

GÖTEBORGS STAD STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

RISKBEDÖMNING PLANPROGRAM LINDHOLMEN-FRIHAMNEN, GÖTEBORG

2024-12-04



wsp



UPPDRAGSNUMMER
10370399
DATUM
2024-12-04

UPPDRAGSNAMN
RB Planprogram för Lindholmen och Frihamnen
FÖRFATTARE
Anton Petersson & Olov Holmstedt Jönsson

RISKBEDÖMNING PLANPROGRAM

Lindholmen-Frihamnen, Göteborg

KUND

Göteborgs stad Stadsbyggnadsförvaltningen

KONSULT

WSP

Box 574
201 25 Malmö
Besök: Jungmansgatan 10
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
<http://www.wsp.com>

KONTAKTPERSONER

Erik Florberger	Beställare	erik.florberger@stadsbyggnad.goteborg.se
Olov Holmstedt Jönsson	Uppdragsansvarig	olov.holmstedt.jonsson@wsp.com
Anton Petersson	Handläggare	anton.petersson@wsp.com

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	2024-10-03	2024-10-11	2024-12-04	[Datum]
Handläggare	Anton Petersson	Anton Petersson	Olov Holmstedt Jönsson	
Granskare	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	[Granskad av]
Godkänd av	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	Olov Holmstedt Jönsson	[Godkänd av]
Uppdragsnummer	10370399	10370399	1037 0399	

Sammanfattning

WSP har av Göteborgs Stads Stadsbyggnadsförvaltning fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av planprogram för stadsdelarna Lindholmen och Frihamnen i Göteborg. Norr om planområdet löper Hamnbanan, som är transportled för farligt gods.

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 är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning och utformning av planprogramområdena med hänsyn till riskpåverkan från Hamnbanan. I föregående ingår även att efter behov ge förslag på lämpliga skyddsbestämmelser som kan införas i kommande detaljplaner.

Riskbedömningen tar hänsyn till att Hamnbanan ska byggas ut och bli tvåspårig, samt att två olika utformningsalternativ finns för programområdena:

- Alternativ 1: Byggnader närmast Hamnbanan utförs i tre våningar.
- Alternativ 2: Byggnader närmast Hamnbanan utförs i sex våningar.

Ytterligare ett utformningsalternativ med vissa andel bostäder i zon A, benämnt alternativ 3, behandlas i en känslighetsanalys.

Riskbedömningen visar att individ- och samhällsriskerna ligger inom ALARP-området för både alternativ 1 och 2. Utifrån dessa resultat dras följande slutsatser, vilka bör beaktas vid framtagande av framtida detaljplaner:

- Följande riskreducerande åtgärder bedöms skäliga i förhållande till erhållen riskreduktion:
 - Bullerplank eller liknande konstruktion uppförs i direkt anslutning till spårområdet och utförs i obrännbart material samt med tät nederkant för att förhindra utläckt brandfarlig vätska från att rinna mot programområdena.
 - I byggnader med centraliserat tilluftssystem placeras tilluftsintagen så att de är vända bort från Hamnbanan. Tilluften förses även med nödavstängningsfunktion. I bostadshus utan centraliserad tilluft möjliggörs avstängning från respektive lägenhet istället.
 - Tak och fasader (inkl. dörrar) till byggnader inom zon A, som vetter mot och ligger inom 40 meter från Hamnbanan, ska utföras i lägst brandteknisk klass EI 30 samt ha obrännbara ytskikt. Glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.
 - Byggnader inom 40 meter ska utformas så att utrymning bort från järnvägen medges.
- Om Hamnbanan skulle förses med skyddsräll bedöms detta medföra ett ökat skydd mot urspärning och i förlängningen farligt gods-olyckor. Åtgärden går dock inte att styra i detaljplan men kan hanteras i vidare dialoger mellan staden och Trafikverket.
- Individrisken är acceptabel bortom 40 meter från Hamnbanan och markanvändning i form av skolgårdar, parker och annan utomhusmiljö för stadigvarande vistelse kan därför förläggas där. Det anses dock vara skäligt att framtida detaljplaner utformas så att dessa markytor avskärmas från Hamnbanan av framförvarande byggnader för att inte exponeras direkt för olyckspåverkan.
- Alternativ 3 (viss andel bostäder i zon A) innebär ingen signifikant ökning av samhällsrisknivån jämfört med de övriga utformningsalternativen och samma riskreducerande åtgärder rekommenderas.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	7
1.6	INTERNKONTROLL	9
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	10
2.1	LOKALISERING	10
2.2	EXPLOATERINGSOMRÅDE	10
2.3	BEFOLKNINGSTÄTHET	12
2.4	HAMNBANAN	13
3	RISKIDENTIFIERING	15
3.1	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ HAMNBANAN	15
3.2	URSPÄRNING	15
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	16
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	17
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ	19
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ	20
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	24
5.1	VALL/MUR	24
5.2	OBRÄNNBART BULLERPLANK MED TÄT NEDERKANT	26
5.3	SKYDD MOT FORTSKRIDANDE RAS	29
5.4	FRÄNVÄNT TILLUFTSINTAG	30
5.5	BRANDSKYDDAD FASAD	31
5.6	SKYDDSRÅL	33
5.7	DISPOSITION AV PROGRAMOMRÅDEN	34
5.8	SAMMANSTÄLLNING	34
6	DISKUSSION	37
6.1	FÖRDELNING MELLAN FARLIGT GODS-KLASSER	37
6.2	RESENÄRER PÅ SPÄRVÄGEN	38
7	KÄNSLIGHETSANALYS	40
7.1	ÖKAD OMFATTNING AV FARLIGT GODS-TRANSPORTER	40
7.2	BOSTÄDER I ZON A	42
8	SLUTSATSER	44

1 INLEDNING

WSP har av Göteborgs Stads Stadsbyggnadsförvaltning fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av planprogram för stadsdelarna Lindholmen och Frihamnen i Göteborg. Norr om planområdet löper Hamnbanan, som är transportled för farligt gods. Kortaste avstånd mellan planerad bebyggelse och farligt gods-leden uppgår till 30 meter.

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Planprogrammen för Frihamnen-Lindholmen utgör ingen detaljplan, men då framtida detaljplaner för området kommer att utarbetas efter planprogrammen, så är det rimligt att beakta riskhanteringsprocessen i det här skedet.

Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till Hamnbanan, vilken utgör transportled för farligt gods.

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 och utformning av planprogramsområdena med hänsyn till riskpåverkan från Hamnbanan. I föregående ingår även att efter behov ge förslag på lämpliga skyddsbestämmelser som kan införas i kommande detaljplaner.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligen 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/transport av farligt gods på Hamnbanan. 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. Dessutom beaktas följande faktorer:

- Hamnbanan planeras att byggas ut för att bli tvåspårig samt,
- Det finns två alternativa utföranden avseende våningsantal på planerad bebyggelse närmast Hamnbanan.

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

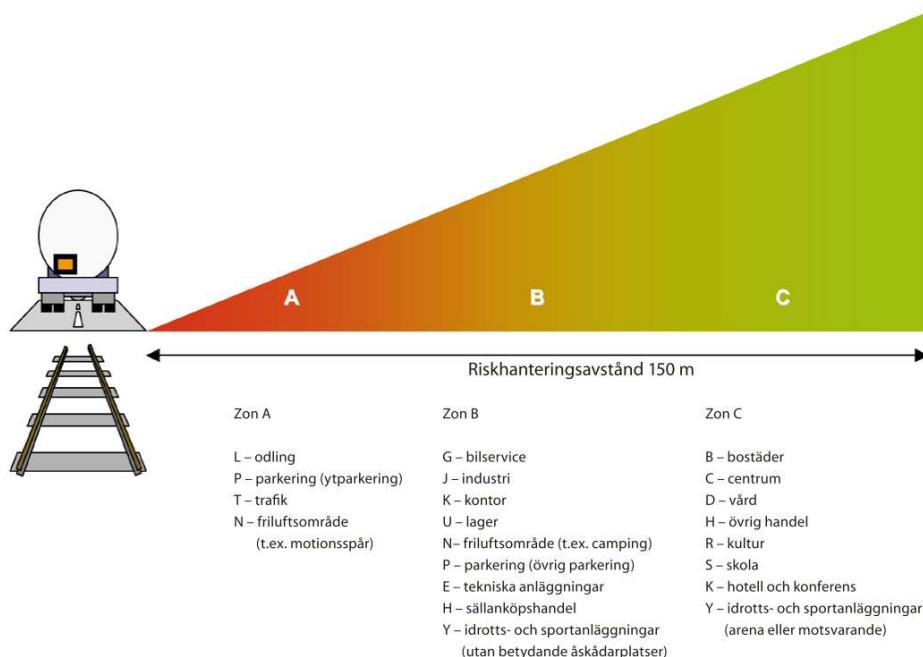
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen [1] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

Utöver Riskhantering i detaljplaneprocessen finns även den fördjupade översiktsplanen (FÖP) för Göteborg [2] att ta hänsyn till. FÖP anger ett rekommenderat, befolkningsfritt avstånd om 30 meter till närmaste bebyggelse från järnväg. Rekommenderat avstånd till bostäder uppgår till 80 meter. Notera att i gällande version av Översiktsplanen för Göteborg hänvisas alltså till den tidigare versionen [2] avseende avstånd som ska beaktas vid utarbetande av nya detaljplaner.

I övrigt kommer anvisningar från Räddningstjänsten Storgöteborg [3], Göteborgs stad [4] samt Statens Räddningsverk (numera Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB) [5] avseende struktur och metodik på riskbedömningen följas.

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Uppskattade persontätheter inom exploateringsområdet inkl. situationsplan [6]
- Basprognos för godstrafik år 2045 [7]
- Miljökonsekvensbeskrivning för anläggande av dubbelspår på Hamnbanan (Eriksberg-Pölsebo) [8]
- PM Spårnära risk [9]
- Detaljerad riskbedömning för detaljplan Frihamnen, Göteborgs stad [10]
- Riskutredning Farligt Gods Frihamnen 2021 [11]
- Detaljerad riskbedömning för detaljplan Karlavagnsplatsen, Göteborgs stad [12]
- Förtydligande om skyddsbarriär för Karlastaden [13]
- Kompletterande PM om hamnbaneskydd till riskbedömningen för Karlastaden [14]

I nedanstående avsnitt sammanfattas de tidigare framtagna riskbedömningar som upprättats för Frihamnen och Karlavagnsplatsen.

1.5.1 Riskbedömning för detaljplan Frihamnen

WSP tog år 2015 fram en riskbedömning inför upprättandet av ny detaljplan för Frihamnen med avseende på transport av farligt gods på Hamnbanan [10]. Den nya detaljplanen skulle möjliggöra byggnation av bostäder, arbetsplatser, skola och eventuellt sjukvård. Samhällsriskberäkningarna visade på förhöjd risknivå, varav följande riskreducerande åtgärder föreslogs:

- En barriär mellan Hamnbanan och planområdet. Barriärens funktion skulle huvudsakligen vara att begränsa spridning av giftiga gaser och minska infallande strålning vid jetflammar. Den skulle även fungera som skydd mot urspårning och strålning från pölbränder.
- Den första radens bebyggelse förses med utrymningsväg bort från riskkällan.
- Tilluft- och frånluftsdon i byggnader inom 300 meter från järnvägen borde placeras högt och med friskluftsintag bortvänt från riskkällan. Ventilation föreslogs även förses med nödavgångsfunktion.

1.5.2 Riskbedömning för detaljplan Karlavagnsplatsen

Under 2015 (med revidering 2016 och 2017) tog WSP även fram en riskbedömning för Karlavagnsplatsen, vilken ligger dikt an mot aktuellt exploateringsområde i sydväst [12]. Detaljplanen skulle möjliggöra byggnation av bostäder, handel, hotell, skola och kontor. Riskbedömningen beaktade riskbidraget från transporter av farligt gods på Lundbyleden och Hamnbanan. Både individ- och samhällsriskberäkningarna visade på förhöjd risknivå och följande riskreducerande åtgärder föreslogs:

- En vall mellan Hamnbanan och planområdet. Vallen syftar till att förhindra urspårning, avskärma jetflammar, begränsa strålningspåverkan mot planområdet, begränsa spridning av tung gas samt utgöra visst explosionsskydd.
- Den berörda delen av järnvägen förses med urspårningsräl.
- Den norra delen av planområdet (närmast Hamnbanan) utformas som naturmark utan anläggningar som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Bebyggelse närmast riskkällorna utformas med utrymningsmöjlighet bort från riskkällan.
- Tilluft- och frånluftsdon i byggnader inom planområdet borde placeras högt och med friskluftsintag bortvänt från riskkällan. Ventilation föreslogs även förses med nödavgångsfunktion.

1.5.3 Riskutredning Frihamnen

2021 fick COWI i uppdrag att utreda riskbidraget mot Frihamnen från transporter av farligt gods på Hamnbanan inför framtida exploatering av området till blandbebyggelse [11]. Riskutredningen berörde samma exploateringsområde som denna riskbedömning ämnar undersöka, även om byggnadsplaceringarna är olika.

Vikten av att den första radens bebyggelse begränsar spridningen av giftig gas in på området poängteras. Som ett led i det fortsatta planarbetet föreslås det att kompletterande spridningsberäkningar för tung gas genomförs samt att bortvända friskluftsintag på bostadshus regleras i detaljplanen. Därutöver rekommenderas att följande riskreducerande åtgärder studeras vidare:

- Den första radens bebyggelse ska innehålla de minst personintensiva verksamheterna.
- Den första radens bebyggelse dimensioneras för att motstå en kraftig explosionslast, utan att fortskridande ras uppstår.
- Disposition av planområdet (personintensiv bebyggelse placeras så att den skyddas från skadeverkan av mindre personintensiv bebyggelse närmast riskkällan).
- Disposition av byggnad (byggnader projekteras med hänsyn till närhet till riskkällan).
- Placering av friskluftsintag
- Förstärkning av stomme/fasad
- Ej öppningsbara fönster
- Brandskyddad fasad

Följande åtgärder har bedömts som orimliga att besluta om i ett tidigt planeringsskede:

- Etablering av skyddsvall, mur eller plank
- Skyddsavstånd mellan riskkälla och bebyggelse

1.6 INTERNKONTROLL

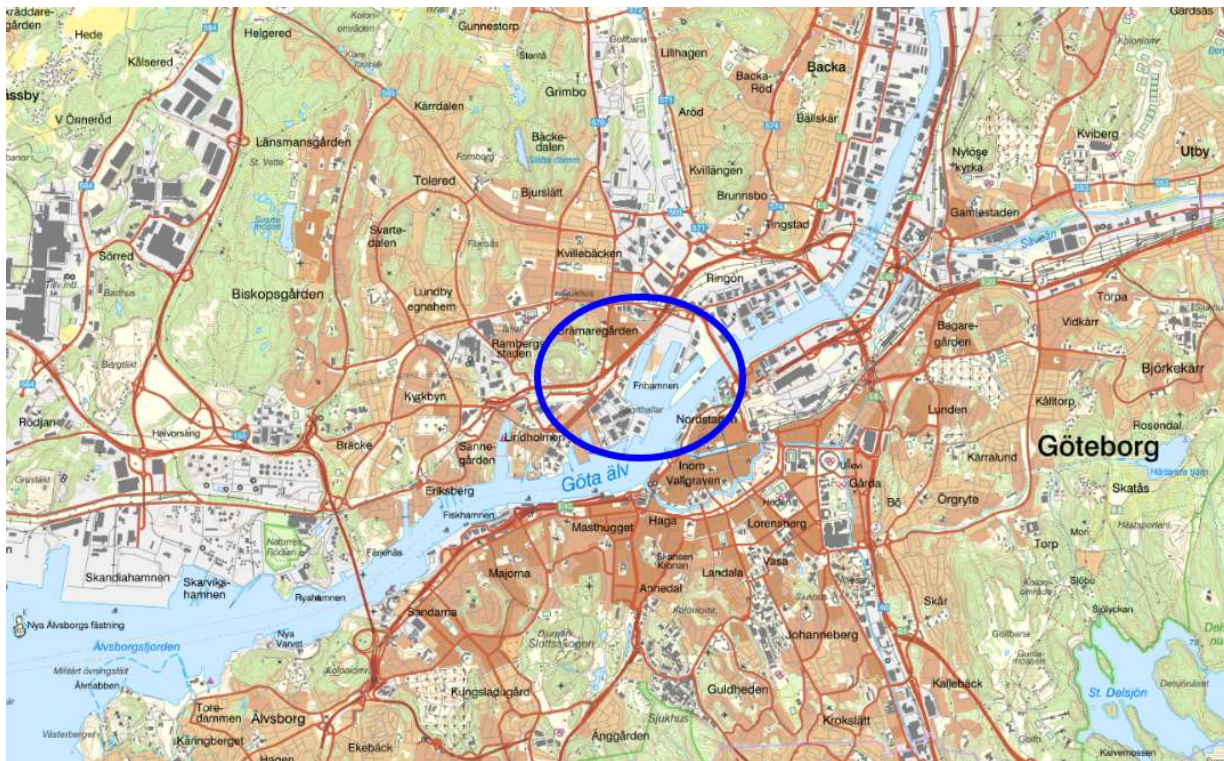
Rapporten är utförd av Anton Petersson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering) med Olov Holmstedt Jönsson (Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll.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

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

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

2.1 LOKALISERING

Stadsdelarna Lindholmen och Frihamnen ligger intill varandra i centrala Göteborg på norra sidan Göta älv. Göteborg stad ämnar exploatera området med bostäder och kontorskomplex längs med Hamnbanan, vilken löper längs norra gränsen av exploateringsområdet. Ungefärlig placering av Lindholmen och Frihamnen i förhållande till övriga delar av staden framgår av Figur 2.



