprätta en fördjupad riskbedömning i samband med ny detaljplan för Kv Katten 18, 4 och 5 i Halmstad kommun.

Enligt Halmstad kommun syftar detaljplanen till att möjliggöra en utveckling av kvarteret genom uppförande av nya bostäder. Syftet är också att utreda den kulturhistoriska miljön och vid behov säkerhetsställa denna i detaljplanen. Byggnadernas gestaltning ska bland annat spegla områdets industriella historia där utformningsbestämmelser kommer att styra den tillkommande bebyggelsens gestaltning. Det stadsliv som utvecklats inom kvarteret de senaste decennierna avses bekräftas i den mån möjligt. Detta med hänsyn till platsens läge och påverkan från närliggande järnväg gällande farligt gods, buller och vibrationer som påverkar val av markanvändning och grundläggning. Det är av central och regional betydelse att inom området för centrum ta till vara och utveckla urbana kvalitéer som bidrar till ett varierat, tryggt och levande Halmstad. [1]

Väster om planområdet löper Väst kustbanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden är ca 20 meter.

I publikationen *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* [2] ges riktlinjer för samhällsplaneringen i närhet av länets farligt gods-leder, där Väst kustbanan särskilt belyses. Planområdets läge i förhållande till järnvägen, samt planerad användning av området, innebär enligt riktlinjerna ett behov av en fördjupad riskbedömning. I begreppet riskbedömning innefattas riskanalys (riskinventering och riskuppskattning) samt riskvärdering och vid påvisat behov förslag på riskhanteringsstrategier såsom riskreducerande åtgärder.

Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

## 1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

## 1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

### 1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning samt transport av farligt gods på Västkustbanan. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

### 1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

#### 1.4.1 Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

*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 [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)*

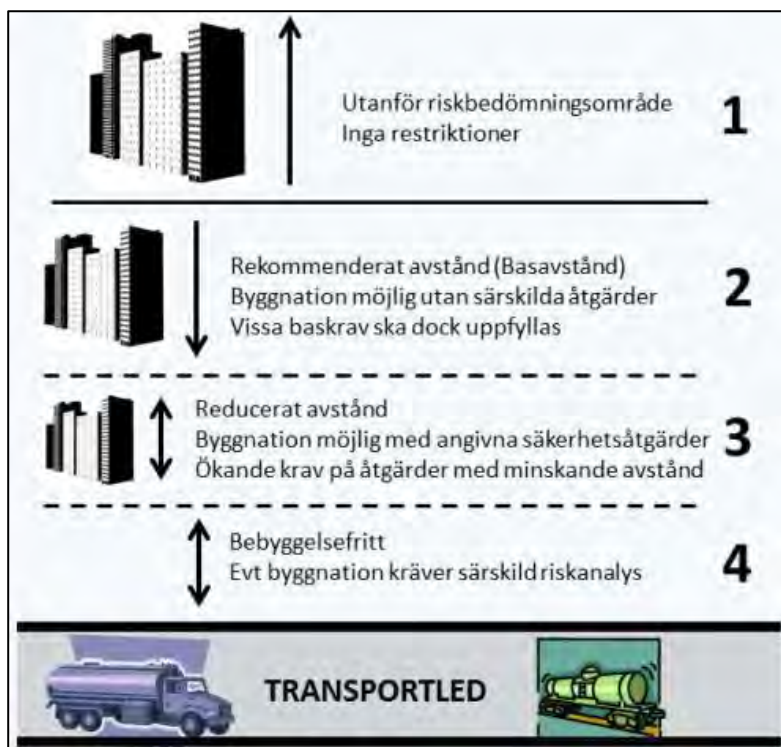
*Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)*

#### 1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Hallands län har tagit fram riktlinjer avseende avstånd och säkerhetshöjande åtgärder kring transportleder för farligt gods. Dessa återfinns i Bilaga A till rapporten *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* [2].

De riktlinjer avseende avstånd samt säkerhetshöjande åtgärder som Länsstyrelsen tagit fram är avsedda att hantera risker med farligt gods. Avsikten med riktlinjerna är att flertalet planärenden ska kunna hanteras utan att ytterligare riskanalyser genomförs. I det fall avsteg från riktlinjerna görs ska fördjupade riskbedömningar ligga till grund för beslut om lämpligheten med planerad markanvändning.

Kring transportlederna delas området upp i fyra zoner enligt riktlinjerna, se vidare Figur 1.



Figur 1. Principer för riktlinjer avseende avstånd och säkerhetshöjande åtgärder utmed transportled för farligt gods.

—————	Fast gräns för riskutredningsavstånd 150 meter från transportled
- - - - -	Rörliga gränser för <i>basavstånd</i> , <i>reducerat avstånd</i> och <i>bebyggelsefritt</i> . Avstånd från transportled beror på användningsområde och kategori av transportled

*Rekommenderat avstånd (Basavstånd)* anger ett rekommenderat avstånd mellan transportleder och olika användningsområden. Avståndet varierar beroende på typ av transportled och användningsområde. Om avståndet upprätthålls krävs inga ytterligare åtgärder. Dock ska vissa baskrav vara uppfyllda enligt tabell A.3 i riktlinjerna.

*Reducerat avstånd* anger ett avstånd där byggnation är möjlig med angivna åtgärder. Avstånd och åtgärder varierar beroende på transportled och användningsområde. För att byggnation ska vara möjlig krävs att säkerhetshöjande åtgärder vidtas enligt riktlinjerna. Inom reducerat avstånd ska baskraven uppfyllas enligt ovan samt specifika åtgärder enligt tabell A.4-A.7 i riktlinjerna. Vilken åtgärdstabell som är relevant beror på användningsområde.

*Bebyggelsefritt avstånd* anger ett minimiavstånd som varierar beroende på transportled och användningsområde. Det bebyggelsefria avståndet varierar även, beroende på åtgärder enligt förutsättningarna gällande för *Basavstånd/Reducerat avstånd* enligt avsnitten ovan, på så sätt att mindre bebyggelsefritt avstånd accepteras om baskraven uppfylls enligt riktlinjernas tabell A.3 samt om åtgärder vidtas för reducerat avstånd enligt riktlinjernas tabell A.4-A.7.

Basavstånd och reducerade avstånd till Västkustbanan framgår av Tabell 1.



Tabell 1. Redovisning av Basavstånd/Reducerat avstånd för respektive typbebyggelse utmed Västkustbanan. Avstånd räknas från närmsta räil.

Typ av bebyggelse	Basavstånd (m)/Reducerat avstånd (m) utmed Västkustbanan	Kommentar Kv. Katten
Bebyggelsefritt	30/20	Uppfylls ej. Det är som närmst 17,5 meter till befintlig verksamhet (Studenternas hus) i norr.
Industri	50/20	Ej aktuell användning.
Kontor	50/20	Basavstånd uppfylls ej. Reducerat avstånd uppfylls för nya lokaler avsedda för kontor.
Småhus	80/50	Ej aktuell användning.
Tätort	80/30	Uppfylls ej. Kan vara aktuell användning om annat än kontor avses möjliggöras i nya lokaler.
Bortre gräns - riskutredning för angivna typområden	150	Uppfylls ej. Hela planområdet är beläget inom ca 100 meter från järnvägen.
Bortre gräns - mycket känsliga användningsområden	Ingår inte i riktlinjerna. Särskild riskutredning ska göras.	Ej aktuell användning.

I det aktuella fallet för Kv. Katten uppfylls varken basavstånd eller reducerade avstånd för vissa användningar, varvid fördjupad riskbedömning erfordras för att prova markens lämplighet för föreslagna användning.

## 1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Riskanalys av farligt gods i Hallands län [2]
- Kvarteret Katten, Presentation 9, ARKKAS arkitekter [3]
- Trafikprognos för 2040 [4]

## 1.6 INTERNKONTROLL

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

## 2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att beskriva de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

### 2.1 PLANOMRÅDET OCH DESS OMGIVNING

Planområdet är beläget i centrala Halmstad och avgränsas i väster av Väst kustbanan, i norr av Sperlingsgatan, i öster av Bryngelshusgatan och i söder av befintliga bostadshus utmed Muraregatan (Kv Katten 11 och 17 ingår ej i planområdet). Bebyggelsen kring området utgörs av blandstad bestående av verksamheter och bostäder. Området är relativt plant och har en area av ca 12 500 m<sup>2</sup>.



Figur 2. Planområdet och dess omgivning.



Figur 3. Sektion A-A genom planområdet.

I västra delen av planområdet (markerat med 3, 4 och 5 i Figur 4) planeras en lågdel i ett plan innehållande verksamheter/kontor (vitmarkerade), följt av högdelar innehållande bostäder (gråmarkerade). I östra delen (markerat med 1 och 2) planeras bostäder (gråmarkerade). Kortaste avstånd från Västkustbanan till verksamheter/kontorsdelar respektive bostadsdelar uppgår till ca 20 respektive 30 meter. I norra delen finns en befintlig verksamhet (Studenternas hus) som avses bibehållas. [3]

Den totala verksamhetsytan uppgår till ca 2 400 m<sup>2</sup> och bostadsytan till ca 20 000 m<sup>2</sup>. Under byggnad 1-4 planeras ett källargarage med ca 175 parkeringsplatser.



Figur 4. Plan 2 – Bostadsplan.



Figur 5. Flygvy från väst.



Figur 6. Flygvy från sydöst.



Figur 7. Vy från nordväst, Nässjögatan.

## 2.2 VÄSTKUSTBANAN

Ca 20 meter väster om planområdet löper Väst kustbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser är representerade på Väst kustbanan och år 2040 förväntas ca 80 persontåg och 20 godståg passera området per vardagsmedeldygn [4]. I höjd med planområdet har banan 2 spår med 2 växlar. Strax norr, respektive söder om planområdet finns plankorsningar försedda med bommar, ljud och ljus.

Hastigheten på södergående spår (det östra spåret) begränsas till 70 km/h i höjd med planområdet. Förr norrgående spår (det västra spåret) gäller medges 130 km/h mitt för planområdet [5]. Det antas att hastigheten är ca 70 km/h i höjd med planområdet då detta är den högsta hastighet som råder inom stationsområdet strax söder om planområdet. Tåg i norrgående riktning bedöms inte ha hunnit accelerera till 130 km/h innan planområdet passerats.

## 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

### 3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Identifieringen av potentiella riskkällor grundar sig i litteratur- och kartstudier. Den riskkälla som bedöms påverka risksituationen i planområdet är olyckor med urspårning samt farligt gods-transporter på Västkustbanan.

Inga farliga verksamheter, Sevesoanläggningar etc. har identifierats i planområdets omgivning.

### 3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄSTKUSTBANAN

På Västkustbanan förekommer transporter av samtliga farligt gods-klasser. Uppskattning av förekommande mängder och andelar av olika farligt gods-klasser görs enligt Bilaga B.2 i Riskanalys av farligt gods i Hallands län [2].

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se Bilaga C, bedöms följande farligt gods-klasser vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5.