Figur 2: Lindholmen och Frihamnens lokalisering i Göteborg.

2.2 EXPLOATERINGSOMRÅDE

Figur 3 visar planerad byggnation på exploateringsområdet. Byggnaderna kommer anläggas på ett avstånd om minst 30 meter från Hamnbanan på en ca 2 km lång sträcka längs med spårdragningen. Bebyggelsestypen utgörs till största del av bostäder med verksamhetsbyggnader närmast järnvägen. Med begreppet *verksamhet* avser kommunen primärt kontor och handel men vill även undersöka om känsliga verksamheter såsom förskolor kan förläggas inom 30-80 meter från järnvägen. Mellan Hamnbanan och närmaste bebyggelse ska spårväg för spårvagn anläggas. Riskpåverkan från Hamnbanan på spårvägen behandlas i separat utredning [9].

I riskbedömningen studeras två olika utförandealternativ vad gäller bebyggelsen 30–80 meter från Hamnbanan:

- **Alternativ 1** – Bebyggelse i tre våningar
- **Alternativ 2** – Bebyggelse i sex våningar



Figur 3: Översikt av exploateringsområde. Ljusblå byggnader är diverse olika verksamheter och gula byggnader är bostadshus. Hamnbanan är utmärkt i svart [6].

2.2.1 Frihamnen

Frihamnen planeras bli en grön, tät och stadsmässig del av innerstaden med en blandning av bostäder, arbetsplatser och handel. Detta ska åstadkommas genom en sammanhängande bebyggelse där kopplingar, stråk och broar/färjor knyter samman stadsdelen med de angränsande områdena Lindholmen, Ringön, Centrala staden över älven och Brämaregården över Hamnbanan/Lundbyleden. Ytterligare mötesplatser i form av bland annat torg och kajstråk, samt god gestaltning av bebyggelse och allmän plats, skolor, förskolor och annan social service är ytterligare kvaliteter som ska möjliggöras i planprogrammet. I första radens bebyggelse mot Hamnbanan planeras verksamheter, parkeringshus och ev. idrottshall, och där det är lämpligt, bostäder för att uppnå en god blandning.

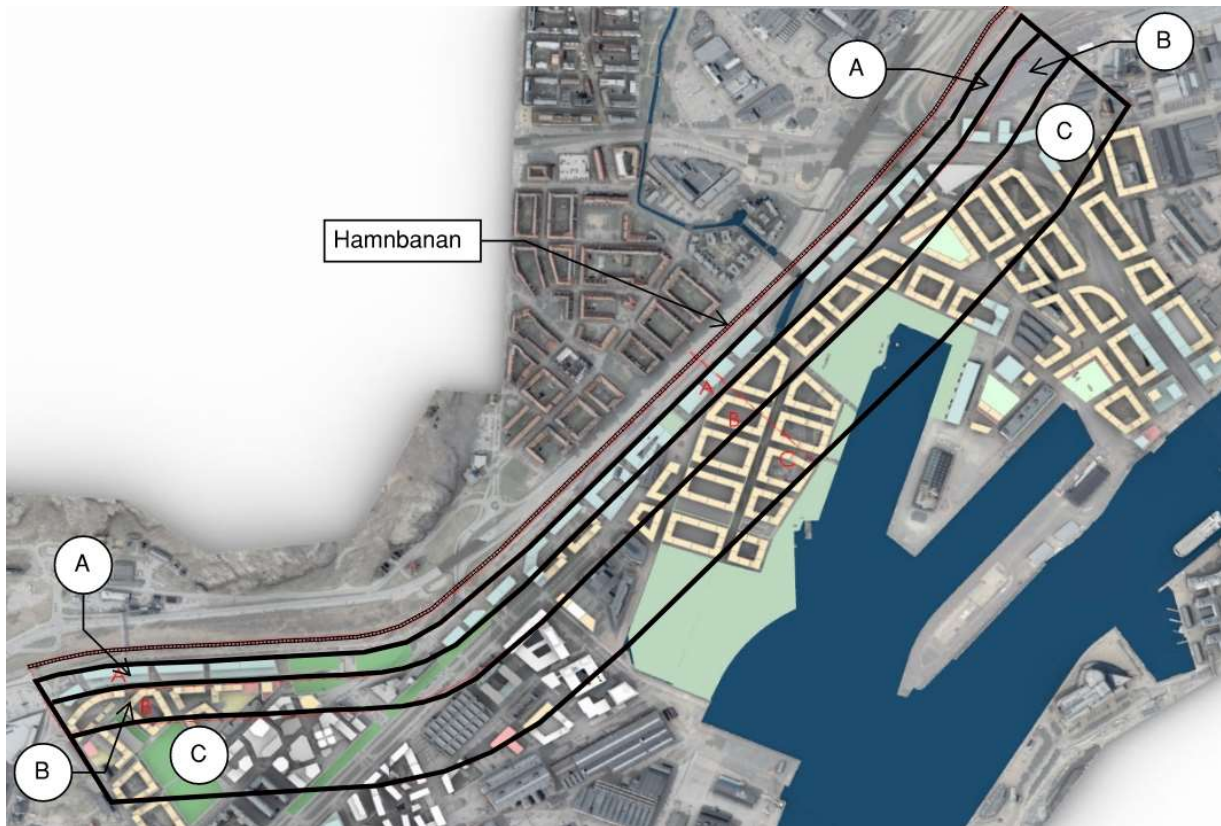
2.2.2 Lindholmen

Lindholmen utvecklas till en mer blandad stadsdel med bostäder, service och handel. Genom fler och bättre kopplingar till omgivande stadsdelar blir det en del av den utvidgade innerstaden. De centrala delarna av Lindholmen ska fortsätta utvecklas som innovationsdistrikt, särskilt kring de så kallade noderna och kollektivtrafikhållplatserna vid Lindholmsplatsen och Pumpgatan. De ska kunna innehålla en förtätning med verksamheter och kontor men också hög andel bostäder.

Norr om Lindholmsallen och i det så kallade delområdet Propellern föreslås en större andel bostäder i kvartersstad med en möjlig högre andel kontor och verksamheter som skyddande bebyggelse för buller och risk närmast Hamnbanan/ Lundbyleden. De inre delarna av området får en hög koncentration av bostäder. Boendekvaliteter tillskapas med närhet till kollektivtrafik och service vid noden kring Lindholmsplatsen. Inom delområdet föreslås två förskolor och en stadsdelspark. Dagens busstrafik som trafikerar Lindholmsallén planeras att få ett nytt öst-västligt stråk i gatan närmast Hamnbanan.

2.3 BEFOLKNINGSTÄTHET

Göteborgs stad har delat in exploateringsområdet i tre zoner (A, B och C) och tillhandahållit en uppskattning av personantalet inom varje zon, se Figur 4 och Tabell 1.



Figur 4: Zonindelning av exploateringsområdet med hänsyn till personantal.

Tabell 1: Befolkningstäthet och personantal inom exploateringsområdet, alternativ 1 [6].

Indata	Zon A		Zon B		Zon C	
Avstånd från spår	30–80 m		80–150 m		150–300 m	
Bebyggelse	Verksamheter	Bostäder	Verksamheter	Bostäder	Verksamheter	Bostäder
Dagbefolkning	3067	0	623	0	5176	0
Nattbefolkning	0	0	0	5153	0	9585
Dagbefolkning/km ²	25 560 ¹	0	3690	0	14 030	0
Nattbefolkning/km ²	0	0	0	30 490	0	25 980

Inför samhällsriserberäkningarna används indata i Tabell 1 för att ta fram dimensionerande persontätheter för respektive zon. Dessa redovisas i avsnitt 4.2. Notera att persontätheten för Zon A vid alternativ 2 framgår av fotnoten.

¹ I alternativ 2 (sexvåningshus i zon A) dubblas personantalet. Dagbefolkningen uppgår till 6133 personer och persontäthet dagtid till 51 110 personer/km².

2.4 HAMNBANAN

Hamnbanan är en 9 km låga järnvägssträcka på Hisingen och förbinder Göteborgs hamn med Kville bangård och i förlängningen Bohusbanan. Järnvägen är elektrifierad sedan år 2004 och var från början enkelspårig men flera delsträckor har byggts ut till dubbelspår. År 2018 färdigställdes arbetet med att bygga ut den 1,6 km långa delsträckan mellan Pölsebo och Skandiahamnen till dubbelspår. Arbetet med att bygga upp delsträckan mellan Eriksberg och Pölsebo till dubbelspår färdigställdes år 2023 och omfattade bland annat uppförandet av en 1 km lång järnvägstunnel. Därutöver har Kville bangård byggts om för att möjliggöra fler samtida tågrörelser på genomgående spår samt förberetts för en framtida hastighetshöjning och ökade tåglängder på Hamnbanan [15]. Den återstående delsträckan av Hamnbanan mellan Kville bangård och Eriksberg, vilken är föremål för aktuell riskbedömningen, är för närvarande enkelspårig. Som tidigare angivits genomförs dock riskbedömningen utifrån premisen att sträckan i framtiden har byggts ut till dubbelspår vilket skulle innebära utökad kapacitet och höjd hastighet. Uppskattningen gällande vilken riskpåverkan på omgivningen järnvägstransporterna på Hamnbanan medför är starkt beroende av vilken trafikeringen som förutsätts.

Trafikverkets basprognoser anger förväntad trafikering, kapacitetsutnyttjande samt antalet tillgängliga godstågslägen för specifika sträckor inom det svenska järnvägsnätet. Begreppet "tillgängliga godstågslägen" anger en övre gräns för hur många godståg som får plats på sträckan [7]. Då en utbyggnad av Hamnbanan, delsträckan Göteborg Kville – Eriksberg till dubbelspår, inte ingår i den nationella investeringsplanen för perioden 2022-2033 antas i basprognosen för år 2045 att sträckan fortsatt är enkelspårig. Enligt prognosen förväntas trafikeringen på sträckan Göteborg Kville – Eriksberg upp till 55 godståg per vardagsmedeldygn (VMD) och totala antalet tillgängliga godstågslägen uppgår till 92. Prognosen 2045 motsvarar således ett kapacitetsutnyttjande för delsträckan på 60 % [7]. Trafikverkets generella riktvärden är ett kapacitetsutnyttjande på 60 % eller lägre kan bedömas som "lågt" varvid det finns möjlighet att köra fler tåg och samtidigt underhålla banan [16]. Om kapacitetsutnyttjandet är inom intervallet 61-80 %, innebär det att trafiken inte fullt ut utnyttjar den tillgängliga kapaciteten hos infrastrukturen. I dessa fall, dvs. i intervallet 61-80 %, kan det dock fortfarande uppstå problem vad gäller att tillgodose olika aktörers behov samt möjligheten att underhålla banan [16].

Givet att basprognosen 2045 anger en förväntad trafikering på 55 godståg per vardagsmedeldygn på sträckan, i kombination med ett kapacitetsutnyttjande på 60 % för enkelspåret, förefaller det obefogat att anta att en utbyggnad till dubbelspår skulle generera markant högre trafikflöde. Antagandet i tidigare genomförda riskbedömningar för planprogrammen vilka avhandlats i avsnitt 1.5 har varit att trafikeringen på Hamnbanan vid en fullständig utbyggnad till dubbelspår skulle uppgå till 150 godståg per dygn [10] [12]. Källan i dessa fall har varit en prognos som upprättades år 2014 och avsåg horisontår 2030. Det bör särskilt noteras här att det inte framgår om föregående prognos avser trafikeringen per årsmedeldygn (ÅDT) eller vardagsmedeldygn. Beräkningarna i tidigare riskbedömningar baseras på ett trafikflöde om 150 godståg per årsmedeldygn vilket skulle motsvara ~220 godståg per vardagsmedeldygn. I så fall en trafikering som är en faktor fyra högre än den förväntade enligt Trafikverkets senaste basprognos för horisontår 2045. Samtidigt anger basprognosen för 2045 att antalet tillgängliga godstågslägen på den dubbelspåriga delsträckan av Hamnbanan Eriksberg – Göteborg Skandiahamnen uppgår till 432 per vardagsmedeldygn [7]. Vid en fullständig utbyggnad till dubbelspår och maximalt kapacitetsutnyttjande skulle trafikeringen på Hamnbanan i teorin således kunna uppgå till drygt 295 godståg per årsmedeldygn. Det ska på samma gång framhållas att praxis vid denna typ av riskbedömningar är att utgå från prognoser och inte maximalt kapacitetsutnyttjande. Som ingångsvärde till aktuell riskbedömningen antas att trafikeringen på aktuell delsträcka år 2045, givet en dubbelspårutbyggnad, uppgår till 55 godståg per årsmedeldygn vilket motsvarar drygt 80 godståg per vardagsmedeldygn, det vill säga en faktor ~1,5 högre än vad Trafikverkets senaste basprognos anger.

I Tabell 2 redovisas en sammanställning över nuläget, basprognosen samt ingångsvärde till aktuell riskbedömning vad gäller årsmedeldygnstrafiken av godståg på berörd delsträcka av Hamnbanan. Generellt ska noteras att riskbedömningen utgår ifrån att järnvägen, vid en eventuell framtida utbyggnad till dubbelspår, fortsatt utgörs av markspår i nivå med omgivningen. Alternativa utformningar av aktuellt avsnitt har tidigare utretts, såsom nedläggning i tråg, överdäckning, spårdragning genom berg etc. [10]. Dessa alternativa utformningar skulle innebära en riskminskning för omgivningen, programområdena inkluderat.

Tabell 2. Trafikeringen på berörd delsträcka av Hamnbanan i nuläget, enligt basprognosen för 2045 samt ingångsvärde till grundberäkningarna i aktuell riskbedömning.

Scenario	Trafikering godståg (ÅDT)	Kommentar
Nuläge (2019-2023)	~37	Medelvärde för mätserien, baseras på utdrag från Trafikverket.
Basprognos 2045 [7]	~38	Redovisas som trafikering per vardagsmedeldygn i basprognosen.
Ingångsvärde till aktuell riskbedömning för horisontår 2045	55	Cirka en faktor 1,5 högre än den prognostiserade enligt basprognosen 2045. Basprognosen förutsätter dock ingen utbyggnad till dubbelspår.

3 RISKIDENTIFIERING

Som framgår av rapportens avgränsningar är syftet med utredningen att värdera möjlig markanvändning och utformning av planprogramområdena med hänsyn till riskpåverkan från järnvägstransporterna på Hamnbanan, vilken förbinder Skandiahallen i väster med Bohusbanan i öster. Som nämnts ovan är minsta avståndet mellan exploateringsområdet och Hamnbanan 30 meter.

Hamnbanan antas vara dubbelspårig där den passerar exploateringsområdet och trafikeringen utgörs uteslutande av godstrafik. För att bedöma den framtida trafikeringen på Hamnbanan används basprognosen för 2045 som underlag. I riskbedömningen antas årsmedelsdygnstrafiken (ÅDT) på aktuell järnvägssträcka (Göteborg Kville-Eriksberg) uppgå till 55 godståg vilket är en faktor högre ~1,5 i jämförelse med basprognosen för sträckan horisontår 2045 [7]. Högsta tillåtna hastighet på sträckan uppgår till 70 km/h [8].

I den här riskbedömningen betraktas Kville bangård som en förlängning av Hamnbanan. Detta bedöms vara en konservativ ansats, i och med att sannolikheten för olycka som leder till utsläpp inom bangården är lägre än motsvarande scenario för tåg på järnvägen [17].

3.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ HAMNBANAN

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna baseras på ett utdrag från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet). Statistiken innefattar:

- antal godståg,
- antal godståg med farligt gods,
- antal vagnar med farligt gods,
- antal ton farligt gods samt
- mängder av och fördelningen mellan transporterade farligt gods-klasser på aktuell sträcka under tidsperioden 2019–2023.

Ovanstående statistik är konfidentiell och kan ej redovisas i rapporten.

3.2 URSPÅRNING

Den dominerande risken (med avseende på sannolikhet) i anslutning till järnväg är urspårning. Konsekvenserna till följd av urspårning kan omfatta att människor förolyckas, antingen utomhus eller i intilliggande byggnader som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av tågtyp. Det finns ett antal kända orsaker som var för sig eller tillsammans kan resultera i en urspårning, såsom växelpassager, plankorsningsolyckor, kraftiga inbromsningar, spårlägesfel, solkurvor och sabotage.

I Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777–2² för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [18]. I UIC-modellen har hastigheten (km/h) 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 = urspårningshastigheten i km/h) [19]. Givet att STH längs den aktuella järnvägssträckan uppgår till 70 km/h ger föregående samband ett maximalt spridningsavstånd på drygt 10 meter. För en vidare beskrivning av beräkningsgången se avsnitt B.1.6. I situationer där betydande höjdskillnader mellan spår och omgivning föreligger går det inte att utesluta att beräkningsgången enligt UIC-modellen underskattar maximalt spridningsavstånd av urspårade fordon.

² UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone

Nuvarande enkelspår ligger i nivå med omgivningen och utformningen vid framtida spårutbyggnad antas motsvara den nuläget, det vill säga försumbara höjdskillnader. Maximalt beräknat spridningsavstånd (vinkelrätt) från spåret enligt UIC-modellen vid händelse av urspärning bedöms därigenom vara representativt för aktuell delsträcka.