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

### 3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 2. Därtill bedöms mekanisk skada vid urspårning av tåg (samtliga typer av tåg) kunna ge dödliga konsekvenser för människor i omgivningen.

Tabell 2. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar.

<b>Explosiva ämnen Klass 1</b>	<b>Brandfarlig gas Klass 2.1</b>	<b>Giftig gas Klass 2.3</b>	<b>Brandfarlig vätska Klass 3</b>	<b>Oxiderande ämnen Klass 5.1</b>
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand
Stor explosion	Liten jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	
	Mellan jetflamma			
	Stor jetflamma			

## 4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transport/urspårning.

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [6]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

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 vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt 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.

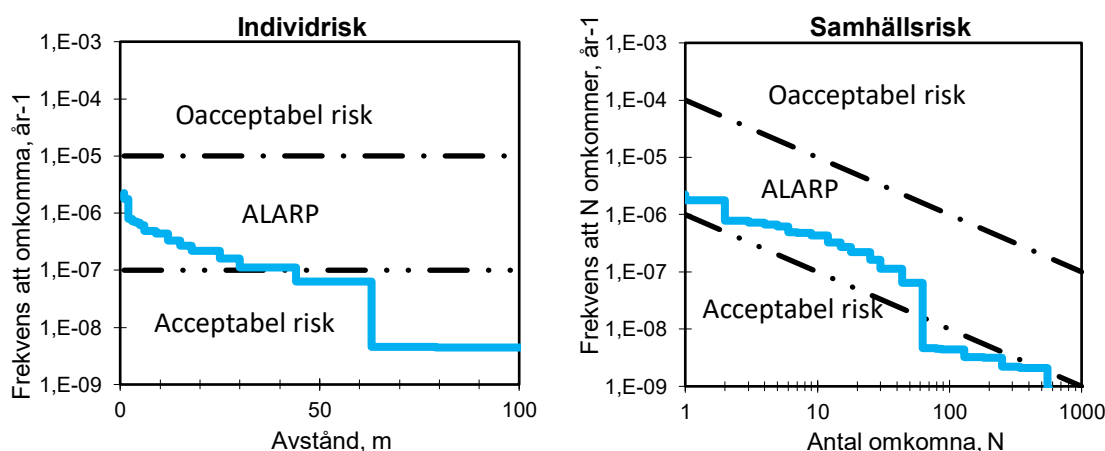
De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 3 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 8.

Tabell 3. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	$10^{-7}$ till $10^{-5}$	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk*	$< 10^{-6}$	$10^{-6}$ till $10^{-4}$	$> 10^{-4}$

\* För N=1 med lutning på F/N-kurva: -1



Figur 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [6].

**Individrisk** – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmättet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 8) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

**Samhällsrisk** – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

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

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

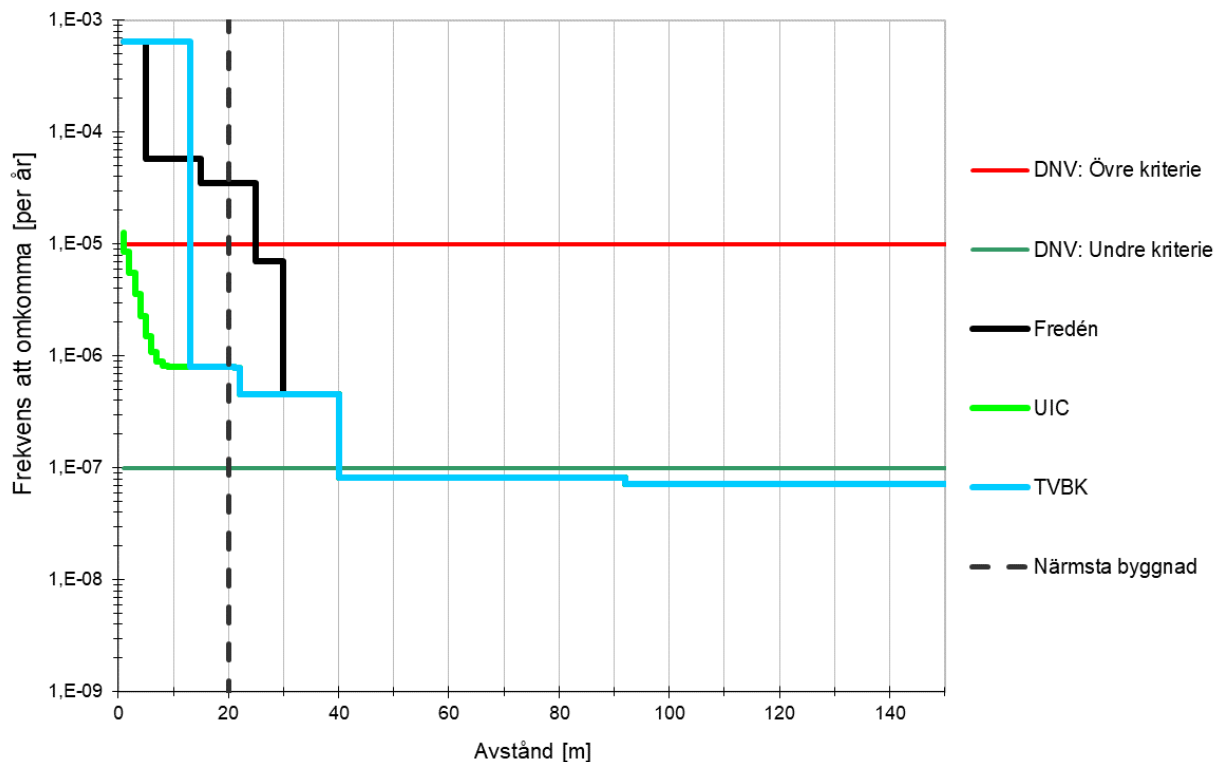
Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [7] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys.

Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga B.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. För beräkning av urspåringsavstånd finns inga fastlagda eller gällande beräkningsmetoder. Flera metoder förekommer i denna typ av utredningar och det är generellt upp till utföraren av riskbedömningen att välja metod. Metoderna ger erfarenhetsmässigt olika resultat och därmed finns osäkerheter som behöver hanteras. Av denna anledning redovisas tre alternativa beräkningsmetoder i Bilaga A.2.2. och vidare i känslighetsanalysen. Konsekvensuppskattningar i övrigt redovisas mer omfattande i Bilaga C.

## 4.1 INDIVIDRISKNIVÅ

I Figur 9 kan utläsas att den beräknade individrisknivån varierar inom avståndet 0-30 meter från närmsta spår beroende på vilken metod för urspårningsavstånd som tillämpas. Bortom 30 meter sammanfaller individriskkurvorna eftersom inga modeller ger urspårningsavstånd bortom detta avstånd.



Figur 9. Individrisknivå med avseende på urspårning och farligt gods-transporter baserat på tre olika metoder att beräkna urspårningsavstånd, se vidare Bilaga A.2.2. Risknivån avser beräkningar utförda för horisontår 2040.

Vid beräkning enligt Fredéns urspårningsmodell ges oacceptabel individrisk vid läget för närmsta planerade byggnad, det vill säga 20 meter från närmsta spår. Den oacceptabla risken härstammar här från olyckor förknippade med mekanisk skada vid urspårning. För beräkningar enligt UIC- respektive TVBK-modellerna ges individrisk inom ALARP vid läget 20 meter från spår och denna risknivå härstammar från brandscenarier vid olycka med farligt gods. Bortom 40 meter är individrisken att betrakta som låg och acceptabel enligt samtliga nyttjade beräkningsmodeller.

Då den beräknade risknivån inte är direkt acceptabel enligt någon av beräkningsmodellerna behöver riskreducerande åtgärder studeras vidare.

Det har inte utförts beräkningar för dagens risksituation i området. Det bedöms dock som sannolikt att individrisknivåerna i dagsläget i stort överensstämmer med de som presenteras i Figur 9.

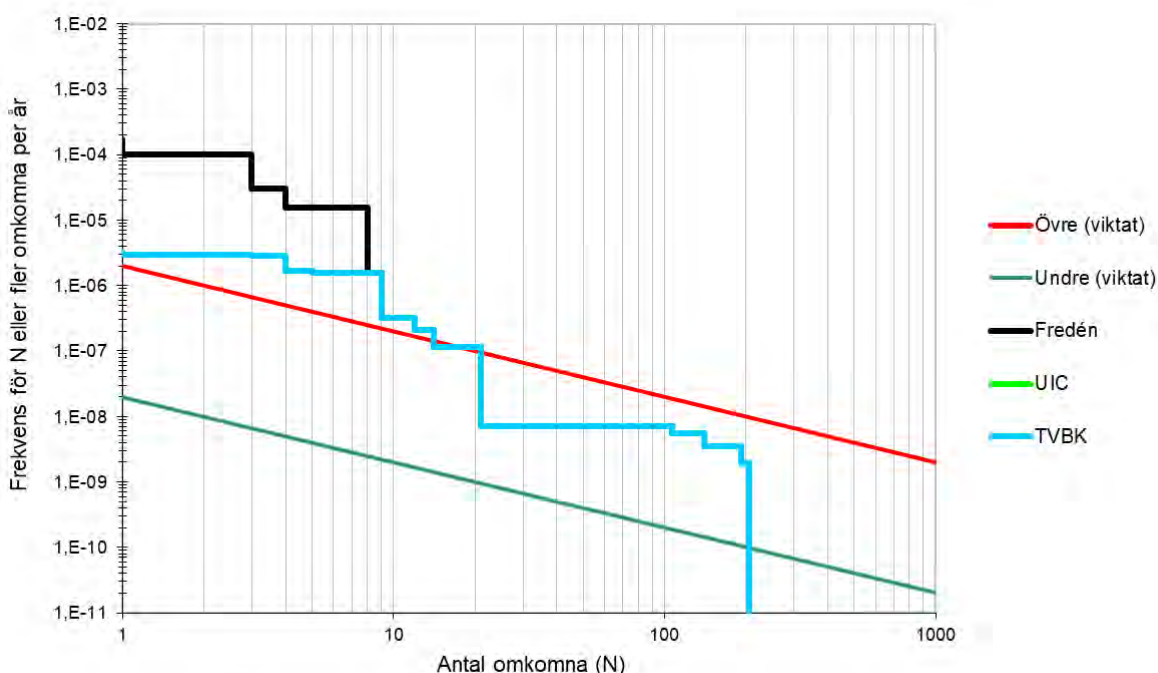


## 4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ FÖR PLANOMRÅDET

I Figur 10 kan utläsas att den beräknade samhällsrisknivån är att betrakta som oacceptabel för händelser med upp till 11 omkomna. För beräkningarna enligt Fredéns modell är det till stor del olyckor förknippade med mekanisk skada vid urspårning som ger höga risknivåer för händelser med upp till ca 8 omkomna. Därefter är det farligt gods-relaterade risker som genererar risknivån.

För beräkningarna enligt UIC- och TVBK-modellerna är det enbart farligt gods-relaterade risker som ger utslag i F/N-kurvorna eftersom inga människor förväntas omkomma inom planområdet till följd av mekanisk skada vid urspårning. F/N-kurvorna för de båda sistnämnda modellerna sammanfaller.

De farligt gods-relaterade risker som ger oacceptabla risknivåer enligt samtliga beräkningsmodeller är brandscenarier (stor pölbrand och jetflamma) samt händelser förknippade med spridning av giftig gas.



Figur 10. Samhällsrisknivå med avseende på urspårning och farligt gods-transporter. Risknivån avser beräkningar utförda för horisontår 2040 med genomförd exploatering.

Då den beräknade risknivån är att betrakta som oacceptabel enligt samtliga beräkningsmodeller krävs att riskreducerande åtgärder vidtas för att minska samhällsrisknivån.

Det har inte utförts beräkningar för dagens risksituation i området. Det bedöms dock som sannolikt att samhällsrisknivån i dagsläget är väsentligt lägre än den som presenteras för horisontåret 2040 i Figur 10. Anledningen till denna bedömning är den kraftiga förtätning som planeras inom området med högre persontäthet och därmed högre samhällsrisk som följd.

## 5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskuppskattning och riskvärdering i kapitel 4 gör gällande att åtgärder krävs avseende planerad markanvändning på föreslagna avstånd från riskkällan

I Riskanalys av farligt gods i Hallands län anges ett antal riskreducerande åtgärder för planerad markanvändning på olika avstånd från Västkustbanan [2]. Det har tidigare i rapporten redovisats att basavstånd och reducerade avstånd enligt riktlinjerna inte till fullo uppfylls. För att identifiera lämpliga åtgärder och studera effekten av dem, tas utgångspunkt i de baskrav och skyddsåtgärder som ska vidtagas vid reducerade avstånd enligt riktlinjerna. Anpassning sker, baserat på lokala förutsättningar och beräknade risknivåer, för att riktlinjerna funktionskrav ska uppfyllas.

I följande avsnitt redogörs för de baskrav som gäller för all markanvändning inom riskutredningsavståndet (150 meter) tillsammans med skyddsåtgärder som ska vidtagas vid reducerade avstånd för användning Kontor och Tätort enligt riktlinjerna. Därtill ges kommentarer för aktuella förutsättningar och anpassade åtgärder avseende planerad exploatering av Kv. Katten.

### 5.1 BASKRAV ENLIGT LÄNSSTYRELSENS RIKTLINJER

I Tabell 4 nedan presenteras de baskrav som ställs på all bebyggelse inom 150 meter från transportled för farligt gods. Därtill ges kommentarer om respektive funktionskrav specifikt för Kv. Katten.

Tabell 4. Baskrav som ska uppfyllas vid all byggnation inom 150 meter (baserad på tabell A.3 i riktlinjerna).

Funktionskrav	Åtgärd	Kommentar avseende Kv. Katten
Förhindra att vätska rinner in på området  Val av barriär kan till exempel påverkas av områdets utformning, vem som äger marken/befintliga barriärer/skydd.	Vid all byggnation inom 60 meter från led ska området i så stor utsträckning som möjligt, utformas på ett sätt som motverkar spridning av vätska in mot området. Detta kan göras med hjälp av något av nedanstående:  - Vall  - Plank som är tätt i nedkanten  - Dike  Alternativt kan funktionen vara uppfylld genom naturliga höjdskillnader.	I aktuellt fall finns en svag nivåskillnad om ca 0,5 meter mellan banområdet och Nässjögatan, där Nässjögatan är högre belägen. Det ska tillses att minst 0,5 meter nivåskillnad bibehålls vid ändring av Nässjögatan. Detta bedöms tillräckligt för att motverka att vätska rinner från banområdet in mot planområdet.
Minska risk för punktering av tank	Vid all byggnation inom 60 meter från led ska sidoområdet längs med leden utformas på ett sätt som begränsar konsekvensen av ett avåkande fordon (sidoområdet fritt från oeftergivliga och spetsiga föremål).	I dagsläget är området mellan banområdet och Nässjögatan utfört utan oeftergivliga och spetsiga föremål. Detta ska även beaktas och bibehållas vid ändring av Nässjögatan för att kravet ska anses uppfyllt.
Reducera konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	Vid all byggnation inom riskutredningsavståndet (150 meter) ska möjligheten att reducera konsekvenser av ett gasutsläpp genom att luftintag placeras högt och på motsatt sida av leden beaktas. Mer specifika krav återfinns i tabell A.4-7 vid byggnation inom reducerat avstånd.	Ventilationsåtgärder för olika användningsområdet kommenteras vidare i följande avsnitt gällande kontor (enligt riktlinjernas tabell A.5) respektive tätort (enligt riktlinjernas tabell A.7).

## 5.2 SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING KONTOR

I Tabell 5 anges de funktionskrav som gäller och de riskreducerande åtgärder som ska vidtas för användning Kontor vid reducerade avstånd till Västkustbanan i enlighet med riktlinjernas tabell A.5. Därtill ges kommentarer om respektive funktionskrav specifikt för Kv. Katten.

Tabell 5. Åtgärder som ska vidtas vid reducerade avstånd till Västkustbanan för markanvändning Kontor (baserat på tabell A.5 i riktlinjerna).

Funktionskrav	Åtgärd	Kommentar avseende Kv. Katten
Förhindra mekanisk konflikt  Val av fysisk barriär kan påverkas av exempelvis områdets utformning, vem som äger marken/befintliga barriärer/skydd.	I ett förtydligande i riktlinjerna (bilaga A.15) anges att kravet inte ställs för järnvägar. Även för järnväg är det viktigt att undvika mekanisk konflikt och att ge plats för bärgningsoperationer. Dock anges att sannolikheten för urspårning är låg och att det ofta är svårt och mycket kostsamt att anordna effektiva barriärer. I riktlinjerna har det därmed inte ansetts motiverat ur kostnads-nytta-synpunkt att ställa detta krav vid etableringar intill järnväg.	Det rekommenderas att den bebyggelse som uppförs mellan 20-30 meter från Västkustbanan enbart nyttjas för arbetsplatser likt kontor etc. där personer kan förväntas vara vakna och ha god lokalkännedom. Publik verksamhet eller verksamhet som innebär sovande personer (bostäder, hotell etc.) bedöms inte kunna medges inom 20-30 meter.  Befintliga Studenternas hus bedöms kunna bibehållas trots att verksamheten är publik. Detta med anledning av att lokalen inte nyttjas mer än vid enstaka tillfällen.
Reducera/motverka strålningseffekter	För fasader som vetter mot led gäller följande:  - 30-50 meter: Fasad ska vara i obrännbart material och fönster (i normal omfattning)/ingående komponenter ska vara motsvarande klass E 30.  - 20-30 meter: Fasad, inklusive dörrar och fönster, ska motsvara lägst brandteknisk klass EI 30.	Lågdelen fasad, tak och gavlar i riktning mot, och inom 20-30 meter från Västkustbanan, utförs i obrännbara material och i lägst brandteknisk klass EI 30. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter (såsom t.ex. takfot). Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt. För zonen mellan 30-50 meter gäller E 30.
Motverka effekter från ett dimensionerande fall för explosion	För etableringar mellan 20-30 meter ifrån led ska hänsyn tas till dimensionerande explosionslast. Detta krav gäller större byggnader (>4 våningar).	Kravet bedöms inte omfatta lågdelen (<4 våningar).
Motverka/reducera effekter från giftig gas	Vid byggnation inom 50 meter ska luftintag placeras högt och på motsatt sida av leden.	Luftintag på lågdelen placeras på tak och bortvända från Västkustbanan.
Begränsa antal personer som kan påverkas/underlätta utrymning	För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden. Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.  Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.	För alla lågdelen byggnader och verksamheter ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.  Området mellan Västkustbanan och lågdelen utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

## 5.3 SKYDDSÅTGÄRDER FÖR ANVÄNDNING TÄTORT

I Tabell 6 anges de funktionskrav som gäller och de riskreducerande åtgärder som ska vidtas för användning Tätort vid reducerade avstånd till Västkustbanan i enlighet med riktlinjernas tabell A.7. Därtill ges kommentarer om respektive funktionskrav specifikt för Kv. Katten.

Tabell 6. Åtgärder som ska vidtas vid reducerade avstånd till Västkustbanan för markanvändning Tätort (baserat på tabell A.7 i riktlinjerna). Med Tätort avses lägenhetsbebyggelse  $\geq 3$  vån och av stads- eller tätortskaraktär, samt centrumbebyggelse.

Funktionskrav	Åtgärd	Kommentar avseende Kv. Katten
Förhindra mekanisk konflikt Val av fysisk barriär kan påverkas av exempelvis områdets utformning, vem som äger marken/befintliga barriärer/skydd.	Etableras tätort på längre avstånd än 30 meter krävs inga åtgärder för mekanisk påverkan.	Bostadshus bortom 30 meter i byggnad 3, 4 och 5, ska utföras med fristående stommar från kontorsdelarna i lågdelen så att inte ras i lågdelen kan medföra ras i bostadshusen.
Reducera/motverka strålnings effekter	För fasader som vetter mot led gäller följande:  - 30-50 meter: Fasad ska vara i obrännbart material och fönster (i normal omfattning)/ingående komponenter ska vara motsvarande klass E 30.	Bostadshusens fasader och gavlar i riktning mot, och inom 50 meter från Västkustbanan, utförs i obrännbara material och i lägst brandteknisk klass E 30. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda.
Motverka effekter från ett dimensionerande fall för explosion	För etableringar mellan 30-50 meter ifrån led ska hänsyn tas till dimensionerande explosionslast. Följande åtgärder bedöms godtagbara:  - Förhindra omfattande splitterverkan. Detta kan åstadkommas genom att undvika stora glaspartier mot leden och/eller genom att använda laminerat glas.  - Förhindra att byggnaden kollapsar (motverka fortskridande ras).	Bostadshusen inom 30-50 meter från Västkustbanan ska konstrueras så att fortskridande ras motverkas.  Vidare ska splitterverkan beaktas. Stora och omfattande glaspartier (helglasade väggpartier) mot Västkustbanan medges inte.
Motverka/reducera effekter från giftig gas	För bostäder gäller att: Luftintag placeras högt och på motsatt sida av leden.	Luftintag på bostadshusen placeras på tak och bortvända från Västkustbanan.  För varje bostad ska tillses att de boende själva ska kunna stänga sin ventilation i händelse av ett VMA etc.
Begränsa antal personer som kan påverkas/underlätta utrymning	För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden.	För samtliga bostadshus ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.
	Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån leden.	Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån Västkustbanan.
	Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.	Entréer bedöms kunna placeras i riktning mot Västkustbanan givet utrymningsvägar i motsatt riktning.