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarier med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3. Vidare kvantifieras risken för mekanisk påverkan på omgivningen i samband med urspärning.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen Klass 1	Brandfarlig gas Klass 2.1	Giftig gas Klass 2.3	Brandfarlig vätska Klass 3	Oxiderande ämnen Klass 5.1
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 och 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 förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [5]. 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.

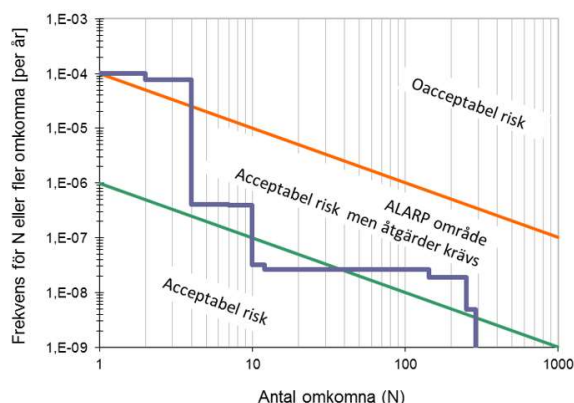
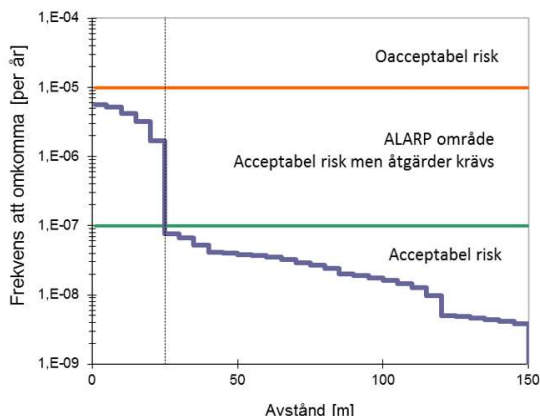
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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 4 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 heldragna linjer enligt Figur 5.

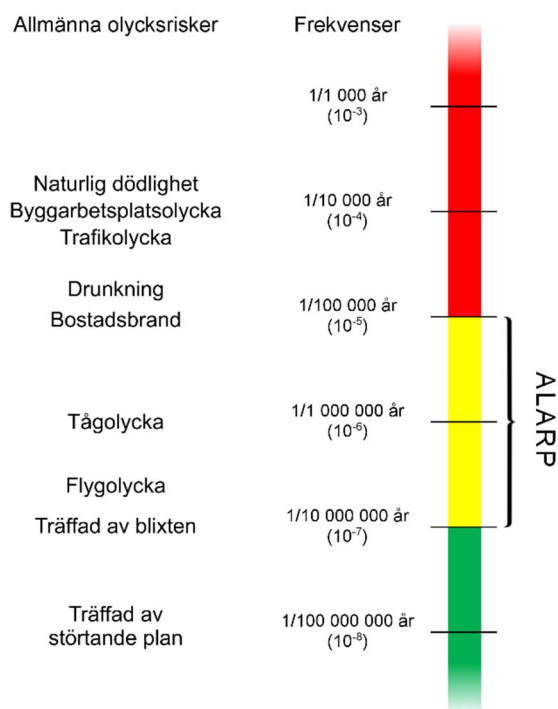
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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



Figur 5. Föreslagna kriterier på individrisk (t.v.) samt samhällsrisk (t.h.) enligt DNV [5].

Som jämförelse illustreras i Figur 6 ett antal olycksrisker i samhället



Figur 6. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [20].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet 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 5) 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.

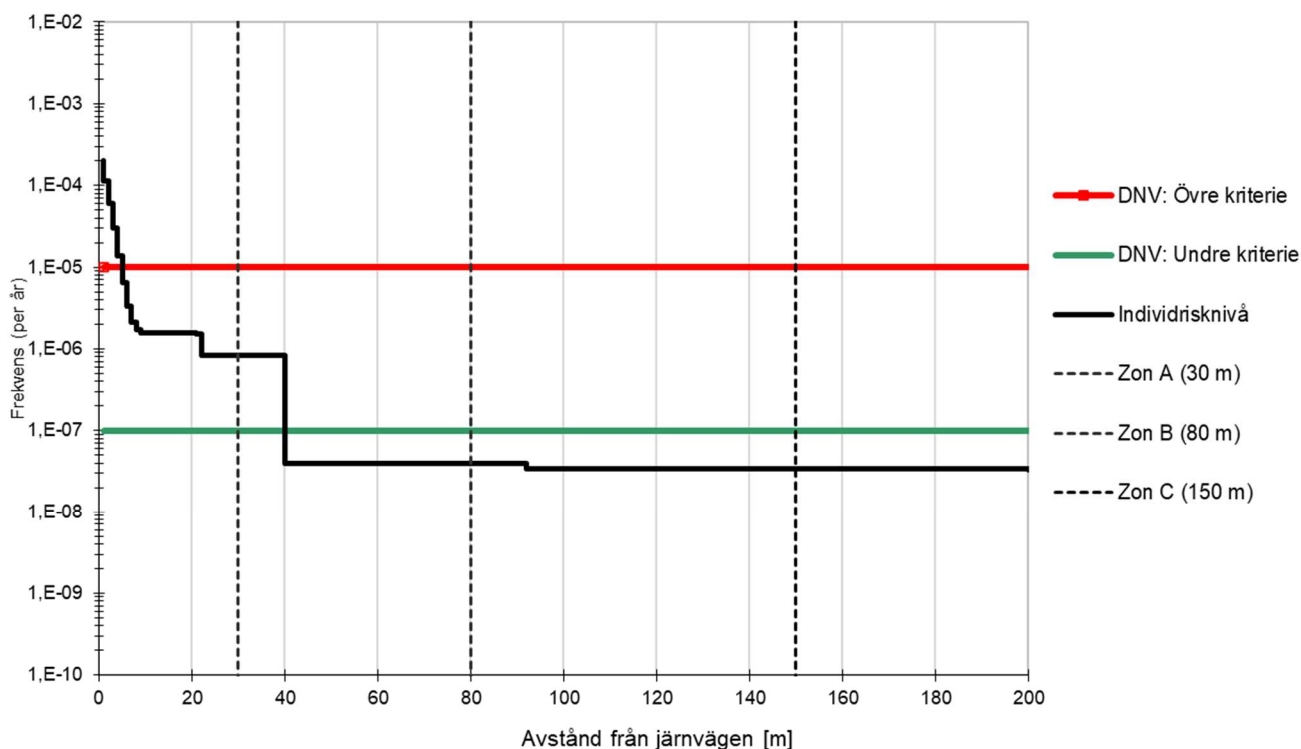
Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 5) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

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.

4.1 INDIVIDRISKNIVÅ

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [21] 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. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga C.



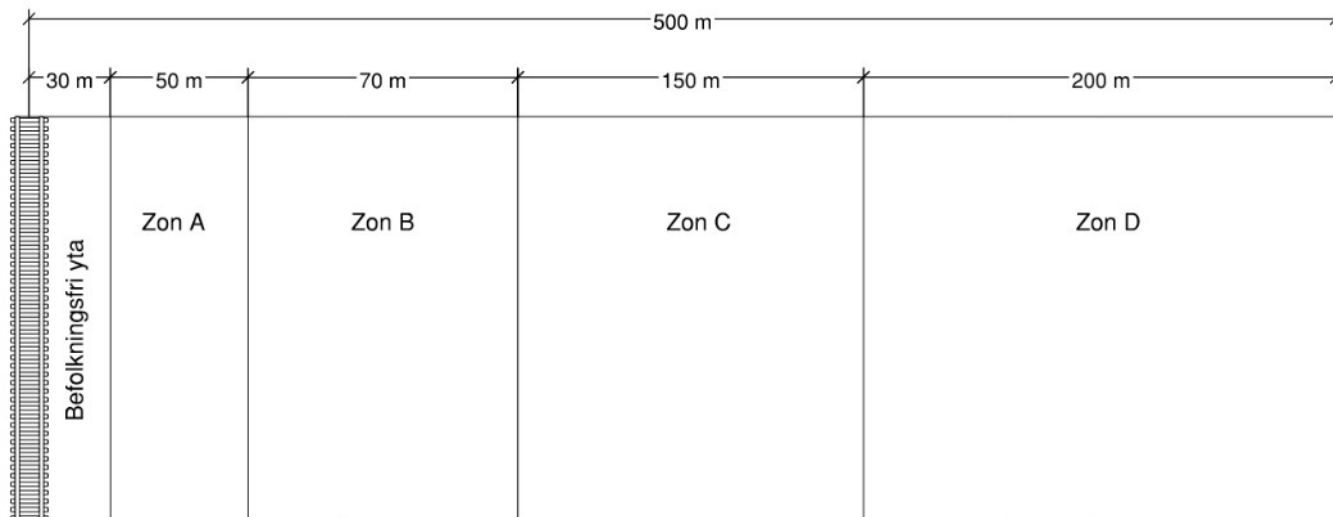
Figur 7: Individrisknivå för initial beräkning.

I Figur 7 illustreras individrisknivån längs aktuell delsträcka av Hamnbanan med avseende på urspårningsrisken samt farligt gods-olyckor. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Beräkningarna indikerar att individrisken är oacceptabel upp till 5 meter från spårmitte och inom ALARP-området mellan 5 till 40 meter. Bortom 40 meter från spårmitte ligger individrisknivån inom acceptabla nivåer.

Det är riskbidraget från pölbränder (dvs. transportolyckor med RID-S-klass 3) som medför att individrisken är förhöjd upp till 40 meter från spåret. Skyddsåtgärder behöver således vidtas för att reducera risken för brandspridning till första radens bebyggelse och säkerställa möjligheten till säker utrymning, se kapitel 5 om riskreducerande åtgärder.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ

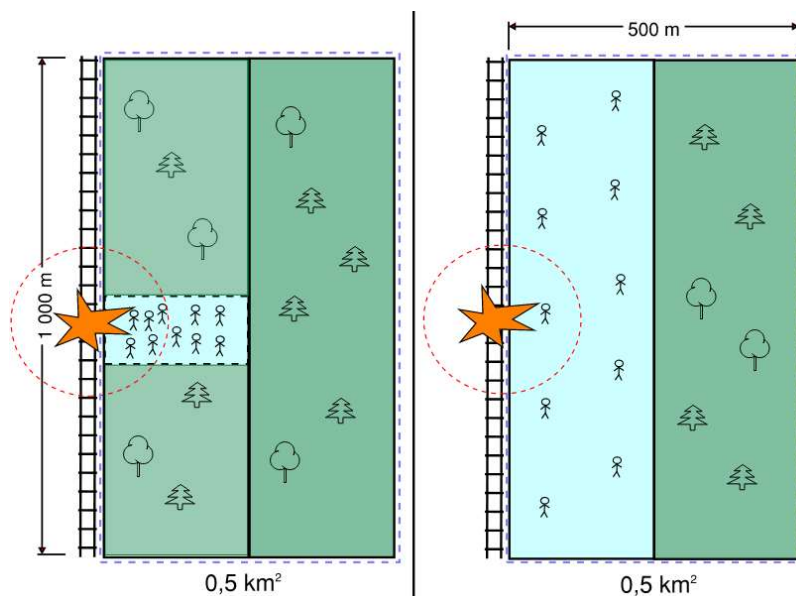
I Figur 8 redovisas den modell som har använts vid uppskattningen av samhällsrisk för planprogramområdet. I Tabell 6 redovisas persontätheten inom respektive zon i beräkningsmodellen. Observera att nedanstående avstånd utgår från närmsta framtida spårmit vid den framtida spårutbyggnaden.



Figur 8: Modell för samhällsriskberäkning.

Den betraktade delsträckan av Hamnbanan vid samhällsriskberäkningen är 1 km lång i enlighet med rekommendationerna i *Värdering av Risk* [5]. Beräkningen av samhällsrisk genomförs dock ensidigt, dvs. enbart omkomna inom planprogramsområdena till följd av olyckor på Hamnbanan beaktas. Detta innebär att värderingskriterierna för samhällsrisk i Tabell 4 viktas ner med en faktor 0,5 då det betraktade området blir 0,5 km² och inte 1 km². Notera att föregående ansats blir konservativ då persontätheten norr om den aktuella delsträckan av Hamnbanan rimligtvis är lägre än den inom exploateringsområdena vid fullt realiserade planprogram. Föregående är särskilt påtagligt i höjd med Lindholmen där områdena norr om järnvägen företrädesvis utgörs av oexploaterad naturmark. En dubbelsidig beräkning av samhällsrisk och därigenom ingen viktning av kriterierna hade således genererat ett mer fördelaktigt resultat. Det bör poängteras att en dubbelsidig beräkning inte hade varit "felaktigt". Ansatsen att räkna ensidigt förenklar dock beräkningen då variationer i persontätheten norr om aktuell delsträcka av Hamnbanan blir oväsentliga (givet att den oavsett kan antas vara lägre än den inom exploateringsområdena vilket bedöms vara ett rimligt antagande).

Den totala längden av den delsträcka av Hamnbanan som ligger parallellt med planprogramsområdena är drygt 2,4 km. Att beräkningen utförs på en 1 km lång delsträcka, i enlighet med rekommendationen i *Värdering av Risk*, innebär således att resultatet beskriver den genomsnittliga samhällsrisknivån för ett 0,5 km² stort "typområde" av de båda planprogramsområdena. Vidare antas persontätheten vara jämnt fördelad över respektive Zon i Figur 8 och eventuella lokala variationer i exploateringsgrad inom zonen längs den betraktade 1 km långa delsträckan beaktas ej. Denna förenkling möjliggörs av att DNV:s kriterier för samhällsrisk utgår ifrån riskneutralitet varvid en representativ uppskattning av riskmättet fortfarande kan erhållas vilket illustreras schematiskt i Figur 9. Begreppet riskneutralitet innebär att olycksrisker anses vara likvärdiga om de har samma förväntade konsekvens över tid.



Figur 9. (t.v.) Persontätheten längs den 1 km långa järnvägssträckan är i detta fall koncentrerad till ett begränsat delområde. En olycka på den betraktade sträckan behöver inträffa i höjd med delområdet för att generera omkomna (och därigenom också få ett genomslag i samhällsrisk). Sannolikheten för olycka antas vara jämnt fördelad över den betraktade sträckan varvid schematiskt en 1 av 5 olyckor medför påverkan på delområdet och genererar då i genomsnitt fem omkomna. (t.h.) Figuren utgör en förenkling av situationen till vänster. I detta fall fördelas människorna inom delområdet jämnt längs med hela den betraktade järnvägssträckan och den förväntade konsekvens blir en omkommen vid varje olyckstillfälle. I båda fallen är den förväntade konsekvensen över tid en omkommen varvid konfigurationerna blir likvärdiga ur ett samhällsriskperspektiv (förutsatt att utvärderingskriterierna utgår från riskneutralitet).

Ansatsen att beräkna och värdera samhällsrisknivå för ett genomsnittligt "typområde" av de båda planprogramsområdena förutsätter även att exploateringen inom respektive Zon (se Figur 8) inte skiljer sig markant mellan Lindholmen kontra Frihamnen. Dvs. 1 km Zon A för Lindholmen bör exempelvis ha en snarlik persontäthet som 1 km Zon A för Frihamnen etc. för att samhällsrisknivå för det genomsnittliga "typområdet" ska vara representativ för båda planprogrammen.

Rådata från kommunen gällande planerad och befintlig BTA (bruttototalarea) inom respektive Zon visar att skillnaden mellan Zon A respektive Zon B i Frihamnen kontra Lindholmen är försumbar. Inom Zon C föreligger skillnader mellan de båda planprogramsområdena i mån av att planerade och befintlig BTA för verksamheter inom Zon C Lindholmen är en faktor ~3,3 större än motsvarande för Frihamnen. Samtidigt är BTA för bostäder inom Zon C för Frihamnen en faktor ~1,4 större än motsvarande för Lindholmen. Vad gäller Zon C för Lindholmen bör dock framhållas att 75 % av BTA för bostäder och 84 % av BTA för verksamheter återfinns inom Karlastaden [6]. Detaljplanen för Karlastaden har redan vunnit laga kraft och området mellan kvartersmarken och Hamnbanan är redan planlagd som grönyta för att skapa en buffert gentemot järnvägen. Slutsatser och rekommendationer i aktuell riskbedömning gällande möjlig markanvändning och skyddsåtgärder för Zon A och B är därigenom inte heller applicerbara för detta delområde (grönområdet mellan Karlastaden och Hamnbanan). Sammantaget bedömer WSP att en representativ samhällsrisknivå kan erhållas genom en beräkning för ett genomsnittligt "typområde" för de båda programområdena.

Utifrån tillhandahållna befolkningsdata för de olika zonerna (se Tabell 1) kan dimensionerande befolkningstäthet för det undersökta "typområdet" uppskattas. För att ta höjd för varierande närvarograd vid olika tider på dygnet används populationsvariabler från den internationella standarden CPR 18E. Populationsvariablerna anger hur stor andel av den maximala befolkningstätheten inom ett område som kan förväntas vara närvarande beroende på tid på dygnet och skiljer mellan boende kontra arbetare i området.

Tabell 5: Fördelning av populationsvariabler över dygntid (CPR 18E) [22].

Andel boende dagtid	Andel boende nattetid	Andel arbetande dagtid	Andel arbetande nattetid
0,25	0,9	0,8	0,2

Med hänsyn till populationsvariablerna i Tabell 5 och befolkningstätheten i Tabell 1 uppskattas ett dimensionerande personantal för respektive zon dag och natt, vilka redovisas i Tabell 6.

Tabell 6: Dimensionerande persontäthet dag och natt i de olika zonerna, alternativ 1.

Zoner	Zon A	Zon B	Zon C	Zon D
Avstånd från spår	30–80 m	80–150 m	150–300 m	300–500 m
Personer/km ² dag	20 448 ³	10 575	17 719	17 719
Personer/km ² natt	5 112	28 179	26 188	26 188

Befolkningsdata för zon D har inte tillhandahållits, varav motsvarande data för zon C appliceras.

Grundantagandet för samhällsriskberäkningen är att en större andel av människorna inom respektive Zon kan förväntas vistas inomhus när olyckan inträffar enligt värdena i Tabell 7.

Tabell 7: Andel personer som befinner sig inomhus respektive utomhus vid olika tidpunkter på dygnet enligt riktvärden från RIKTSAM [23].

Tid på dygnet	Andel inomhus	Andel utomhus
Dagtid	90 %	10 %
Nattetid	99 %	1 %

Vid beräkningarna av samhällsrisk antas inomhusvistelse vid vissa olycksscenarioer medföra en signifikant lägre risk att omkomma. De ansatta skyddsgraderna som redovisas i Tabell 8 bygger på tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [24] och internationella vägledningar så som CPR 18E [25]. I Bilaga D redovisas mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Tabell 8: Ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse när samhällsrisk för programområdet beräknas.

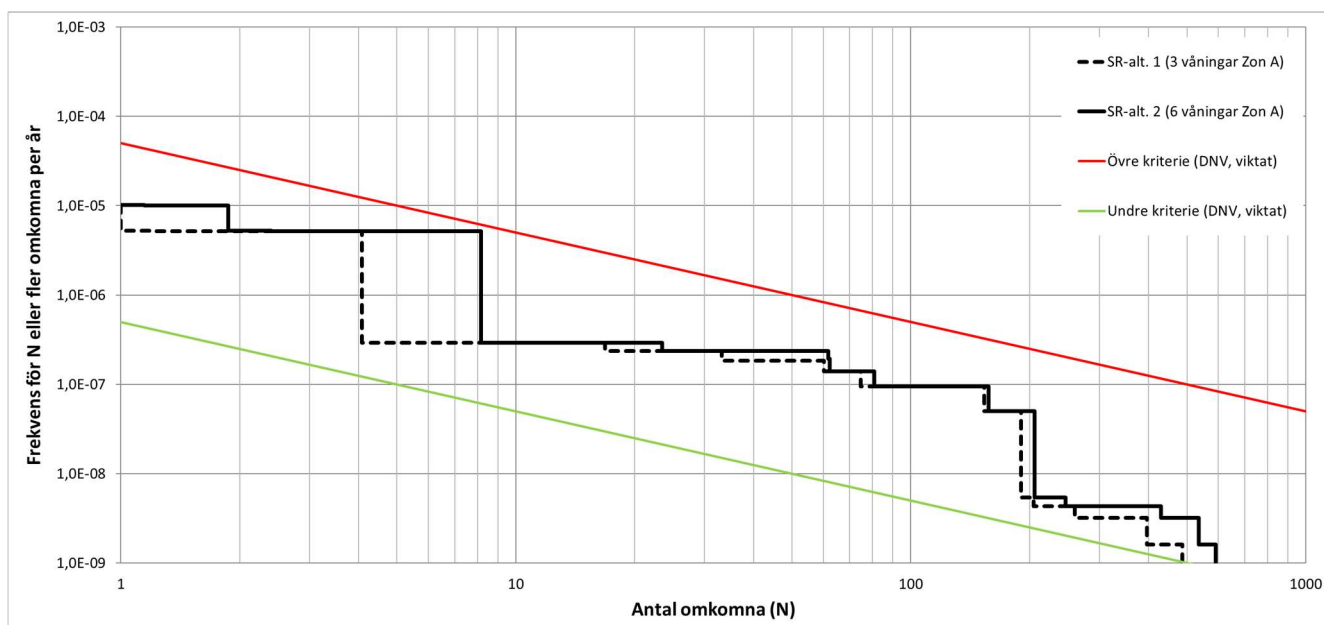
Olycksscenario	Zon A (skyddsgrad vid inomhusvistelse)	Zon B (skyddsgrad vid inomhusvistelse)	Zon C och D (skyddsgrad vid inomhusvistelse)
Urspårning (mekanisk påverkan)	N/A*	N/A*	N/A*
Stora explosionslaster (~25 000 kg)	0 %	50 %	50 %
Mindre explosionslaster (~150 kg)	0 %	50 %	50 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflammar, gasmoln)	50 %	50 %	50 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (BLEVE)	50 %	50 %	50 %

³ 40 888 personer/km² dagtid och 10 222 personer/km² nattetid i alternativ 2.

Olycksscenario	Zon A (skyddsgrad vid inomhusvistelse)	Zon B (skyddsgrad vid inomhusvistelse)	Zon C och D (skyddsgrad vid inomhusvistelse)
Utsläpp av giftiga gaser	50 %	50 %	95 %
Utsläpp av brandfarliga vätskor	75 %	N/A*	N/A*

*Konsekvensavståndet vid dessa typer av olyckor understiger skyddsavståndet mellan bebyggelsen och järnvägen.

I och med att samhällsrisknivån är beroende av befolkningstätheten och därmed av exploateringsområdets utformning, så redovisas två samhällsriskkurvor i Figur 10. Dessa representerar de två olika utformningsalternativen (tre- respektive sexvåningsbyggnader i zon A).



Figur 10: Samhällsrisknivå för initial beräkning med risknivån för båda utformningsalternativen redovisade.

Som Figur 10 visar ligger samhällsrisknivån inom det övre ALARP-området för både alternativ 1 och 2. Alternativ 2 innebär en högre befolkningstäthet, varav risknivån ligger något högre än för alternativ 1 och tangerar nästan det övre kriteriet för olyckor med 8 eller fler omkomna. Kompletterade riskreducerande åtgärder behöver därigenom utvärderas för båda alternativen, se kapitel 5 för vidare beskrivningar.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I detta kapitel värderas ett antal tänkbara riskreducerande åtgärder. Den riskreducerande effekten från respektive åtgärd framgår i jämförelse med risknivån i grundberäkningarna, vilka redovisas i Figur 7 och Figur 10. Följande riskreducerande åtgärder är hämtade från tidigare genomförda riskutredningar [10] [11] [12] och undersöks vidare:

- Vall/mur
- Förstärkt bullerplank
- Explosionsskyddad byggnad
- Frånvänt tilluftsintag
- Brandskyddad fasad
- Skyddsräl
- Disposition av programområdena

Det ska observeras att ovanstående åtgärder inte ska betraktas som krav för framtida detaljplaner, utan syftet är att utreda vilken inverkan som implementerandet av dessa åtgärder har på risknivån från Hamnbanan.

5.1 VALL/MUR

I den tidigare riskbedömningen för Frihamnen rekommenderas en barriär mellan planområdet och riskkällan för att primärt begränsa spridning av giftig gas och skydda mot jetflammar, men även minska utbredningen av brandfarlig vätska och strålningspåverkan från pölbränder. Barriären bedöms behöva vara 4–5 meter hög, samt förläggas längs hela planprogramsområdesgränsen så nära Hamnbanan som möjligt [10].

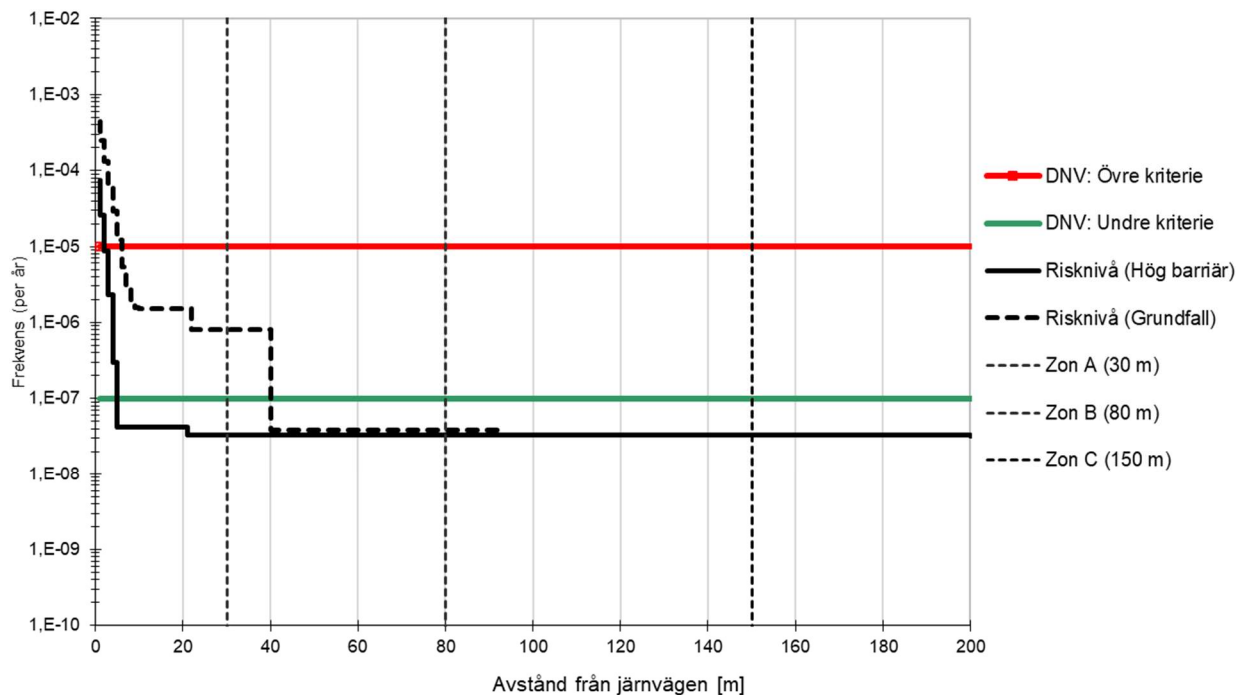
Även i tidigare framtagna riskbedömningen för Karlavagnsplatsen rekommenderas en barriär som riskreducerande åtgärd, däri benämnd som vall. Vallen ska hindra pölutbredning, skydda mot strålning och viss explosionsverkan samt begränsa påverkan från giftigt gasutsläpp på planområdet. Vallen utgörs av en tre meter hög motfylld mur, krönt med ett två meter högt obrännbart plank [12].

För den här riskbedömningen ansätts en barriär med samma skyddsegenskaper som föreslagna barriärer i ovanstående riskbedömningar. I och med att barriären placeras mellan Hamnbanan och exploateringsområdet skyddar den även personer utomhus, varav både individrisknivån och samhällsrisknivån påverkas. Barriären förhindrar påverkan på programområdena från följande olyckor

- Urspärning (dimensionerad enligt UIC 777-2 [19])
- Jetflamma (utförd i obrännbart material och brandteknisk klass E60, EI 60 om materialet är transparent)
- Utsläpp av tung gas (tät konstruktion i kombination med att krönet på barriären ska vara minst 5 meter över RÖK⁴)
- Pölbränder (utförd i obrännbart material och brandteknisk klass E60, EI 60 om materialet är transparent)

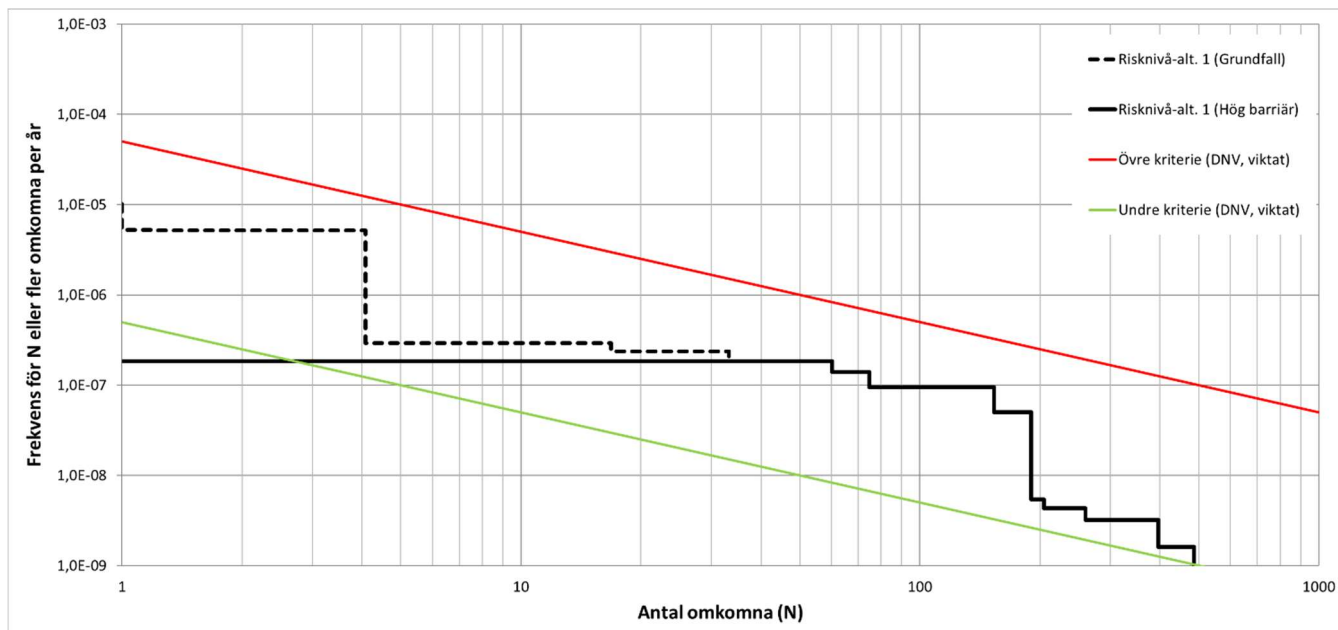
Följande beräkningsresultat erhålls:

⁴ Rälsöverkant

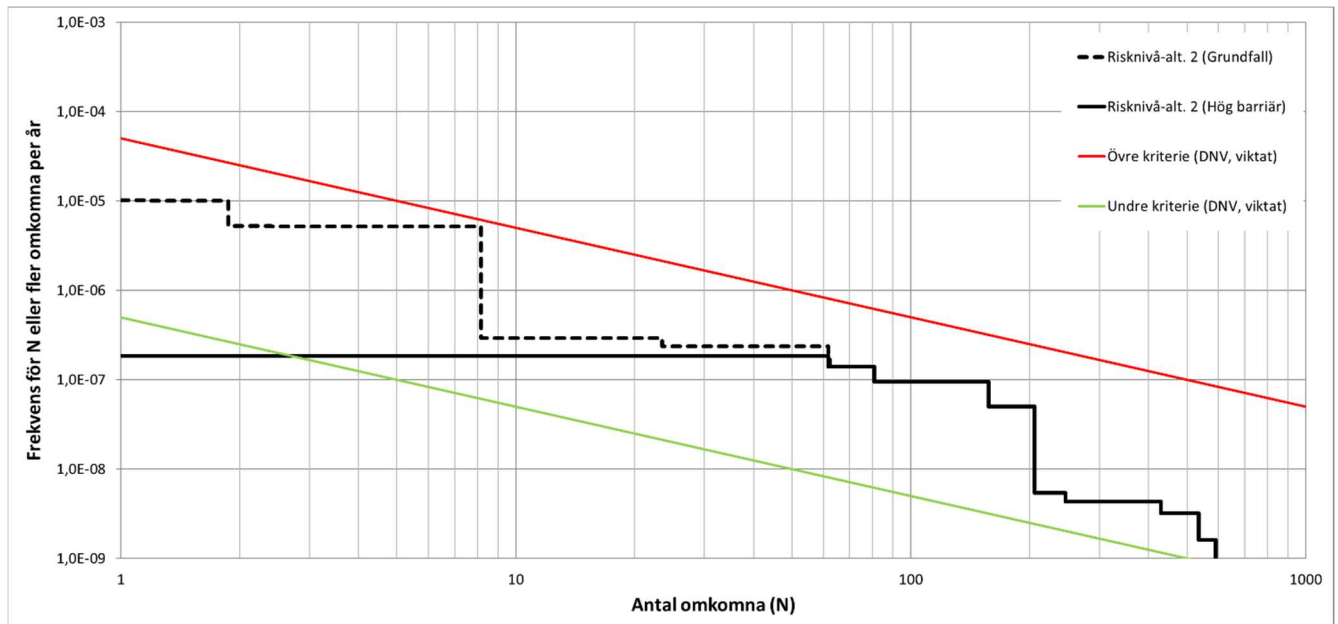


Figur 11: Individrisknivå med hög barriär mellan exploateringsområde och Hamnbanan, jämfört med grundfallet.

Samhällsrisknivån redovisas i två olika grafer med hänsyn till de två olika utformningsförslagen.



Figur 12: Samhällsrisknivå för alternativ 1 med barriär jämfört med grundberäkning.



Figur 13: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med barriär jämfört med grundberäkning.

Utifrån Figur 11, Figur 12 och Figur 13 framgår det att barriären medför en signifikant riskreduktion. Individrisknivån är acceptabel inom exploateringsområdet och samhällsrisknivån ligger lägre inom ALARP-området för både alternativ 1 och 2.