## 5.4 SAMMANFATTNING AV REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan. Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

*För Nässjögatan och området utmed Västkustbanan gäller följande:*

- Det ska tillses att minst 0,5 meter nivåskillnad bibehålls vid ändring av Nässjögatan (där Nässjögatan är högre belägen).
- Det ska tillses att området mellan banområdet och Nässjögatan utförs utan oeftergivliga och spetsiga föremål.
- Området mellan Västkustbanan och lågdelen utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

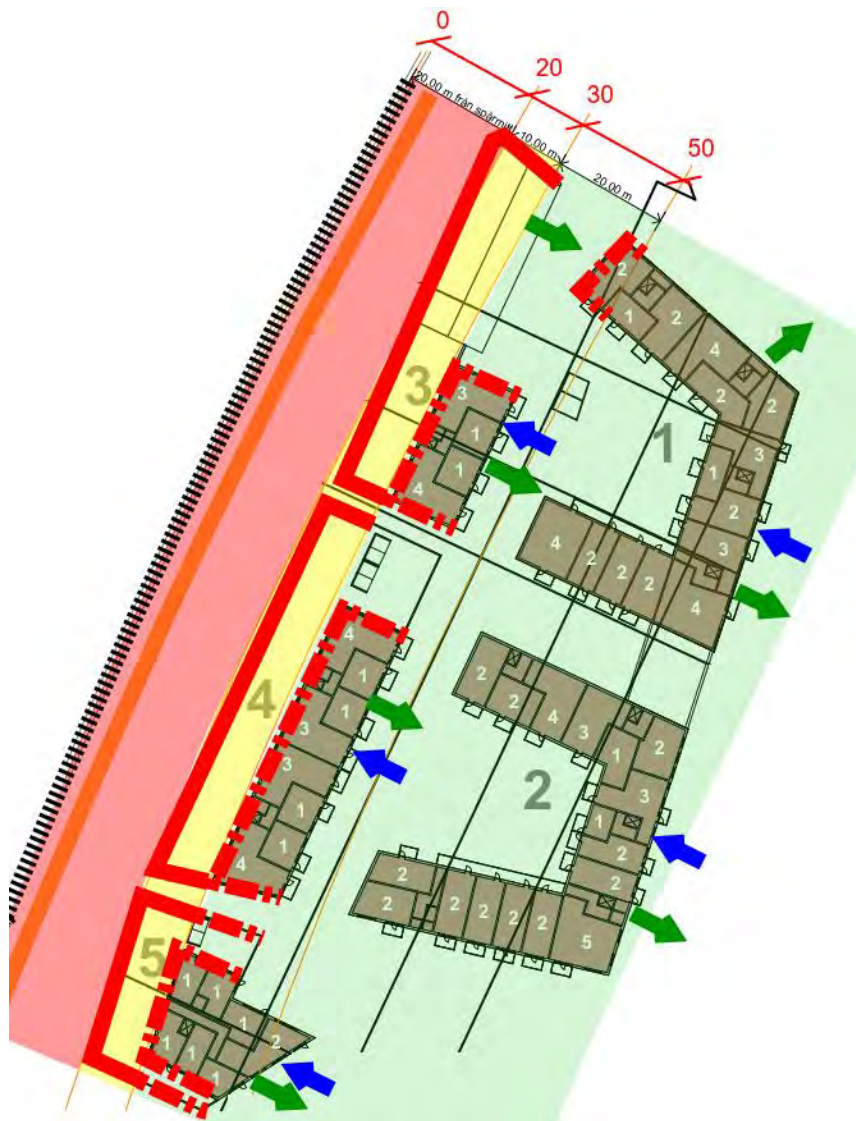
*För lågdelar avsedda för kontor inom 20-30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Den bebyggelse som planeras utföras som lågdela, som närmst 20 meter från Västkustbanan ska enbart nyttjas för arbetsplatser likt kontor etc. vilka innebär dagverksamhet, där personer kan förväntas vara vakna och ha god lokalkännedom. Publik verksamhet i form av handel eller annan centrumverksamhet eller verksamhet som innebär sovande personer (bostäder, hotell etc.) bedöms inte kunna medges inom 20-30 meter från Västkustbanan.
- Befintliga Studenternas hus bedöms kunna bibehållas trots att verksamheten är publik. Detta med anledning av att lokalen inte nyttjas mer än vid enstaka tillfällen.
- Lågdelens ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 20-30 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter (såsom t.ex. takfot). För zonen 30-50 gäller lägst klass E 30. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Luftintag på lågdelen placeras på tak och vända i riktning bort från Västkustbanan.
- För alla lågdelens byggnader och verksamheter ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.

*För högdelar avsedda för flerbostadshus bortom 30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Vad gäller bostadsdelarna bortom 30 meter i byggnad 3, 4 och 5, ska dessa utföras med fristående stommar från kontorsdelarna i lågdelen så att inte ras i lågdelen kan medföra ras i bostadshusen.
- Bostadshusens ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 50 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Bostadshusen inom 30-50 meter från Västkustbanan ska konstrueras så att fortskridande ras motverkas. Vidare ska splitterverkan beaktas. Stora och omfattande glaspartier (helglasade väggpartier) mot Västkustbanan medges inte.
- Luftintag på bostadshusen placeras på tak och vända bort från Västkustbanan.
- För varje bostad ska tillses att de boende själva ska kunna stänga sin ventilation (samt dörrar och fönster) i händelse av ett VMA etc.
- För samtliga bostadshus ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.
- Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån Västkustbanan.

De rekommenderade åtgärderna illustreras översiktligt i Figur 11.



Förklaringar

-  Västkostbanan.
-  Nivåskillnad 0,5 m mot Nässjögatan.
-  *Bebyggelsefri yta.*  
Fri från oeftergivliga och spetsiga föremål.  
Ej stadigvarande vistelse.
-  Arbetsplatser (motsvarande *Kontor* i länsstyrelsens riktlinjer).
-  Flerbostadshus (motsvarande *Tätort* i länsstyrelsens riktlinjer).  
Fristående stommar för högdelar ovan kontor.  
Konstruktion som motverkar fortskridande ras.  
Ej stora, helglasade fasadytor mot järnvägen.  
Ej balkonger/uteplatser/lekplatser etc. inom 50 m från järnvägen.  
Möjlighet att kunna stänga sin ventilation vid händelse av VMA etc.
-  Yttervägg (inom 20-30 m) samt dörrar och fönster utförs i obrännbara material och i lägst klass EI 30 mot järnvägen. Gäller även lägdelens tak.
-  Yttervägg (inom 30-50 m) samt dörrar och fönster utförs i obrännbara material och i lägst klass E 30 mot järnvägen.
-  Utrymningsmöjlighet i riktning bort från järnvägen.
-  Friskluftsintag vända i riktning bort från järnvägen.

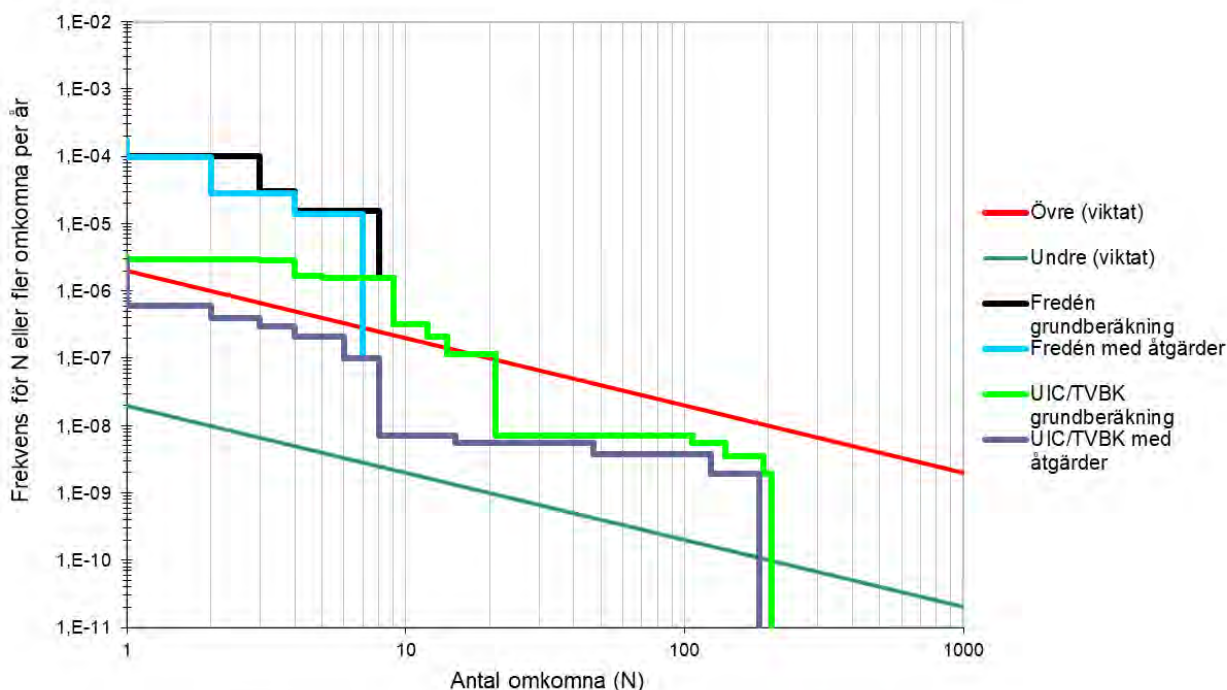
Figur 11. Översiktlig illustration över rekommenderade åtgärder.

## 5.5 BEDÖMD RISKNIVÅ MED VIDTAGNA ÅTGÄRDER

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

- Fasader och tak i obrännbara material med brandklass i lägst EI 30 inom 20-30 meter och i lägst E 30 inom 30-50 meter närmast järnvägen bedöms kunna reducera strålningspåverkan på människor som vistas inomhus. Uppskattad skyddsgrad med åtgärden bedöms bli 99 % mot ursprungsberäkningens 90 %.
- Ventilationsåtgärder i form av högt placerade och bortvända tilluftsintag i kombination med möjlighet för de boende att själva stänga ventilation, dörrar och fönster vid t.ex. ett VMA, bedöms reducera mängden inläckande giftig gas i byggnader i händelse av gasmolnsspridning mot planområdet. Uppskattad skyddsgrad med åtgärden bedöms bli 95 % mot ursprungsberäkningens 90 %.
- Utformning av byggnadskonstruktion som inte medför fortskridande ras inom bostadshusen i kombination med begränsning av glaspartier i riktning mot Västkustbanan bedöms kunna reducera påverkan av explosioner. Uppskattad skyddsgrad med åtgärden bedöms bli 75 % mot ursprungsberäkningens 67 %.
- Utrymningsmöjligheter i riktning bort från järnvägen är svårt att uppskatta effekten av. Åtgärden är dock av stor vikt för att personer ska kunna utrymma i så säker miljö som möjligt i händelse av olycka inom transportkorridoren.

Med samtliga ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle risknivåer i enlighet med Figur 12 erhållas.



Figur 12. Bedömd samhällsrisknivå för planområdet med vidtagna åtgärder i relation till grundberäkning.