Det ska noteras att det finns en risk för att vallen förvärrar konsekvenserna av en olycka, då den utgör ett oeftergivligt spårnära objekt som urspårande vagnar kan kollidera med. Av det skälet rekommenderas det att vallen kombineras med skyddsräl, vilket förhindrar urspårning av flera vagnar. Skyddseffekten av skyddsräl behandlas vidare i avsnitt 5.6.

5.2 OBRÄNNBART BULLERPLANK MED TÄT NEDERKANT

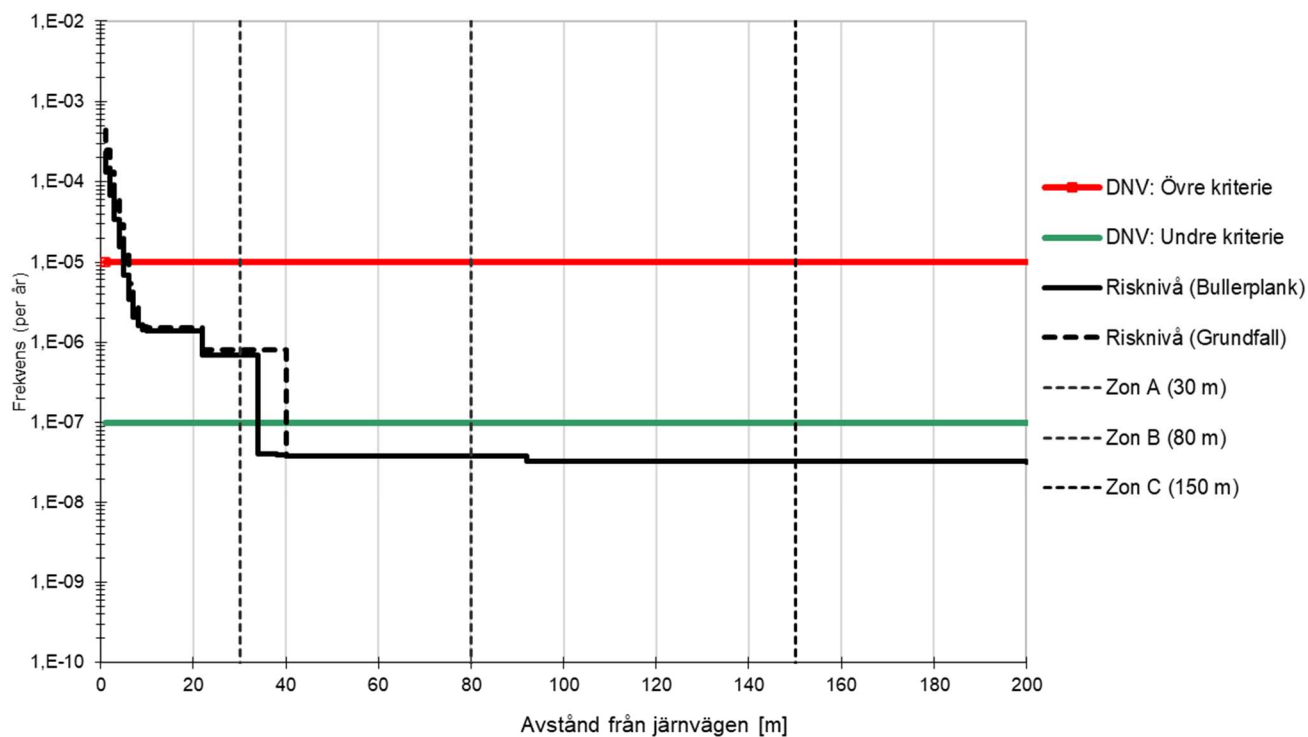
Obrännbart bullerplank med tät nederkant (eller liknande konstruktion) är ett alternativ till vall/mur. Bullerplanket (eller liknande konstruktion) antas placeras mellan Hamnbanan och spårvägen.

Åtgärden utreddes i ett kompletterande PM till riskbedömningen för Karlavagnsplatsen [12] och diskuterades i ansökningsprocessen för bygglovsansökan för skyddsbarriär i Karlastaden [13]. I bygglovsansökan argumenterades det för att det planerade bullerplanket mellan planområdet och Hamnbanan även skulle göras robust ur ett riskreducerande perspektiv. Med detta menades att den skulle göras avskärmande för personer på det befolkningsfria området. Åtgärden bedömdes som kostnadseffektiv, även om den resulterande, riskreducerande effekten är låg.

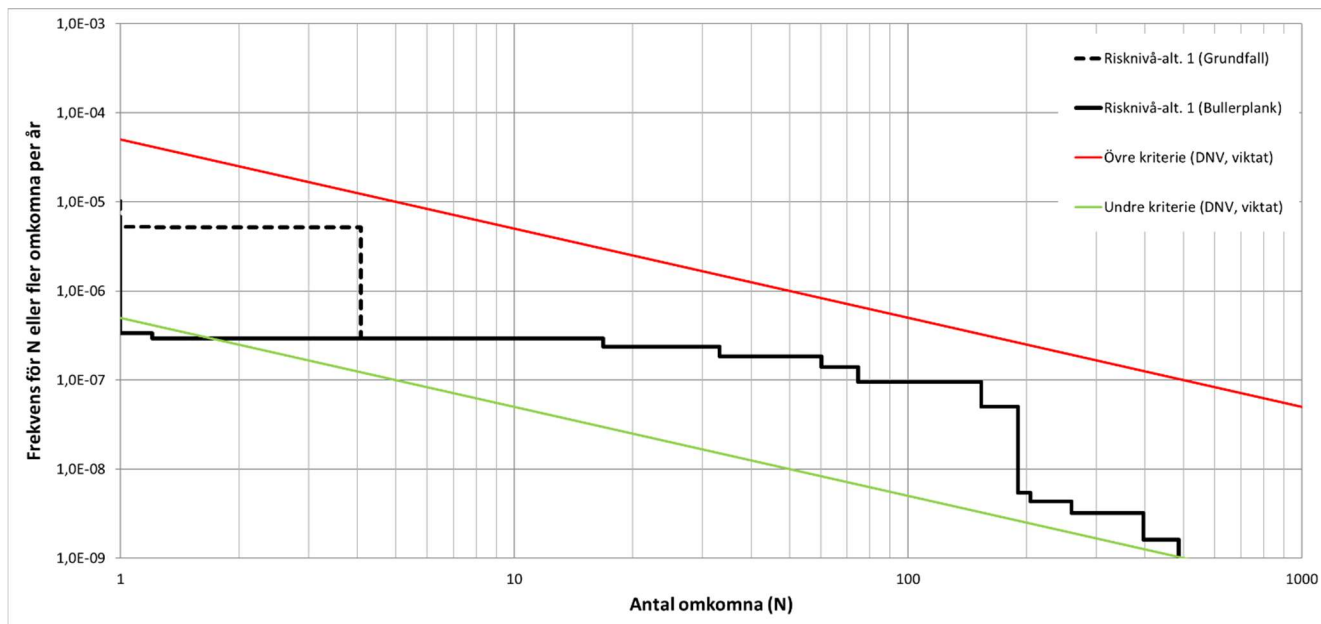
Enligt det kompletterande PM [14] krävställdes följande funktioner för det då aktuella bullerplanket:

- Spridning av brännbara vätskor mot grönområdet (planområdet) skulle motverkas,
- Planket skulle konstrueras i material som är motståndskraftiga mot strålningspåverkan från jetflamma och
- Planket skulle utföras tätt för att reducera spridning av tunga gaser in på planområdet.

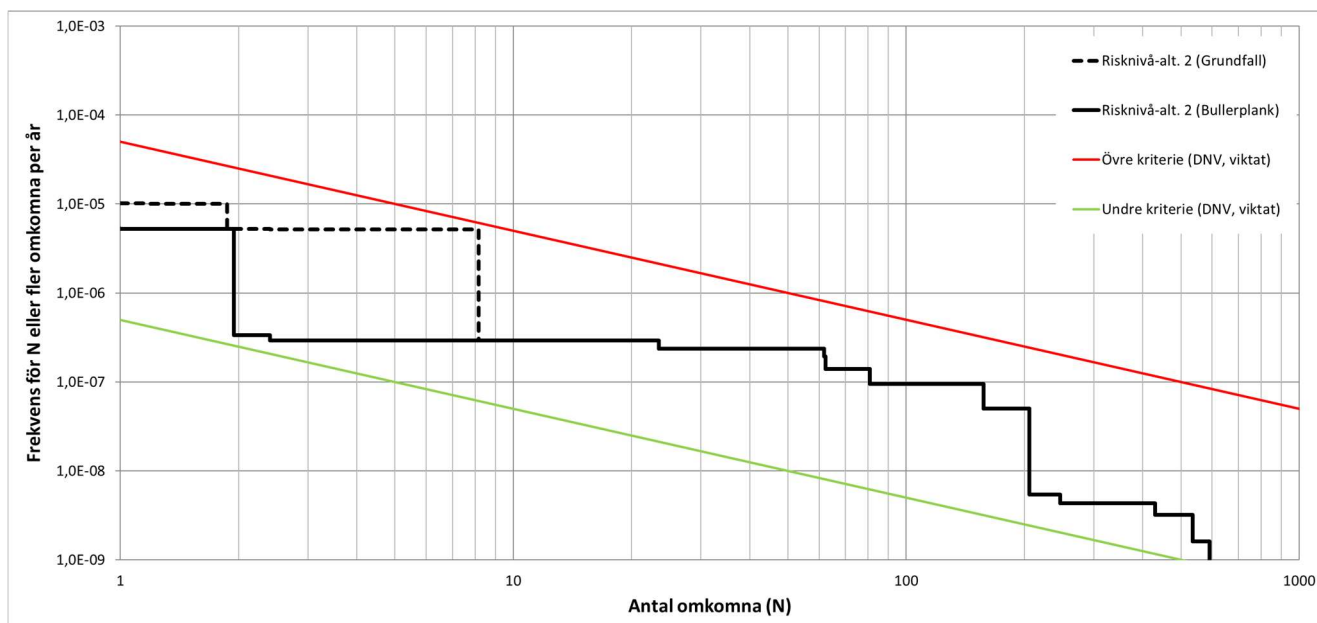
I den här riskbedömningen antas dock ett obrännbart bullerplank med tät nederkant (eller motsvarande konstruktion) enbart begränsa spridning av brännbara vätskor mot programområdena. Det håller inte kvar ett tåg på banvallen vid urspårning och är inte resistent mot jetbrand- eller explosionspåverkan. Med dessa förutsättningar har riskberäkningen genomförts, se Figur 14, Figur 15 och Figur 16.



Figur 14: Individrisknivå med förstärkt bullerplank mellan exploateringsområde och Hamnbanan, jämfört med grundfallet.



Figur 15: Samhällsrisknivå för alternativ 1 med förstärkt bullerplank jämfört med grundberäkning.



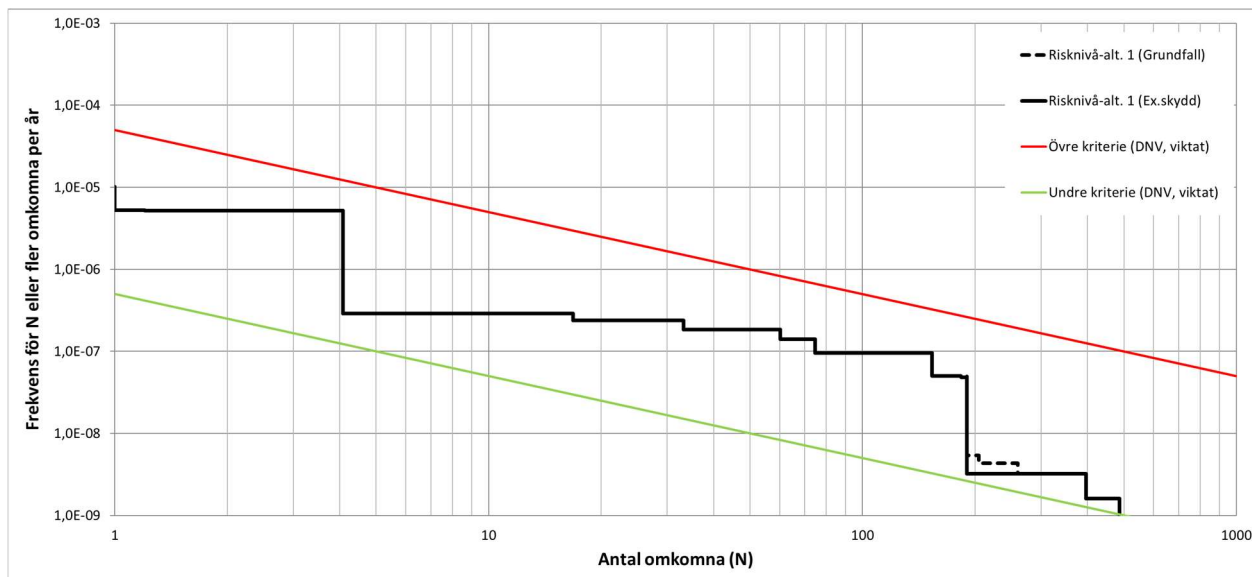
Figur 16: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med förstärkt bullerplank jämfört med grundberäkning.

Även om skillnaden i individrisknivå är marginell, så indikerar beräkningarna på en signifikant minskning av samhällsrisknivån. Detta till följd av att den brandfarliga vätskan inte kan bre ut sig mot exploateringsområdet, varvid påverkansområdet i händelse av pölbrand reduceras i den riktningen.

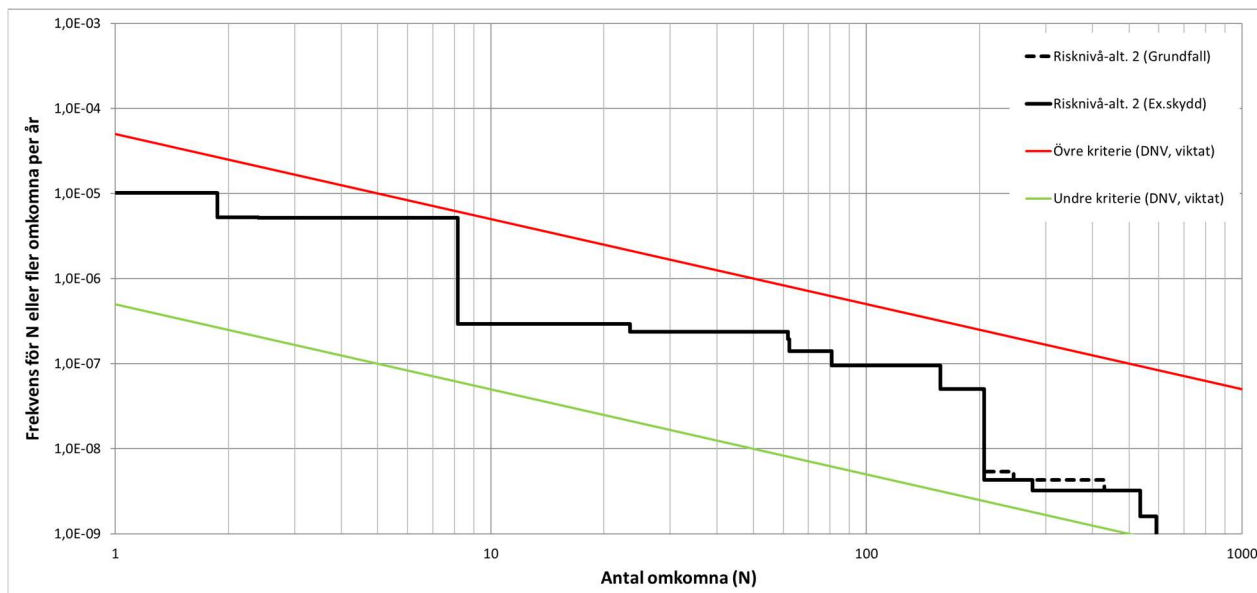
5.3 SKYDD MOT FORTSKRIDANDE RAS

Åtgärden innebär att stomme och fasad på byggnaderna närmast Hamnbanan (zon A) dimensioneras för att motstå en kraftig explosionslast utan att fortskridande ras uppkommer. Det ska noteras att den inte skyddar mot splitter eller personskador till följd av tryckstegring. Skyddseffekten inomhus för explosioner i beräkningen ansåts därför till 50 % i zon A, vilket kan jämföras med 0 % i grundberäkningen. Åtgärden undersöktes i riskutredningen för Frihamnen, där det rekommenderades att den studerades vidare i det fortsatta planarbetet [11].

Åtgärden har ingen inverkan på individrisknivån, då den inte skyddar personer utomhus. Inverkan på samhällsrisknivån framgår av Figur 17 och Figur 18.



Figur 17: Samhällsrisknivå för alternativ 1 med skydd mot fortskridande ras i zon A jämfört med grundberäkning, beteckningen "Ex.skydd" står för explosionsskydd.



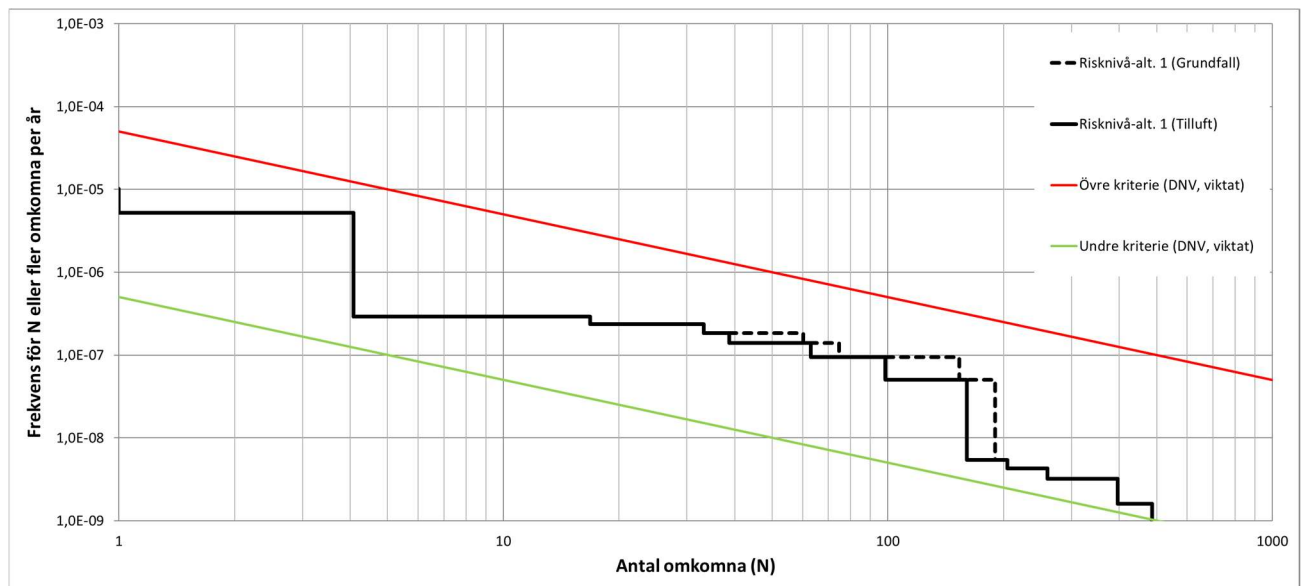
Figur 18: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med skydd mot fortskridande ras i zon A jämfört med grundberäkning, beteckningen "Ex.skydd" står för explosionsskydd.

Som Figur 17 och Figur 18 indikerar har skydd mot fortskridande ras endast en marginell inverkan på samhällsrisknivån. Detta då riskbidraget från RID-klass 1 (sprängämnen) och explosionsscenarier med RID-klass 5 (oxiderade ämnen) är mycket lågt.

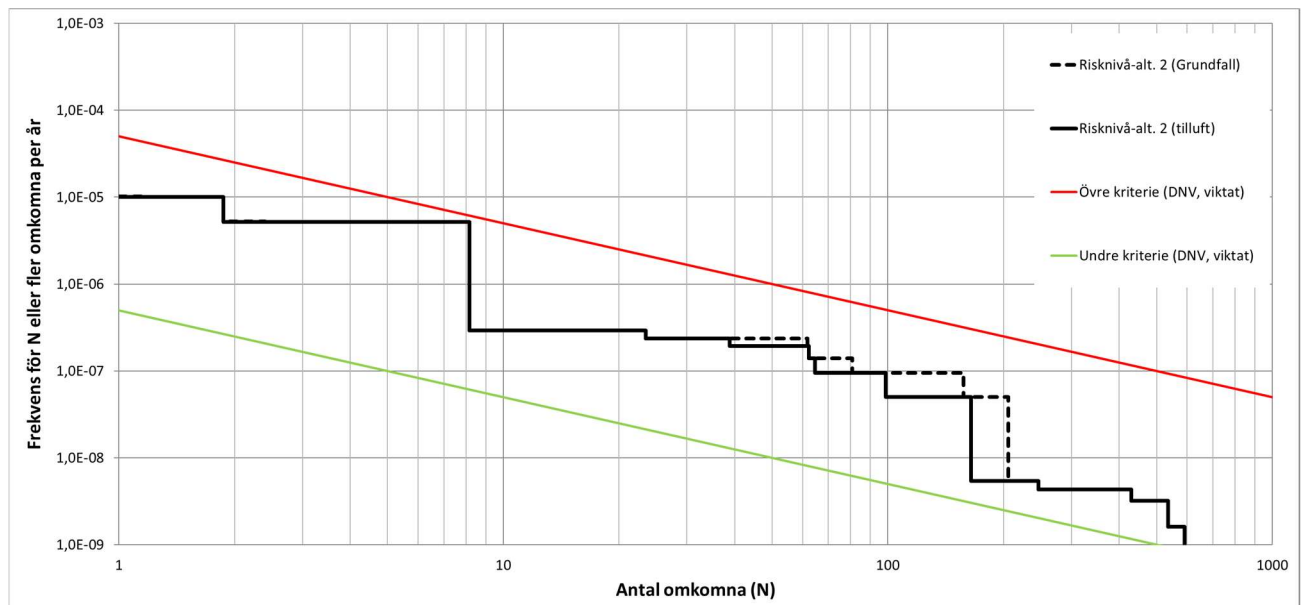
5.4 FRÅNVÄNT TILLUFTSINTAG

I samtliga riskbedömningar, som är omnämnda i avsnitt 1.5, föreslås det att tilluftsintaget till byggnaderna placeras frånvända från Hamnbanan samt förses med nödavstängningsfunktion. Syftet med åtgärden är att minska påverkan från gasutsläpp på personer inomhus.

Inom vilket avstånd från riskkällan som byggnader ska förses med frånvänt tilluftsintag varierar mellan de tidigare riskbedömningarna. Till detaljplanen för Frihamnen angavs ett avstånd på 300 meter [10] och för Karlavagnsplatsen gällde rekommendationen för hela planområdet [12]. För den här beräkningen ansätts frånvänd tilluft i samtliga byggnader i zon A och B. Skyddsnivån för påverkan från gasutsläpp ansätts till 95 % för personer inomhus, vilket kan jämföras mot grundberäkningens 50 %. När utsläppet når zon C förväntas det vara så pass utspädd att påverkan på personer inomhus är försumbart även om tilluftsintaget är vänt mot Hamnbanan. Resultat redovisas i Figur 19 och Figur 20.



Figur 19: Samhällsrisknivå för alternativ 1 med frånvänt tilluftsintag i zon A och B jämfört med grundberäkning.

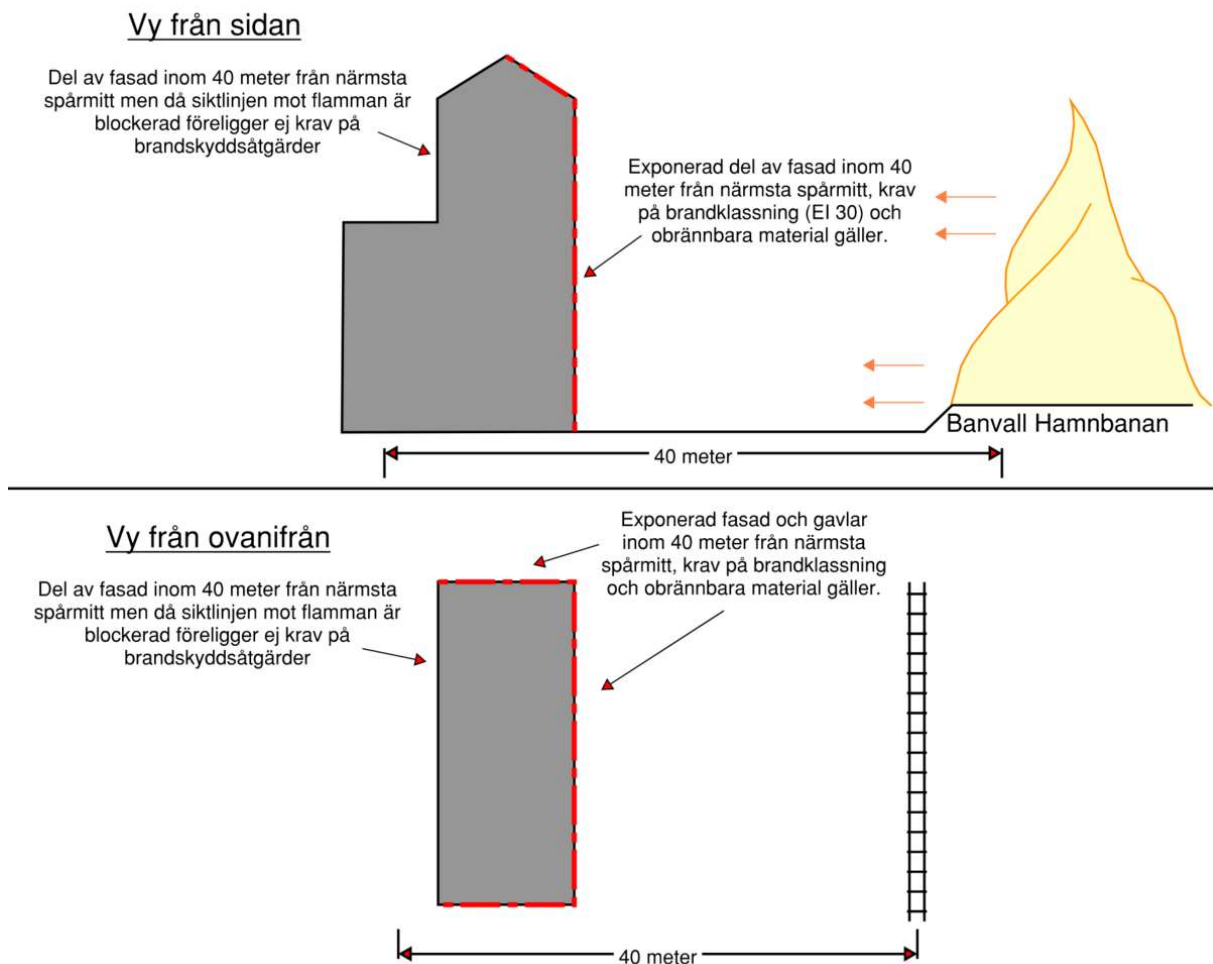


Figur 20: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med frånvänt tilluftsintag i zon A och B jämfört med grundberäkning.

Figur 19 och Figur 20 indikerar att samhällsrisknivån endast påverkas marginellt av att tilluftsintagen är vända bort från Hamnbanan.

5.5 BRANDSKYDDAD FASAD

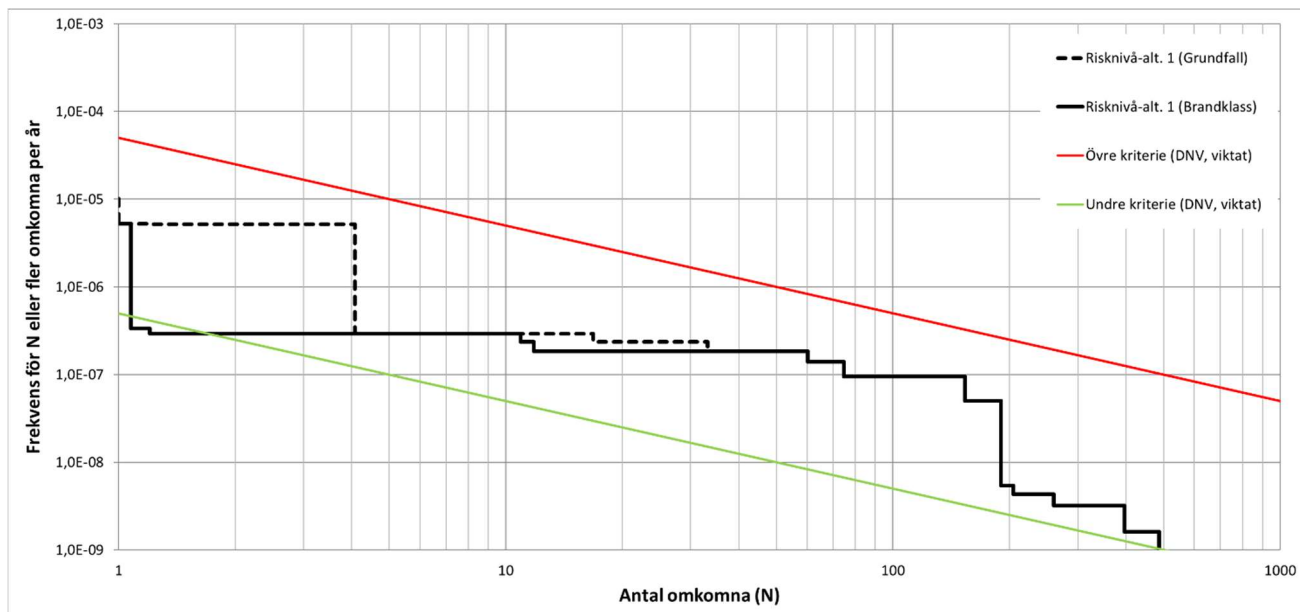
Åtgärden innebär att fasader och tak (inkl. dörrar), som vetter mot och ligger inom 40 meter från spårmit, utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 samt att ytskikten utförs i obrännbart material. Glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Det får inte finnas ventilationsdon i fasaden och samtliga fönster ska endast vara öppningsbara med hjälp av verktyg⁵. Åtgärden illustreras i Figur 21.



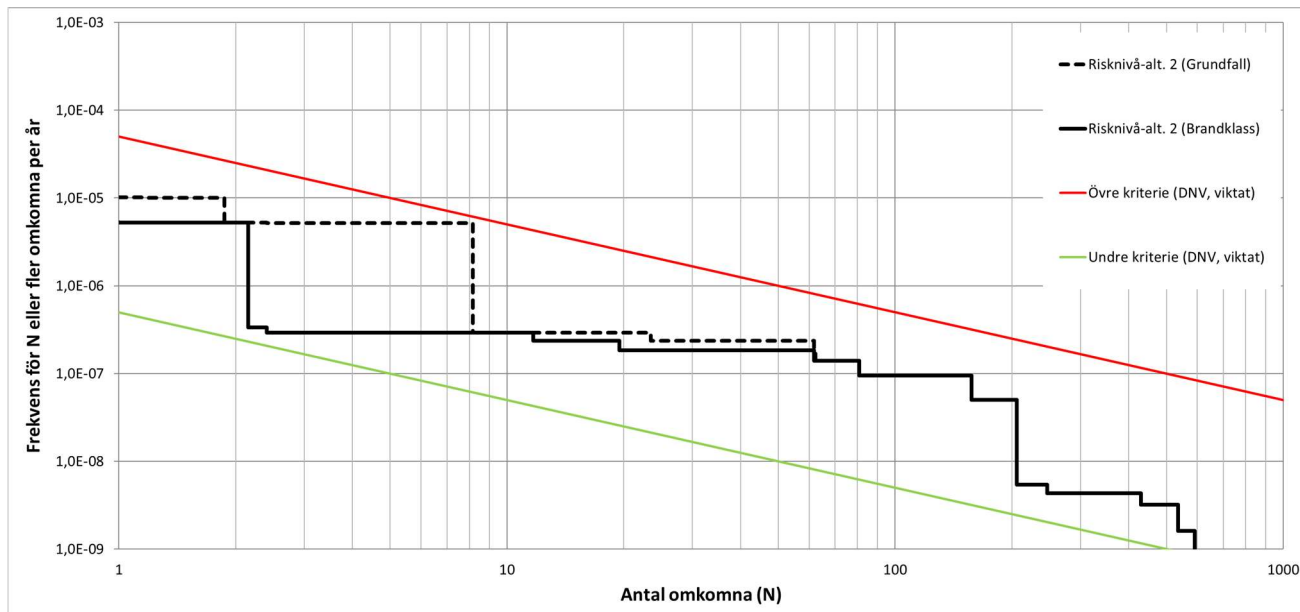
Figur 21: Förtydligande gällande vilka delar av fasader och tak (inkl. dörrar och fönster) inom 40 meter från närmsta spårmit som omfattas av kraven på brandskydd. Figuren är endast illustrativ och ej skalenligt.

Åtgärden syftar till att skydda personer inomhus mot infallande värmestrålning från bränder på spårområdet. Den ska även fördröja brandspridning till byggnaderna så pass länge att personer hinner utrymma och sätta sig i säkerhet. Av den anledningen ska åtgärden även kombineras med tillgång till utrymningsväg bort från Hamnbanan. Skyddsnivån för personer inomhus i zon A ökas från 50 % till 95 % med avseende på påverkan från pölbränder.

⁵ Det kan noteras att Länsstyrelsen Stockholm medger öppningsbara fönster, då de oftast förväntas vara stängda mot större trafikleder på grund av buller.



Figur 22: Samhällsrisknivå för alternativ 1 med brandklassad fasad jämfört med grundberäkning.