Liksom för grundberäkningen ges varierande resultat beroende på vilken modell för mekanisk skada vid urspårning som används. I det fall beräkningar sker enligt Fredéns urspårningsmodell ges fortsatt oacceptabel risknivå om inga åtgärder mot urspårning vidtas.

Vid beräkningar enligt UIC- respektive TVBK-modellerna förväntas ingen mekanisk konflikt med byggnaderna inom planområdet och därav ges även en risknivå givet vidtagande av rekommenderade åtgärder som hamnar inom ALARP-området. Enligt dessa beräkningsmetoder skulle inte sådan risknivå erhållas, som kräver åtgärder mot mekanisk skada vid urspårning. Detta synsätt skulle kunna bedömas giltigt enligt länsstyrelsens riktlinjer då dessa inte ställer krav på åtgärd mot mekanisk skada för användning kontor bortom 20 meter från Västkustbanan.

Den relativt höga restrisken, även givet vidtagna åtgärder, är svår att reducera ytterligare. Detta beror på den mycket höga exploateringsgraden inom en relativt liten yta i så nära anslutning till en relativt stor och tungt trafikerad transportled.

Ytterligare en riskreducerande åtgärd som är möjlig är att minska etableringens omfattning för att därmed minska persontätheten inom planområdet och därmed följaktligen samhällsriskerna. Detta är dock ej en önskvärd åtgärd givet projektets förutsättningar.

Vidare finns åtminstone teoretiskt möjliga åtgärder avseende Västkustbanan. Dessa skulle kunna vara att bygga bort de båda plankorsningarna, vilket skulle minska sannolikhet för urspårning i detaljplanens närområde, samt att minska hastigheten på järnvägen inom de centrala delarna av staden för att minska både frekvenser och konsekvenser av allvarliga tågurspårningar. Dessa åtgärder ligger dock inte inom detaljplanens påverkansmöjligheter

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsriskerna för planområdet till en nivå inom det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Denna risknivå behöver samrådas med länsstyrelsen. I det fall alla rimliga åtgärder anses ha identifierats och vidtagits, samt om nyttan med verksamheten anses mycket stor, bör risknivån, enligt ALARP-definitionen, kunna betraktas som tolerabel.



## 6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

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

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [8]

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. [8]

## 7 SLUTSATSER

Resultaten av riskberäkningarna visar att individrisknivån innebär att riskreducerande åtgärder behöver studeras vidare. Även samhällsrisknivån för planområdet har beräknats vara så hög att riskreducerande åtgärder krävs för att önskad exploatering skall kunna möjliggöras.

För urval av lämpliga riskreducerande åtgärder har utgångspunkt tagits i de funktionskrav som ställs i länsstyrelsens riktlinjer för aktuell typbebyggelse på givna avstånd utmed Västkustbanan. Anpassning av åtgärderna har skett baserat på beräknad risknivå och lokala förutsättningar. Följande åtgärder rekommenderas:

*För Nässjögatan och området utmed Västkustbanan gäller följande:*

- Det ska tillses att minst 0,5 meter nivåskillnad bibehålls vid ändring av Nässjögatan (där Nässjögatan är högre belägen).
- Det ska tillses att området mellan banområdet och Nässjögatan utförs utan oeftergivliga och spetsiga föremål.
- Området mellan Västkustbanan och lågdelen utformas på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

*För lågdelar avsedda för kontor inom 20-30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Den bebyggelse som planeras utföras som lågdel, som närmst 20 meter från Västkustbanan ska enbart nyttjas för arbetsplatser likt kontor etc. vilka innebär dagverksamhet, där personer kan förväntas vara vakna och ha god lokalkännedom. Publik verksamhet i form av handel eller annan centrumverksamhet eller verksamhet som innebär sovande personer (bostäder, hotell etc.) bedöms inte kunna medges inom 20-30 meter från Västkustbanan.
- Befintliga Studenternas hus bedöms kunna bibehållas trots att verksamheten är publik. Detta med anledning av att lokalen inte nyttjas mer än vid enstaka tillfällen.
- Lågdelens ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 20-30 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter (såsom t.ex. takfot). För zonen 30-50 gäller lägst klass E 30. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Luftintag på lågdelen placeras på tak och vända i riktning bort från Västkustbanan.
- För alla lågdelens byggnader och verksamheter ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.

*För högdelar avsedda för flerbostadshus bortom 30 meter från Västkustbanan gäller följande:*

- Vad gäller bostadsdelarna bortom 30 meter i byggnad 3, 4 och 5, ska dessa utföras med fristående stommar från kontorsdelarna i lågdelen så att inte ras i lågdelen kan medföra ras i bostadshusen.
- Bostadshusens ytterväggar och tak i riktning mot, och inom 50 meter från Västkustbanan, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbara ytskikt. Kravet omfattar även fönster, dörrar, portar och andra ingående komponenter. Brandklassade fönster medges vara öppningsbara då de generellt bedöms vara stängda ur bullersynpunkt.
- Bostadshusen inom 30-50 meter från Västkustbanan ska konstrueras så att fortskridande ras motverkas. Vidare ska splitterverkan beaktas. Stora och omfattande glaspartier (helglasade väggpartier) mot Västkustbanan medges inte.
- Luftintag på bostadshusen placeras på tak och vända bort från Västkustbanan.
- För varje bostad ska tillses att de boende själva ska kunna stänga sin ventilation (samt dörrar och fönster) i händelse av ett VMA etc.
- För samtliga bostadshus ska tillses att utrymningsmöjligheter finns i riktning bort från Västkustbanan.

- Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån Väst kustbanan.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsrisken för planområdet till en nivå inom det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Denna risknivå behöver samrådats med länsstyrelsen. I det fall alla rimliga åtgärder anses ha identifierats och vidtagits, samt om nyttan med verksamheten anses mycket stor, bör risknivån, enligt ALARP-definitionen, kunna betraktas som tolerabel.

# Bilaga A. Metod för riskhantering

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

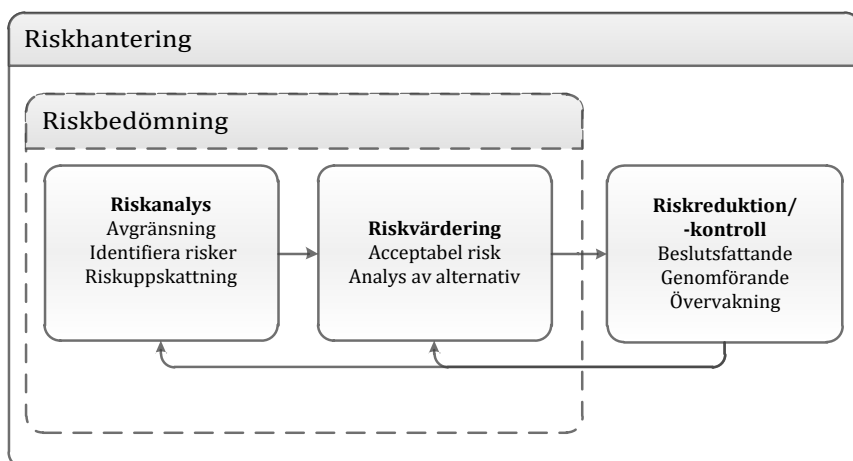
## A.1. Begrepp och definitioner

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 [9] [10], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 13.

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 13. 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.

## A.2. Alternativa beräkningsmetoder gällande konsekvensavstånd vid tågurspärning

### A.2.1 Bakgrund

I samband med riskhanteringsfrågor gällande närhet till järnväg avseende ny detaljplan för Kv. Katten 18 m.fl. i Halmstad kommun har alternativa beräkningsmetoder diskuterats övergripande.

Denna bilaga avser kortfattat belysa alternativa beräkningsmetoder gällande konsekvensavstånd vid tågurspärning.

Metoderna har tillämpats i de kvantitativa riskbedömningar som utgör underlag för detaljplanen.

### A.2.2 Alternativa metoder

Det finns olika metoder för uppskattning av konsekvensavstånd vid tågurspärning. Nedan tre redovisade metoder är erfarenhetsmässigt, i fallande ordning, vanligast förekommande i infrastruktur-, och samhällsbyggnadsprojekt:

1. Fredén, *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen. Rapport 2001:5. [7]
2. UIC, *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone* (UIC Code 777-2), UIC, 2002. [11]
3. Avdelningen för Bärande konstruktioner vid Tekniska Högskolan i Lund, *Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspärning eller kollision*. (Report TVBK-7048). Banverket, i samband med utbyggnaden av Väst kustbanan 1995. [12]

I följande avsnitt beskrivs kortfattat dessa modeller samt vilka osäkerheter de är förknippade med. Det kan utläsas att samtliga är förknippade med osäkerheter av olika slag och omfattning. Av denna anledning kan det vid riskbedömningar vara aktuellt att basera beräkningar på en eller flera av dessa modeller för att ge ett fullgott beslutsunderlag.

#### A.2.2.1. Fredéns modell

I Fredéns *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* modelleras spridningen av urspärade fordon enligt en sannolikhetsfördelning vilken baseras på inträffade urspärningar i Sverige under perioden 1985–1995. Fördelningen återges i Tabell 7.

Tabell 7. Avstånd från spår (m) efter urspärning

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m	Okänt
Resandetåg	69%	16%	2%	2%	0%	11%
Godståg	64%	18%	5%	2%	2%	9%

Modellen är inte platsspecifik och tågens hastighet eller omgivningens topografi eller beskaffenhet inkluderas inte. Modellen är erfarenhetsmässigt konservativ och nyttjas därför av försiktighetsskäl då osäkerheterna är stora, bland annat i *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län* [2].

#### A.2.2.2. UIC-modellen

I Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777–2 [11] för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik. I UIC-modellen har hastigheten på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna. Modellen anger att tågets maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter kan skattas utifrån  $V^{0,55}$  ( $V$  = urspåringshastigheten i km/h).

Modellen är vedertagen och ingår i Eurocode som underlag för dimensioneringskrav avseende olyckslaster. Det är dock inte känt hur modellen är framtagen eller om den baseras på empiriska data etc. vilket medför osäkerheter. Den indikerar erfarenhetsmässigt relativt korta urspåringsavstånd och är inte platsspecifik i det avseende att omgivningsfaktorer ej beaktas.

Det ska noteras att det i modellen inte är helt tydligt vilka geometrier som studeras när sannolikheten för en kollision med ett spårnära objekt efter en urspårning uppskattas. Syftet med modellen var aldrig att uppskatta individrisk. Individrisknivåerna som uppskattats enligt UIC-modellen i denna riskbedömning har baserats på de antaganden och samband som redovisas i UIC 777-2.

#### A.2.2.3. TVBK-modellen

LTH-rapporten *Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspårning eller kollision* (TVBK-7048) behandlar krafter/urspåringssträcka av ett urspårat tåg baserat på fysikaliska samband. Tågets hastighet och urspåringsvinkel utgör indata till beräkningarna, liksom banvallens höjd och friktionstal för omgivande mark.

Även denna modell är förknippad med osäkerheter då t.ex. den omgivande markens beskaffenhet kan variera över året beroende på årstid och friktionsförhållanden.

## Bilaga B. Frekvensberäkningar

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* [13]. 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.

### B.1. Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 36 500.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 270 300.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 2 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 2 st.

#### B.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 8 [13]:

Tabell 8. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
<b>Vagnfel</b>		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

#### B.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [13] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### B.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns 2 plankorsningar försedda med bommar, ljud och ljus. Frekvens för olycka vid denna typ av plankorsning är  $5,00 \cdot 10^{-8}$  per tåg som passerar plankorsningen. I aktuella beräkningar adderas frekvens för plankorsningsolyckor med övriga urspårningsfrekvenser.

### B.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

### B.1.5 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 8 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

$$\varphi(\text{Godståg, rälsbrott}) = \varphi(\text{rälsbrott}) \cdot \text{Andel godståg}$$

$$\text{Andel godståg} = \frac{\text{Antal godståg}}{\text{Antal godståg} + \text{Antal persontåg}}$$

I Tabell 9 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 9. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

Urspårning godståg	Frekvens (per år)
Vagnfel godståg	$\varphi(\text{vagnfel godståg})$
Lastförskjutning	$\varphi(\text{lastförskjutning})$
Okänd orsak	$\varphi(\text{okänd orsak})$
Spårlägesfel	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Solkurvor	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Plankorsningsolycka	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{plankorsningsolycka})$
Annan orsak	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
$\Sigma$	$\varphi(\text{godståg})$
Urspårning persontåg	Frekvens (per år)
Vagnfel persontåg	$\varphi(\text{vagnfel persontåg})$
Solkurvor	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Spårlägesfel	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Plankorsningsolycka	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{plankorsningsolycka})$
Annan orsak	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
$\Sigma$	$\varphi(\text{persontåg})$



### B.1.6 Avstånd från spårmittpunkt för urspårande vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning.

I enlighet med redogörelse i bilaga A.2 finns flera modeller för beräkning av urspårningsavstånd och specifikt de tre modeller som nyttjas vid beräkning i denna riskbedömning.

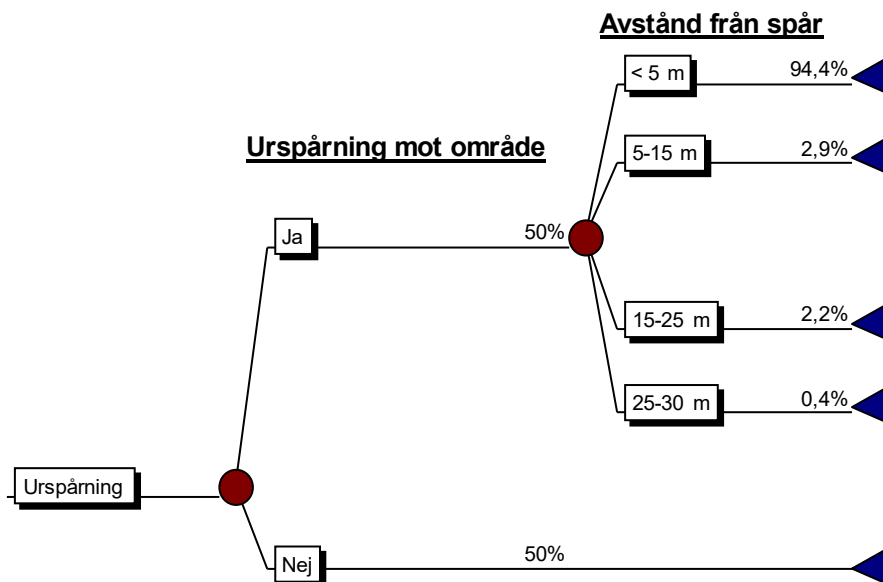
#### B.1.6.1. Beräkning enligt Fredéns modell

I Tabell 10 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (80 % persontåg och 20 % godståg) [13].

Tabell 10. Avstånd från spårmittpunkt (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmittpunkt	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,09%	18,34%	2,90%	2,24%	0,44%

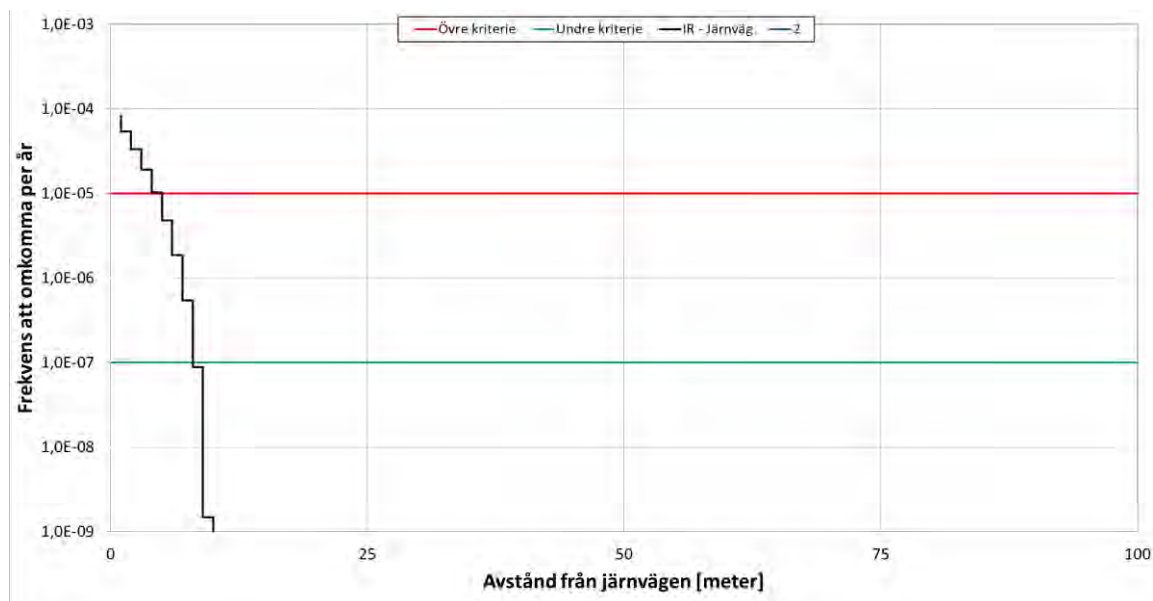
Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmittpunkt vid urspårning är mycket liten [14]. Enligt Tabell 10 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 14.



Figur 14. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

### B.1.6.2. Beräkning enligt UIC-modellen

I Figur 15 redovisas individrisknivån för mekanisk skada vid urspårning uppskattad utifrån de antaganden och samband som redovisas i UIC 777-2 [11]. Det kan utläsas i figuren att frekvens att omkomma per år avtar med avståndet från spåret och att individrisken bedöms vara acceptabel bortom 8 meter från närmsta spår.



Figur 15. Individrisknivå för mekanisk skada vid urspårning uppskattad utifrån de antaganden och samband som redovisas i UIC 777-2.

### B.1.6.3. Beräkning enligt TVBK-modellen

Beräkning utförs enligt beräkningsmetodik redovisad i "Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspårning eller kollision" (Report TVBK-7048) [12].

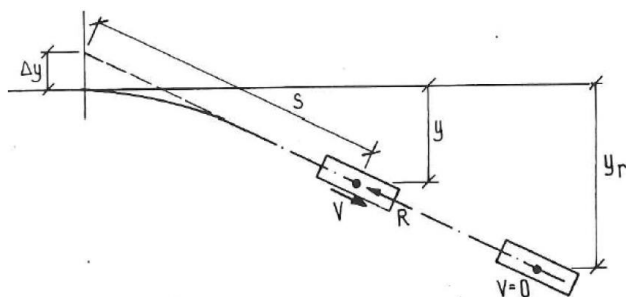
Frekvenser för olika urspårningsavstånd kan inte skattas med TVBK-modellen och ej heller fördelningar över olika urspårningsavstånd. Det har därför antagits att urspårningsfrekvenser följer dem enligt Fredéns modell, men att urspårningsavstånd enligt nedan redovisade beräkning uppkommer.

Spåren trafikeras av såväl godståg som persontåg av olika typ. För beräkningar av längden som tågen färdas efter urspårning spelar tågtyp ej någon roll då den retarderande kraften uppkommer av friktionen mellan tåget och marken.

I Figur 16 visas lokets rörelse efter en urspårning.

$\Delta y_r$  sträckan som loket "faller" av järnvägsbanken innan friktionen börjar verka för att bromsa loket

$y_r$  sträckan som loket hinner färdas innan det stannar



Figur 16. Lokets rörelse efter en urspårning.

$$v_{0,70} = 70 \text{ km/h} = 19,44 \text{ m/s}$$

$$C = 3,5 \text{ m/s}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$\Delta y_r = C \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}} = 0 \text{ m}$$

$$\theta_{\max,70} = 10 \text{ deg}$$

Tågets hastighet

Valt i enlighet med kapitel 4.3 (12) (TVBK-7048)

Antagen bankhöjd

Avstånd som loket "faller" av järnvägsbanken innan friktionen börjar verka för att bromsa loket

Maximal urspåringsvinkel utläses ur FIG 3 (TVBK-7048). Avser den största vinkel som tåget kan spåra ur utan att stälpa för hastighet  $v_{0,70} = 70 \text{ km/h}$ .

Retardationen av tåget är enligt denna beräkningsmetodik beroende av ojämnheter i markytan alternativt att lokets hjul och underrede "skär ner" i marken eller av andra hinder. Enligt denna förenklade modell kallar vi detta "friktionskoefficient",  $\rho$ , mellan urspåret tåg och mark som blir den retarderande kraften. Denna koefficient i sig har en del osäkerhet då den t.ex. varierar över året i och med att hård, frusen mark kan ha relativt låg koefficient medan samma mark kan ha ett betydligt högre värde senare på året när det är vått och mjukt.

Beräkning utförs därav för två separata värden på  $\rho$  enligt nedan. Notera att denna faktor innefattar samtliga hinder som tåget ska ta sig igenom innan det når byggnaden, t.ex. banområdets makadam, nivåskillnad om 0,5 meter mellan det lägre belägna banområdet och den högre belägna Nässjögatan, samt slutligen Nässjögatan som är asfalterad.

Friktionskoefficienten antas kunna variera mellan 0,25-1,0. Som jämförelse är friktionstal mellan sten och stål 0,4-0,5 (i vila).

$$\rho_{1,0} = 1,0$$

"Friktionskoefficient"

$$\rho_{0,25} = 0,25$$

"Friktionskoefficient"

Urspåringslängd beräknas enligt ekvation (11) i TVBK-7048 där även härledning till formel redovisas i kapitel 4.3.