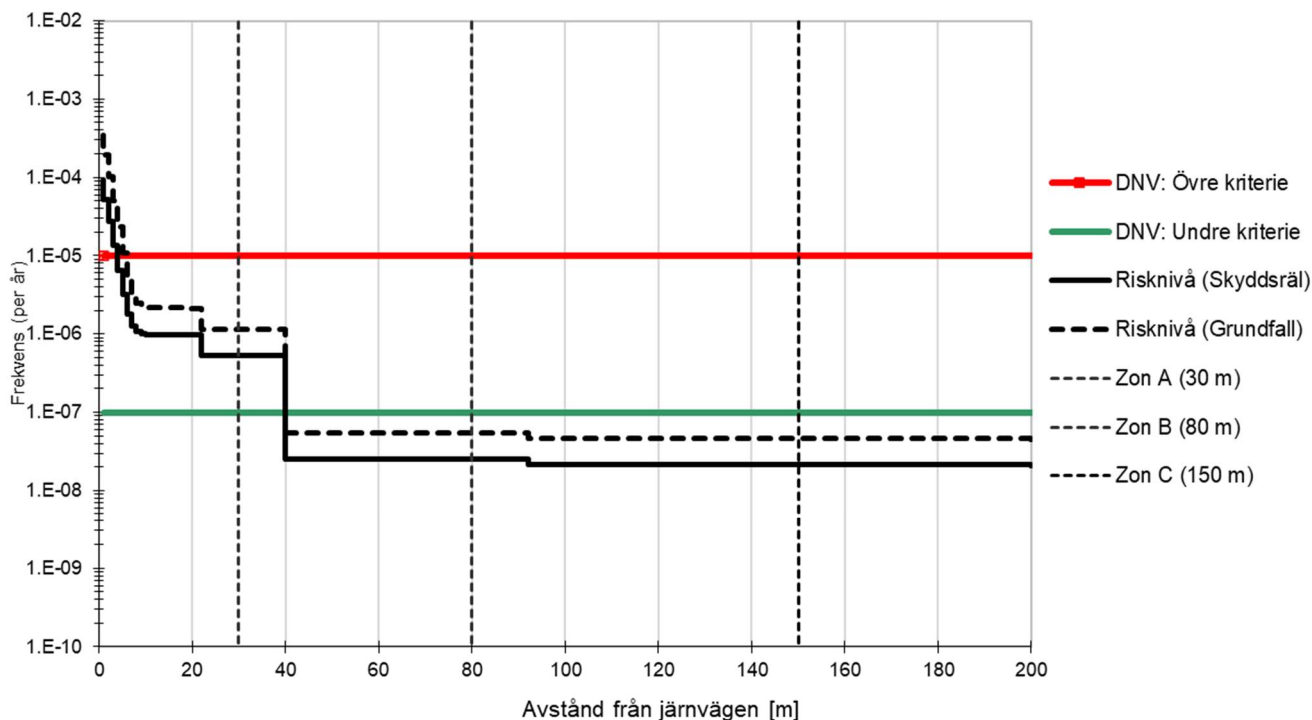
Figur 23: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med brandklassad fasad jämfört med grundberäkning.

Beräkningarna i Figur 22 och Figur 23 indikerar medför brandskyddad fasad (och utrymningsväg bort från Hamnbanan) en förhållandevis betydande riskreduktion.

5.6 SKYDDSRÄL

Skyddsräler, även kallade säkerhetsräler, är räler som placeras strax innanför de ordinarie rälerna på ett järnvägsspår. Deras huvudsakliga syfte är att hålla kvar urspårade järnvägshjul på rälen och bedöms vara som mest effektiva vid hastigheter under 160 km/h [26].

Skyddsräl begränsar spridningen på urspårade fordon och vagnar, vilket antas minska sannolikheten för att urspårade vagnar välter eller kolliderar med spårnära objekt. Schablonmässigt ansätts därav en minskning om 50 % av sannolikheten för punktering av transportkärlet till följd av urspärning, jämfört med grundberäkningen, i syfte att ge en indikation på hur stor riskreduktion införandet av skyddsräl på den aktuell järnvägssträckan skulle kunna medföra.



Figur 24: Individrisknivå med skyddsräl på Hamnbanan, jämfört med grundfallet. Schablonmässig olycksfrekvensminskning på 50 % har ansatts jämfört med grundfallet.

Som framgår av Figur 24 reduceras risken förhållandevis mycket av den minskade sannolikheten för punktering av transportkärlet givet en urspärningsolycka. Det ska dock noteras att det inte finns några kvantifierbara data som tyder på att skyddsräl medför en så pass kraftig frekvensminskning. Skyddsräl kan inte heller regleras i detaljplan och kan därför bli en komplicerad åtgärd att implementera. Slutligen konstateras det att skyddsräl framförallt är aktuellt om vall med motfylld mur enligt riskbedömningen för Karlavagnsplatsen (se avsnitt 5.1) ska anläggas, då kollision med muren kan förvärra en urspärningsolycka.

5.7 DISPOSITION AV PROGRAMOMRÅDENA

Disposition av planområdet lyfts som en riskreducerande åtgärd i samtliga riskbedömningar under avsnitt 1.5 och innebär att detaljplanen planeras utifrån ett riskreducerande perspektiv. Med det menas att bebyggelse, markytor för stadigvarande utomhusvistelse (skolgårdar, parker mm.), parkeringar osv. anläggs med den aktuella riskkällan i beaktande [10] [11] [12].

I aktuellt fall innebär det därför att planprogrammen ska utarbetas med transporter av farligt gods på Hamnbanan i åtanke. Utifrån individrisknivån i grundberäkningen (Figur 7) kan det avläsas att acceptabel risknivå uppnås 40 meter från Hamnbanan. Det anses därför vara ett lämpligt riktmärke gällande minsta avstånd placering av bostäder och känsliga verksamheter. Som programförslagen ser ut vid denna handlings upprättande medges ingen bostadsbebyggelse i zon A, dock indikerar beräkningarna att möjlighet för sådan markanvändning föreligger med avseende på risknivån från trafik på Hamnbanan.

Även där individrisknivån ligger på en acceptabel nivå så ska kostnadseffektiva, riskreducerande åtgärder beaktas. Då utomhusvistelse medför en högre risk för olyckspåverkan än inomhusvistelse, så anses det därför skäligt att programområdena utformas så att markytor för stadigvarande vistelse (skolgårdar, parker mm.) förläggs med bebyggelse mellan dem och Hamnbanan. Bebyggelsen avskärmar markytorna från olyckor på Hamnbanan och bedöms vara en förhållandevis enkel åtgärd att vidta i detaljplan.

Det ska slutligen noteras att disposition av programområdena inte ska betraktas som en kvantifierbar, riskreducerande åtgärd utan som snarare som en upplysning om att riskreduktion kan byggas in i en detaljplan, utan att specifika riskreducerande åtgärder vidtas.

5.8 SAMMANSTÄLLNING

I det här avsnittet sammanställs utvärderingen av de tänkbara riskreducerande åtgärder samt vilka som bedöms vara lämpliga och skäliga att införa som skyddsbestämmelser i kommande detaljplaner.

Tabell 9: Sammanställning av riskreducerande åtgärder med rekommendation kring vilka som anses vara skäliga att vidta.

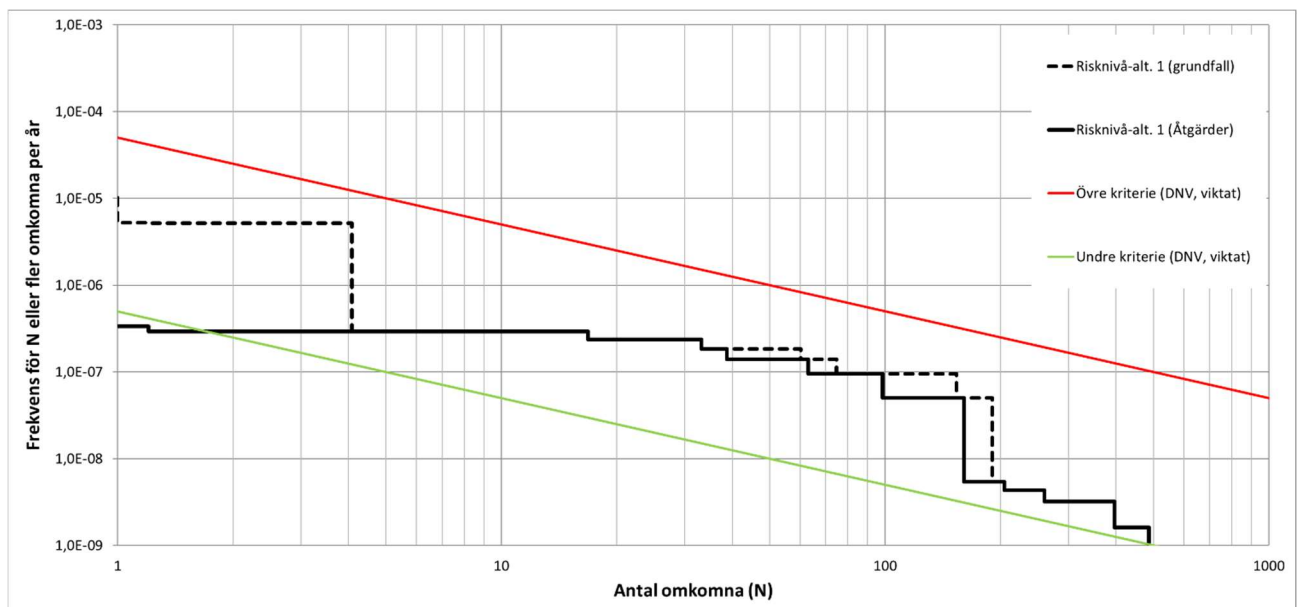
Åtgärd	Rekommenderad åtgärd	Kommentarer
Vall/mur	Nej	Åtgärden medför en hög skyddsgrad för personer på programområdena, men antas vara kostsam och ta mycket mark i anspråk. Den bedöms inte rimlig att vidta i ett inledande skede vid framtagande av detaljplan.
Obrännbart bullerplank med tät nederkant (eller likande konstruktion) i direkt anslutning till spårområdet.	Ja	Åtgärden medför en förhållandevis hög skyddsgrad till en låg kostnad och bedöms därför skälig att vidta.
Skydd mot fortskridande ras	Nej	Den förhållandevis lilla mängd explosiva ämnen som transporteras på Hamnbanan innebär att den riskreducerande effekten blir minimal. Åtgärden bedöms därför oskälig att vidta.

Åtgärd	Rekommenderad åtgärd	Kommentarer
Frånvänt tilluftsintag	Ja	Åtgärden medför ingen signifikant riskreduktion, men är enkel att vidta, givet att byggnaderna förses med centraliserad tilluft med nödavgångsfunktion. I bostadshus utan centraliserad tilluft ska tilluften kunna stängas av från respektive lägenhet istället. Åtgärden anses vara skälig.
Brandskyddad fasad	Ja	Åtgärden medför en signifikant riskreducerande effekt. Även om kostnaden kan bli hög bedöms den som kostnadseffektiv och skälig att vidta.

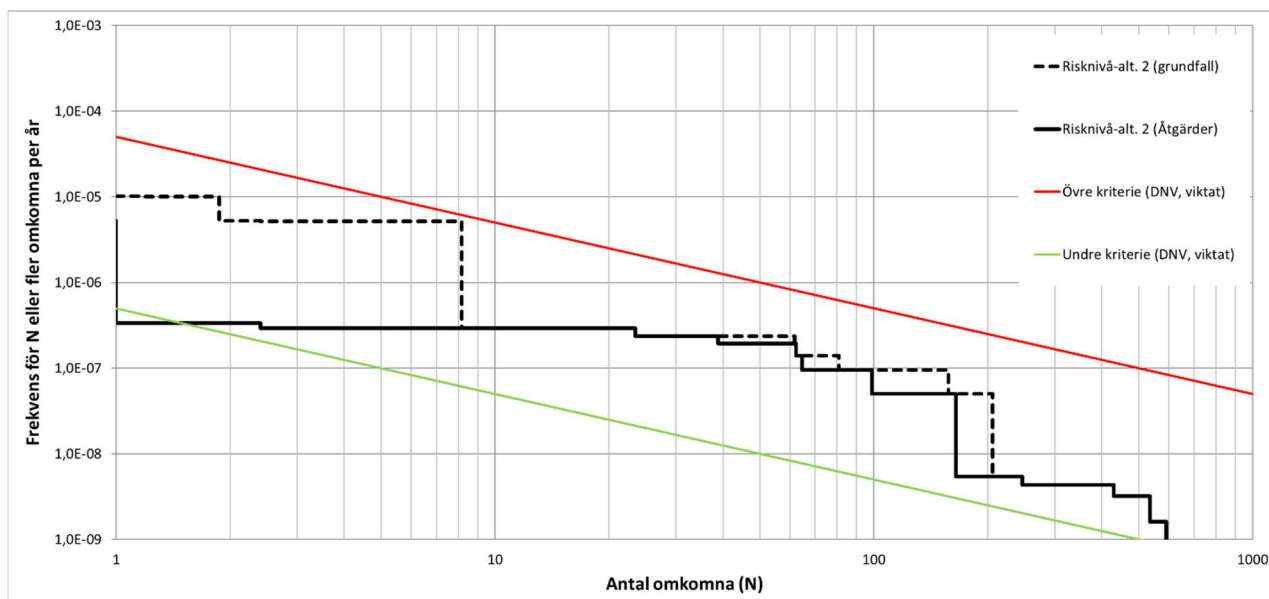
Skyddsriäl värderas ej, då den inte kan styras i detaljplan och dess riskreducerande effekt är okänd. Inte heller är disposition av programområden med, då det inte är en specifik riskreducerande åtgärd även om planområdenas utformning kan medge en inneboende riskreducerande effekt.

Det går inte att utesluta att obrännbart bullerplank med tät nederkant (eller likande konstruktion) i direkt anslutning till spårområdet skulle kunna skadas vid händelse av urspärning. Dvs. det finns rimligtvis fall då åtgärden inte lyckas begränsa spridningen av brandfarliga vätskor mot planområdet. Det bedöms dock inte nödvändigt att utreda föregående händelseförlopp i detalj då åtgärden föreslås kombineras med brandskydd av fasader.

Givet att samtliga rekommenderade åtgärder vidtas erhålls följande samhällsrisknivåer för de olika alternativen:



Figur 25. Samhällsrisknivå för alternativ 1 med samtliga rekommenderade åtgärder jämfört med grundberäkning.



Figur 26: Samhällsrisknivå för alternativ 2 med samtliga rekommenderade åtgärder jämfört med grundberäkning.

Som framgår av Figur 25 och Figur 26 medför de rekommenderade åtgärderna en signifikant riskreduktion. Merkostnaden för implementeringen av dessa åtgärder bedöms vara skälig i förhållande till erhållen riskreduktion. Samhällsrisknivån som erhålls för "typområdet" givet åtgärder kommer att vara något lägre än den för Karlstaden [12] vars detaljplan redan har vunnit laga kraft. I båda fallen bedöms den förhöjda risknivån vara tolerabel sett till alla rimliga skyddsåtgärder har vidtagits i kombination med att nyttan med stadsutvecklingen anses vara mycket stor.

Avslutningsvis bör poängteras att även om en utformning där känsliga verksamheter såsom förskolor förläggs inom Zon A (från 40 meter) kan anses vara tolerabelt utifrån beräknad individrisknivå bör kommunen fortfarande vara återhållsam. Länsstyrelsen riktlinje, se Figur 1, anger att exempelvis att markanvändningen *skola* bör placeras så långt bort från riskkällan som möjligt. Nyttan förenad med exploateringen av programområdena i sin helhet kan antas vara mycket stor vilket i sin tur motiverar varför en förhöjd risknivå kan anses tolerabelt. Detta innebär dock inte att alternativa utformningar som kan tänkas medföra en relativt högre nytta, exempelvis att prioritera förläggning av förskolor till Zon A i syfte att frigöra mer mark inom Zon B och C för ökat bostadsbyggande, per automatik är skäliga/tolerabla ur ett riskhänseende. Föregående exempel på planeringsstrategi för ett erhålla en ökad marginalnytta skulle inte minst vara tveksam utifrån ett etiskt perspektiv. Ställningstagandet baserat på resultatet från riskbedömningen är att känsliga verksamheter *kan få* förekomma inom Zon A och inte att de nödvändigtvis *bör* förläggas där. Kommunen behöver i samband med kommande detaljplaner fortsatt göra riskavväganden och beakta helheten.

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:

- Omfattningen av farligt gods godstransporter förbi exploateringsområdet (antalet transporter och fördelningen mellan förekommande RID-klasser),
- Befolkningstätheten,
- 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. Fördelningen mellan farligt gods-klasser diskuteras vidare under avsnitt 6.1. Avseende antalet godstransporter genomförs känslighetsanalyser på dessa parametrar i kapitel 7.

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. [27]

Det finns flera skäl till att 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. [27]

6.1 FÖRDELNING MELLAN FARLIGT GODS-KLASSER

Riskberäkningarna i kapitel 4 och 5 baseras på ansatsen att det råder samma fördelning mellan de transporterade farligt gods-klasserna på Hamnbanan som det gjorde mellan 2019 och 2023. Även om det inte kan garanteras att fördelningen förblir densamma, finns det vid denna handlings upprättande inga indikationer på att andelen av en specifik klass kommer att genomgå en signifikant ökning till följd av ett ökat antal transporter.

Det kan däremot konstateras att det prognosticeras en kraftig minskning av antalet transporter av brandfarlig vätska, till följd av att användningen av råolja och oljeprodukter i transportbranschen mer eller mindre förväntas upphöra [7]. Även om det innebär att andelen av övriga farligt gods-klasser ökar, så innebär det också att det totala antalet transporter av farligt gods minskar. Följaktligen bedöms den historiska klassfördelningen och antalet transporter av farligt gods, vilka ansätts i beräkningarna, vara konservativ.