Vid hastighet 70 km/h blir total urspåringslängd från spårmit (för två olika friktionskoefficienter):

$$y_r = \frac{v_{0,70}^2 \cdot \sin(\theta_{\max,70})}{2 \cdot \rho_{1,0} \cdot g} + \Delta y_r = 3 \text{ m} \quad \text{för } \rho_{1,0} = 1,0$$

$$y_r = \frac{v_{0,70}^2 \cdot \sin(\theta_{\max,70})}{2 \cdot \rho_{0,25} \cdot g} + \Delta y_r = 13 \text{ m} \quad \text{för } \rho_{0,25} = 0,25$$

Med dessa ansatser bedöms tåget stanna inom 13 meter från spåret med givna beräkningsförutsättningar. Noterbart är dock att valda friktionskoefficienter är uppskattningar av verkligheten och därav innefattar osäkerheter.

## B.2. Järnvägsolycka med transport av 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 [15] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex.

transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 11 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 11. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [15].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [16].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [17]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

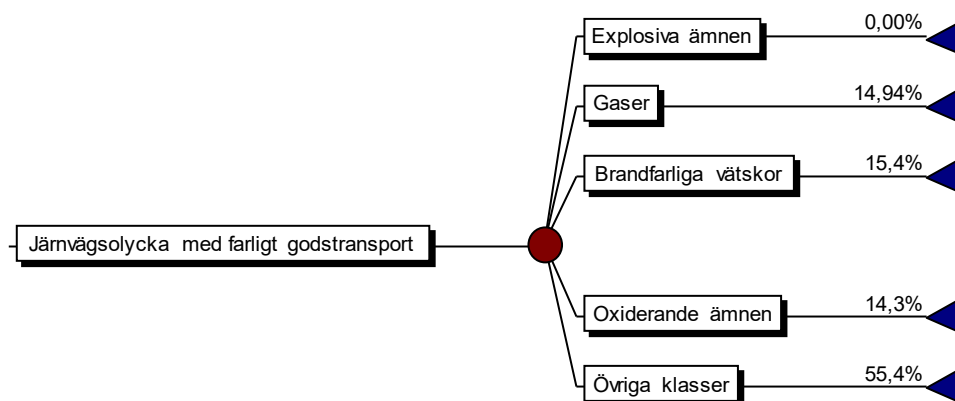
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1.5 beräknad till  $6,80 \cdot 10^{-3}$  per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [18]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-X)^{3,5}$$

Där X är andelen vagnar med farligt gods som framförs på sträckan per år (Andelen vagnar med farligt gods på sträckan är konfidentiell och kan därmed inte redovisas i rapporten).

I händelseträdet, se Figur 17, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass [2].



Figur 17. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

## B.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

### B.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 förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [19]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. 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 [20].

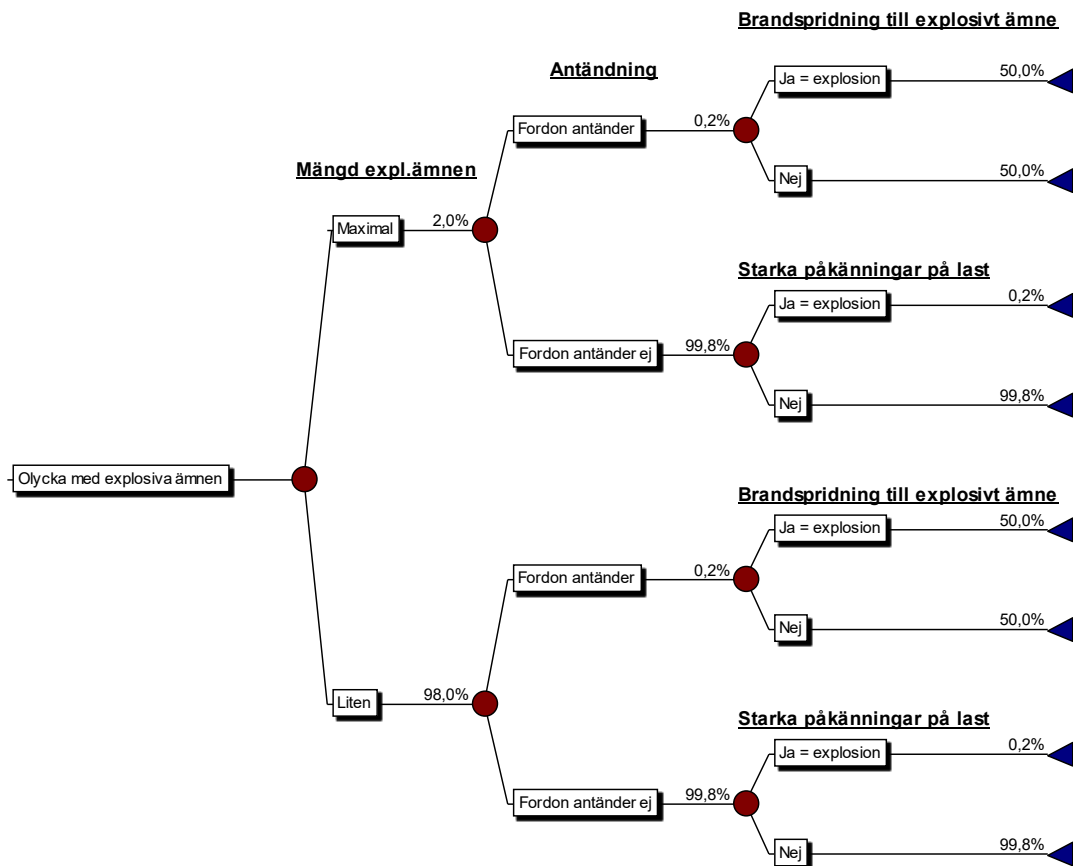
En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 150 kg.

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 en 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 [21] [22]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [23].

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 [24]. 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 [25] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 18 redovisas möjliga scenarier.



Figur 18 Händelseträdd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [26], antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [13]. 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

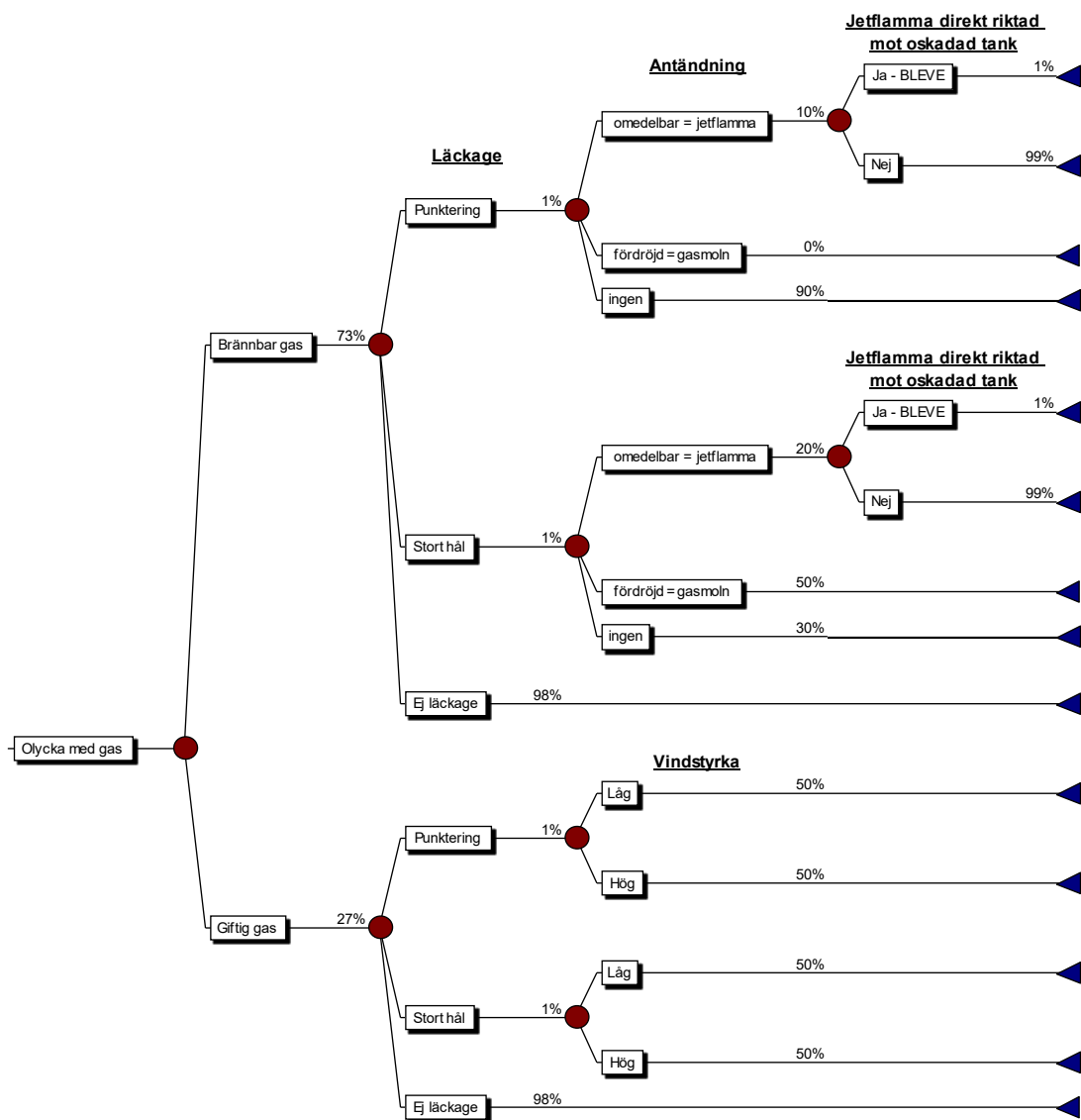
brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [27] 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 % [27]. 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 19 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.



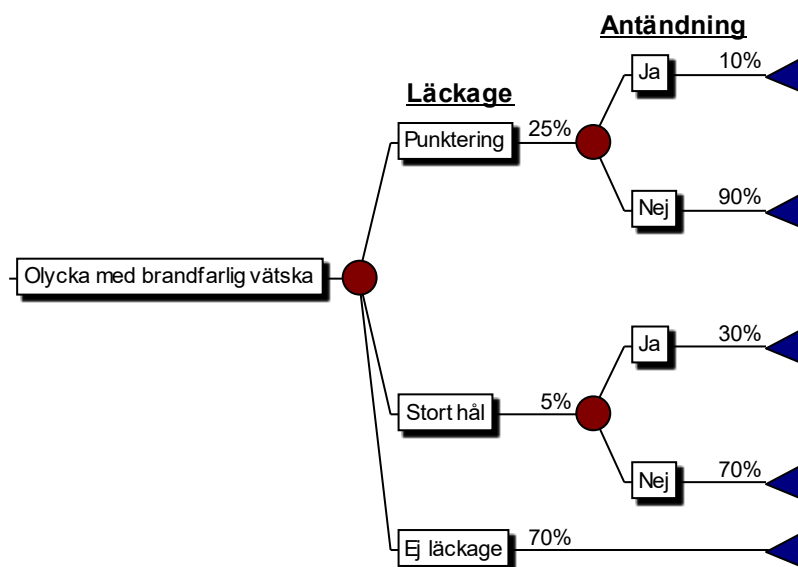
Figur 19. Händelse-träd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [13]. 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 % [13]. I Figur 20 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 20. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

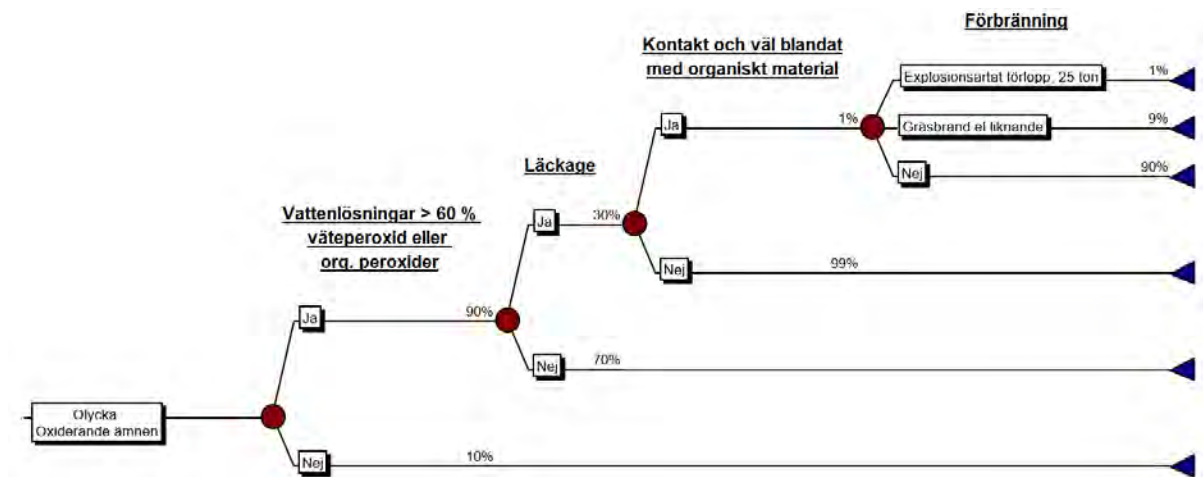
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända.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

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

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

Transportstatistik [19] 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 B.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 % [23]. 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 21 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 21. Händelsesträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

## B.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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 reduktion.

## Bilaga C. Konsekvensberäkningar

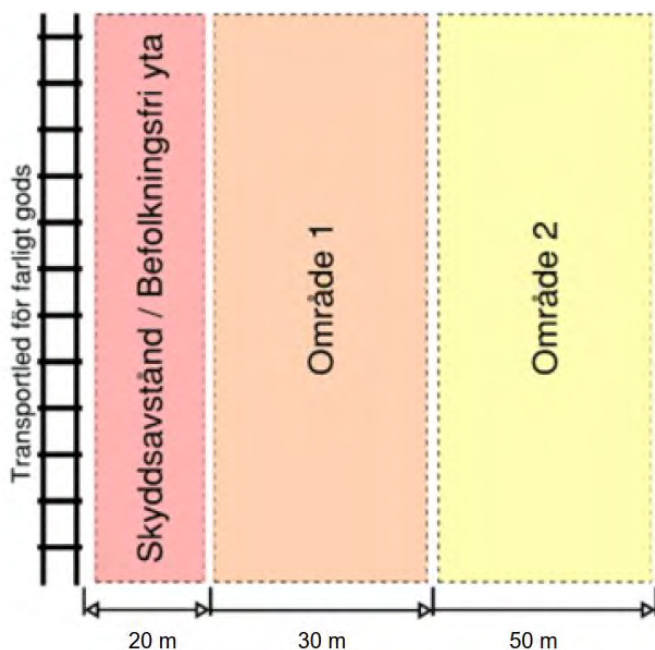
De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

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

### C.1. Persontäthet

För att uppskatta konsekvenserna av de olika riskscenarierna behöver antal personer, och i förlängningen persontätheten, i olika delar av planområdet uppskattas. Konsekvensområdena från olika olyckstyper (arean där dödliga konsekvenser erhålls) multipliceras sedan med persontätheten inom området för att ge en uppfattning av antal drabbade. Det gör stor skillnad om personer i omgivningen vistas inomhus eller utomhus med anledning av att byggnaders omslutande konstruktion i många fall ger en viss skyddsgrad för vissa olyckstyper. Dagtid antas 90 % av befolkningen vistas inomhus. Motsvarande siffra antas uppgå till 99 % nattetid. Dagtid antas utgöra halva dygnet.

- För att kunna uppskatta antal drabbade inom planområdet görs först en grov indelning avseende olika delområden inom planområdet. Den första ytan är befolkningsfri och utgör ett skyddsavstånd mellan riskkälla och närmaste bebyggelse.
- Skyddsavstånd/befolkningsfri yta uppgår till ca 20 meter.
- Område 1 innehåller primärt verksamheter i form av en lågdal avsedd för kontor. Avstånd till kontorsbyggnad uppgår till 20 meter. Området innehåller även viss andel bostäder som högdelar ovan kontorsbyggnaderna. Avstånd till bostäder uppgår till ca 30 meter.
- Område 2 innehåller enbart bostäder.



Figur 22. Schematisk skiss av studerade områden inom planområdet i förhållande till Västkustbanan.

I det ritningsunderlag som funnits tillgängligt som underlag för denna riskbedömning presenteras även uppskattat antal människor per byggnad, se vidare Tabell 12 [3].

Tabell 12. Uppskattat antal personer per byggnad inom planområdet [3].

<b>Bostäder</b>	
Byggnad 1	154 pers
Byggnad 2	173 pers
Byggnad 3	57 pers
Byggnad 4	87 pers
Byggnad 5	72 pers
<b>Nya lokaler</b>	
Byggnad 3	31 pers
Byggnad 4	83 pers
Byggnad 5	57 pers
<b>Tidigare Snickeriet (Studenternas hus)</b>	
Max antal enligt räddningstjänst	450 (enstaka tillfällen per år)

Med dessa ingångsvärden beräknas persontätheten per delområde inom planområdet och presenteras i Tabell 13

Tabell 13. Överslagsberäkning av persontätheter inom planområdet

<b>Kv Katten</b>	<b>Antal personer Bostäder [pers]</b>	<b>Antal personer Lokaler [pers]</b>	<b>Antal personer totalt [pers]</b>	<b>Områdesarea [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Persontäthet dag [pers/ km<sup>2</sup>]</b>	<b>Persontäthet natt [pers/ km<sup>2</sup>]</b>
Område 1	216	171	387	0,006	64500	36000
Område 2	327	0	327	0,01	32700	32700

## C.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

## C.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 B.3. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

### C.3.1 RID-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) [28].

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 [29]. 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.

Sammanlagt 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 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20-180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [30] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 14. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 14. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

### C.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.

#### Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton [31].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [32]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [33], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m<sup>2</sup> (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
- Utströmmingskoefficient (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 15 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 15. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

### Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [34] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC<sub>50</sub><sup>1</sup>) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [34]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [34].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 16.

<sup>1</sup> Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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

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

Tabell 16. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

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

### 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. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>, vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [32].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m<sup>2</sup> pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m<sup>2</sup> 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 [35].

I Tabell 17 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen bredds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

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

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

### C.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-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton masseexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med masseexplosiva varor [23], se vidare avsnitt B.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt B.3.3.

Tabell 18. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

## C.4. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

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

De personer som befinner sig inomhus antas erhålla ett visst skydd gentemot vissa av de identifierade riskscenarierna tack vare byggnadernas omslutande konstruktion. Detsamma gäller för personer utomhus där framförvarande byggnader ger visst skydd gentemot vissa riskscenarier.

De antaganden som gjorts vid skattning av skyddsgrad är, se även Tabell 19:

- Byggnadens omslutande konstruktion antas begränsa spridning av kaststycken och splitter samt delvis minska tryckvåg vid explosioner samt begränsa konsekvens av mekanisk skada vid tågurspårning. Skadeomfattningen bedöms därmed reduceras med ca 2/3 gentemot att vistas i det fria.
- Byggnadens omslutande konstruktion antas begränsa strålning från bränder i inledningskedet av denna olyckstyp. En stor del av de som vistas inomhus antas hinna utrymma byggnaden. Skadeomfattningen bedöms därmed reduceras med ca 9/10 gentemot att vistas i det fria.
- Byggnadens omslutande konstruktion antas begränsa inläckage av giftiga byggnader till viss del. Skadeomfattningen bedöms därmed reduceras med ca 9/10 gentemot att vistas i det fria [36].
- Utomhus antas framförvarande byggnader i genomsnitt kunna halvera konsekvenserna.



Tabell 19. Antagen skyddsgrad av att vistas inomhus för identifierade riskscenarier.

Konsekvens- klass	Olycksscenario	Inomhus	Utomhus
	Urspårning < 5 m,	67%	0%
	Urspårning 5-15	67%	0%
	Urspårning 15-25	67%	0%
	Urspårning 25-40	67%	0%
1	Explosiva ämnen, 25 ton, 180 kPa	67%	50%
	Explosiva ämnen, 25 ton, 20 kPa	67%	50%
	Explosiva ämnen, 100 kg, 180 kPa	67%	50%
	Explosiva ämnen, 100 kg, 20 kPa	67%	50%
2.1	BLEVE	90%	50%
	Jetflamma, punktering	90%	50%
	Gasmoln, punktering	90%	50%
	Jetflamma, stort hål	90%	50%
	Gasmoln, stort hål	90%	50%
2.3	Punktering giftig gas, svag vind 2 m/s	90%	50%
	Punktering giftig gas, stark vind 8 m/s	90%	50%
	Stort hål giftig gas, svag vind 2 m/s	90%	50%
	Stort hål giftig gas, stark vind 8 m/s	90%	50%
3	Liten pölbrand	90%	50%
	Stor pölbrand	90%	50%
5	Explosion oxiderande ämnen, 25 ton, 180 kPa	67%	50%
	Explosion oxiderande ämnen, 25 ton, 20 kPa	67%	50%
	Gräsbrand oxiderande ämnen	90%	50%

## Bilaga D. Referenser

- [1] P.-E. Linders, "E-post," 2022-05-10.
- [2] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [3] ARKKAS Arkitekter, "Kvarteret Katten - Presentation 9," 2021-11-24.
- [4] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2019-12-09.
- [5] Trafikverket, "TC Göteborg - Underlag till linjebok," 2021-11-22.
- [6] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [7] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [8] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [9] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [10] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [11] UIC, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2)," 2002.
- [12] Avdelningen för Bärande konstruktioner vid Tekniska Högskolan i Lund, "Konsekvenser och skyddsåtgärder vid urspärning eller kollision. (Report TVBK-7048).", Banverket, 1995.
- [13] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [14] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [15] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [16] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [17] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [18] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [19] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [20] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [21] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [22] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

- [23] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [24] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [25] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [26] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [27] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [28] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [29] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [30] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [31] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [32] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [33] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [34] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank*.
- [35] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [36] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.

## VI ÄR WSP

**WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.**

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

[wsp.com](http://wsp.com)

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
T: +46 10-722 50 00

[wsp.com](http://wsp.com)