6.2 RESENÄRER PÅ SPÅRVÄGEN

Mellan Zon A och närmsta spårmitt Hamnbanan, dvs. inom 0-30 meter planeras för en ny spårväg. Det bör understrykas att spårvägsprojektet är fristående från de aktuella planprogrammen för Frihamnen respektive Lindholmen. Riskpåverkan på spårvägsresenärerna till följd av järnvägstransporterna på Hamnbanan har värderats i ett PM som COWI på uppdrag av stadsbyggnadskontoret tog fram år 2020 [9]. I denna utredning konstateras att ett skyddsavstånd på 10 meter bör upprätthållas mellan spårvägen och Hamnbanan med hänsyn till risken för mekanisk påverkan vid händelse av urspårning. Vidare anges att individrisknivån för de individer som nyttjar spårvägen ligger inom ALARP samt att människor vid hållplatslägena, och även i spårvagnar i trafik, ger ett visst bidrag till samhällsrisknivå (ingen ansats till beräkning av detta bidrag genomförs dock). Det huvudsakliga argumentet till varför spårväg inom 0-30 meter från Hamnbanan bör anses acceptabelt är att både Länsstyrelsens riktlinje [1], samt GÖP 1999, rekommenderar/accepterar placering av transportfunktioner inom 30 meter från järnväg [9]. Föregående utesluter dock inte att resenärernas möjliga bidrag till samhällsrisknivån kan behöva inkluderas vid samhällsriskberäkningen för Frihamnen och Lindholmen.

Inledningsvis kan konstateras att de planerade hållplatslägena för spårvägen inom Frihamnen och Lindholmen ligger förhållandevis långt ifrån Hamnbanan, se Figur 27. Resenärer som tillfälligt uppehåller sig på hållplatserna bedöms därmed redan vara upptagna i samhällsriskberäkningen då dessa i huvudsak kan förväntas utgöras av boende och arbetande inom planprogramsområdena. Kärnfrågan blir då huruvida resenärerna på spårvagnarna behöver inkluderas i beräkningen när de på vissa delsträckor passerar inom 0-30 meter från Hamnbanan.



Figur 27. Placering av hållplatslägena för den nya spårvägen.

WSP:s bedömning är att ett sådant förfarande, dvs. att inkludera resenärerna, blir olämpligt givet vilka praktiska implikationer detta skulle få för planläggningen. Riskbilden inom 0-40 meter från Hamnbanan domineras av olycksscenarioer kopplade till transporterna av brandfarliga vätskor. En av slutsatserna från analyserna i Kapitel 5 är att denna riskpåverkan på bebyggelsen inom Zon A kan hanteras på ett tillfredsställande sätt genom att i kommande detaljplaner kravställa brandskydd av fasader samt tillse möjlighet till utrymning bort från järnvägen.

Om de beräknande samhällsrisknivåerna givet föreslagna skyddsåtgärder i Figur 25 och Figur 26 antas öka markant när bidraget från spårvagnsresenärerna inkluderas blir slutsatsen att spårvägen i så fall är styrande för samhällsrisken. Eftersom skalan är logaritmisk skulle införandet av ytterligare skyddsåtgärder inom planprogramsområdena i detta fall endast medföra en tämligen begränsad reduktion av den totala samhällsrisknivån. Dvs. i detta fall är "problemet" ur ett samhällsriskperspektiv att spårvägen är placerad inom 30 meter från Hamnbanan snarare än att marken bortom 30 meter exploateras.

En annat argument till varför spårvägsresenärerna inte bör inkluderas i samhällsriskberäkningen är att en sådant förhållningsätt rimligtvis kan extrapoleras till att eventuella resenärer på järnvägen också ska beaktas. Föregående är förvisso inte direkt applicerbart på Hamnbanan som enbart tillåter godstrafik men samtliga av Sveriges stambanor har kombinerad gods- och persontrafik. Vid planläggning intill dessa järnvägar är praxis att inte inkludera eventuellt omkomna resenärer i samhällsrisken. Argumentationen består då i huvudsak av att resenärerna själva nyttjar infrastrukturen och därigenom borde acceptera högre risker (dvs. i förhållande till en person vars bostadshus ligger i direkt anslutning till järnvägen). Detta argument är rimligtvis dock främst giltigt utifrån ett individperspektiv och utesluter inte att resenärerna som grupp skulle kunna ingå samhällsrisken. Därutöver har resenärer generellt ingen direkt nytta av farligt gods-transporter förekommer på samma infrastruktur. Anledningen till att resenärer/trafikanter inte inkluderas är att detta förfarande, som tidigare berörts, skulle kunna skapa orimliga förutsättningar för samhällsplaneringen.

Ett pragmatiskt förhållningsätt skulle kunna vara resenärer/bilister generellt behöver acceptera en högre risk när de nyttjar infrastruktur och att denna infrastruktur, för att samhällsplaneringen ska bli rimlig, behöver samlokaliseras. De som nyttjar infrastrukturen behöver därigenom även indirekt acceptera att de utsätts för riskpåverkan från närliggande transportleder. Då persontrafik inte förekommer på Hamnbanan kan konfigurationen med närliggande spårväg i princip liknas vid den som råder på Sveriges stambanor, dvs. person och godstransporter i nära anslutning till varandra. Resenärerna på spårvägen bör därigenom inte betraktas som tredje man och inkluderas i samhällsrisken när lämplig markanvändning i Hamnbanans omgivning med hänsyn till riskpåverkan utreds.

7 KÄNSLIGHETSANALYS

För att bedöma resultatets robusthet genomförs känslighetsanalys av följande indata:

- Godstrafik på Hamnbanan (specifikt ökad omfattning av farligt gods-transporter)
- Persontäthet inom exploateringsområdet

Dessa parametrar är lämpliga att analysera vidare, då de är förknippade med relativt stor osäkerhet och bedöms kunna ha förhållandevis stor inverkan på beräkningsutfallet.

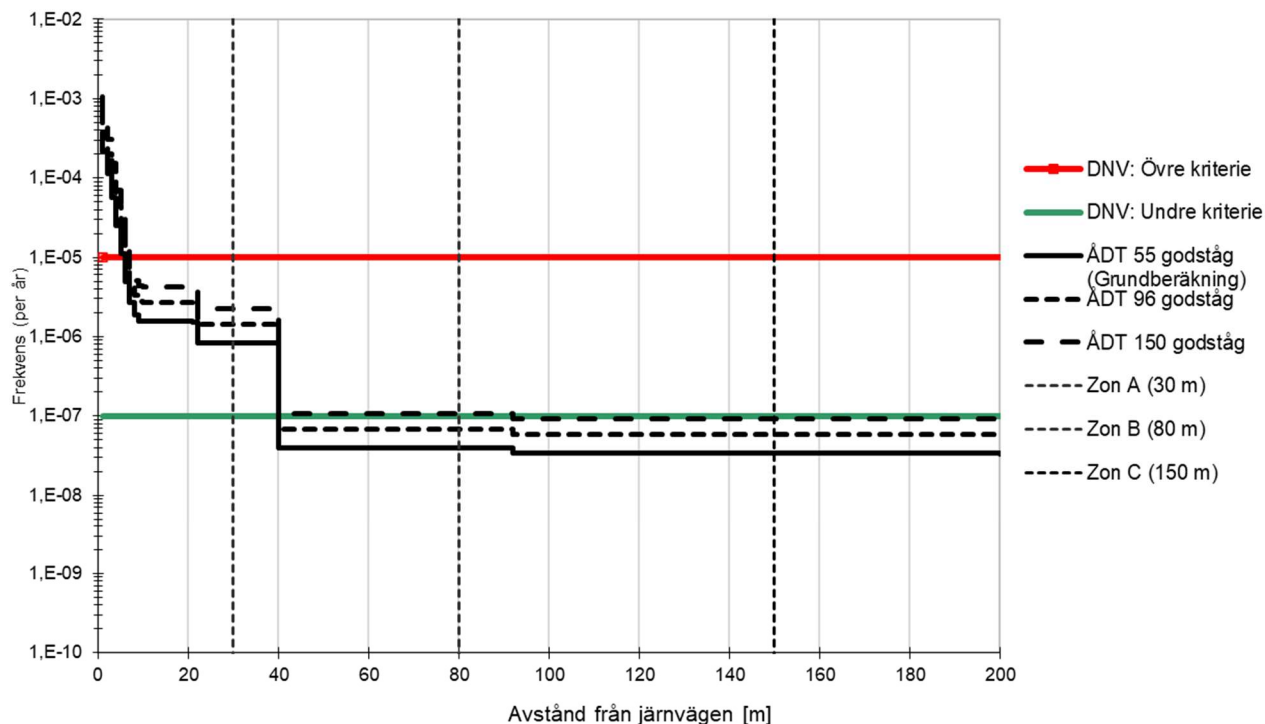
Känslighetsanalyserna jämförs med resultaten i grundberäkningarna och följaktligen ansätts inga av de riskreducerande åtgärderna i kapitel 5.

7.1 ÖKAD OMFATTNING AV FARLIGT GODS-TRANSPORTER

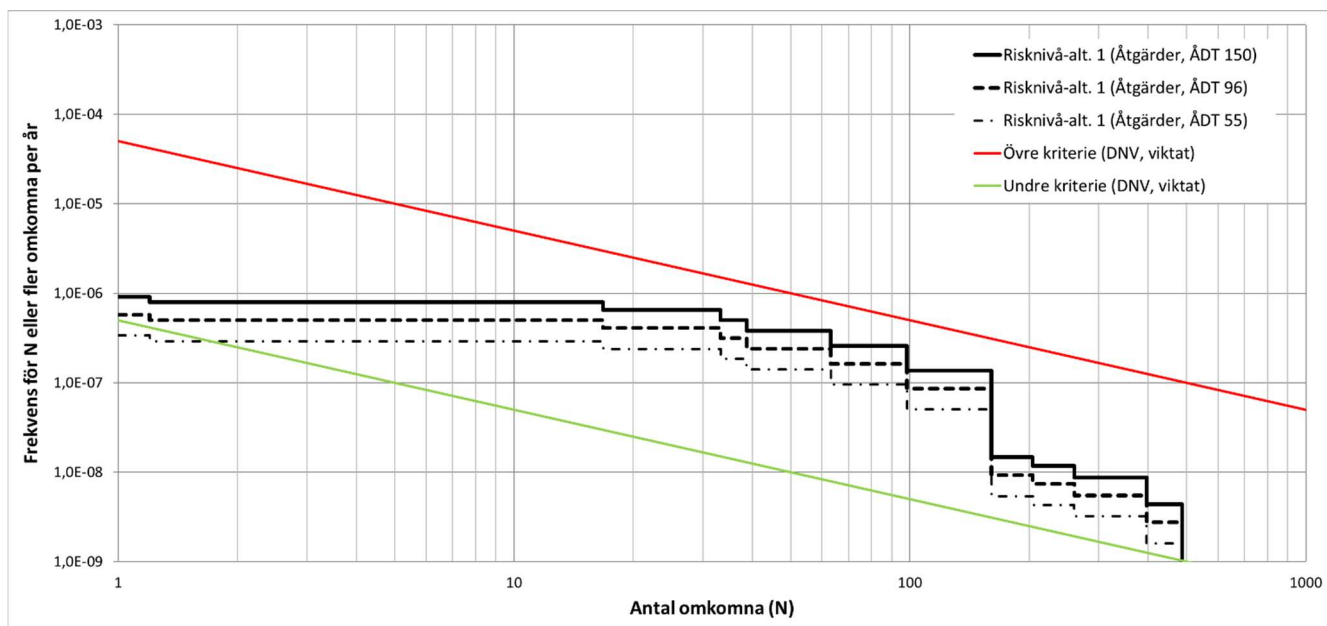
I grundberäkningen antas årsmedelsdygnstrafiken (ÅDT) på aktuell järnvägssträcka (Göteborg Kville-Eriksberg) uppgå till 55 godståg per dygn vilket är en faktor högre ~1,5 i jämförelse med basprognosen för sträckan horisontår 2045 [7]. I jämförelse skulle godstrafiken uppgå till cirka 96 tåg per årsmedeldygn horisontår 2045 om tillväxten förblev densamma som mellan 2019 och 2023, dvs. en ökning på omkring 0,8 % per år. Vidare har tidigare riskbedömningar utgått ifrån att en dubbelspårsutbyggnad av aktuell delsträcka av Hamnbanan skulle medföra en årsmedeldygns trafik på 150 godståg.

I den här känslighetsanalysen studeras hur risknivåerna för planprogramsområdena givet föreslagna skyddsåtgärder skulle påverkas vid en ökad trafikering av Hamnbanan i förhållande till grundberäkningen. Det ska dock framhållas att samhällsrisknivån för planområdet främst beror på omfattningen av farligt gods-transporter på Hamnbanan. Grundantagandet i beräkningsmodellen är att en ökning av ÅDT avseende godståg genererar motsvarande ökning av antalet framförda farligt gods-vagnar på sträckan⁶. Skillnaden vad gäller antalet framförda farligt gods-vagnar vid ÅDT 55 kontra ÅDT 150 blir således en faktor ~3. Att specifikt farligt gods-transporterna på Hamnbanan skulle öka i en sådan omfattning får dock utifrån vad som diskuterats i avsnitt 6.1 anses vara osannolikt. Detta innebär även att en framtida trafikökning på Hamnbanan inte per automatik kommer att medföra en signifikant höjning av samhällsrisknivån.

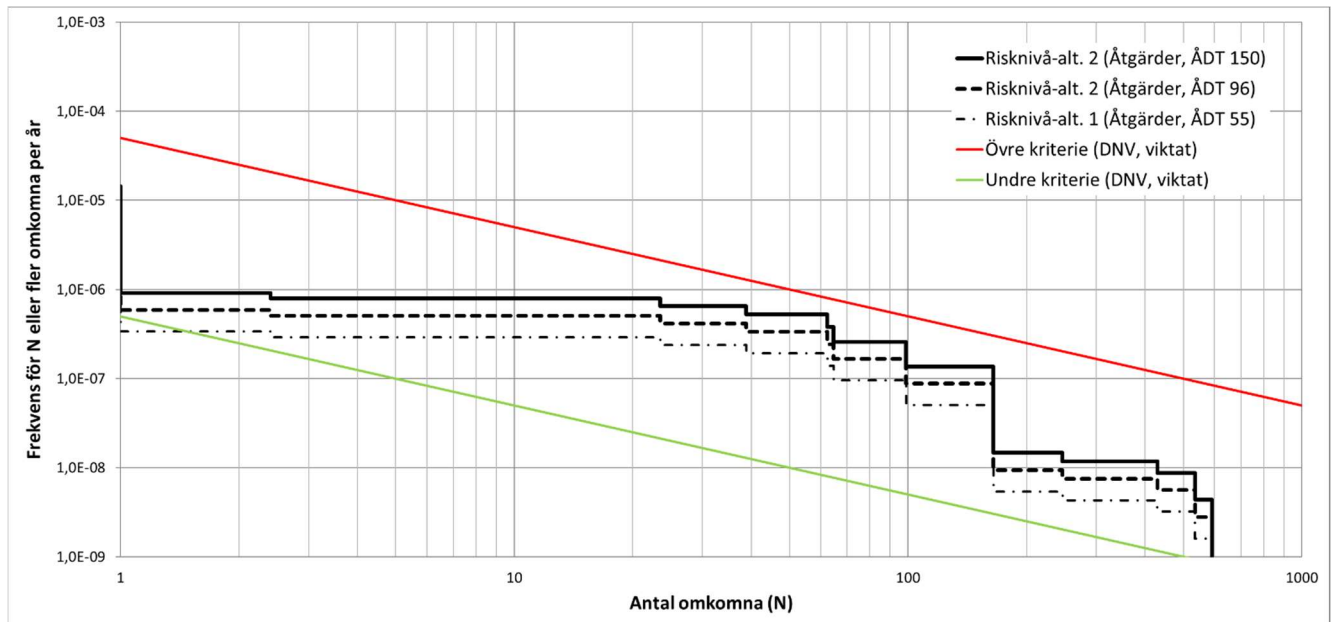
⁶ Om antalet godståg ökar med en faktor 3 antas det totala antalet framförda farligt gods-vagnar per sträckan öka med motsvarande faktor. Dvs. andelen farligt gods-vagnar sett till totala antalet framförda godsvagnar på sträckan antas vara konstant.



Figur 28: Individrisknivå med ökad godstrafik, jämfört med grundfallet.



Figur 29. Samhällsrisknivå för alternativ 1 beroende på trafikeringen på Hamnbanan (förutsätter att trafikökningen genererar motsvarande ökning av antalet farligt gods-transporter på sträckan).



Figur 30: Samhällsrisknivå för alternativ 2 beroende på trafikeringen på Hamnbanan (förutsätter att trafikökningen genererar motsvarande ökning av antalet farligt gods-transporter på sträckan).

Utifrån Figur 28, Figur 29 och Figur 30 framgår det att den ökade godstrafiken medför en generell ökning av båda riskmåten. Samtidigt överstiger inte samhällsrisknivån det övre kriteriet i någon av känslighetsanalyserna. Utformningen av planprogramsområdena givet införandet av föreslagna skyddsåtgärder bedöms därigenom vara förhållandevis robust gentemot ökad trafikering och omfattning av farligt gods-transporter på sträckan. Notera att samhällsrisknivå för "typområde" givet åtgärder även vid en ÅDT om 150 godståg fortsatt understiger den för Karlastaden.

7.2 BOSTÄDER I ZON A

Efter inkommit önskemål från beställaren undersöks möjligheten att planera för viss bostadsbebyggelse i zon A. Det nya alternativa utförandet av programområdena benämns som alternativ 3. Följande befolkningstätheter gäller:

Tabell 10: Befolkningstäthet inom programområdena, alternativ 3.

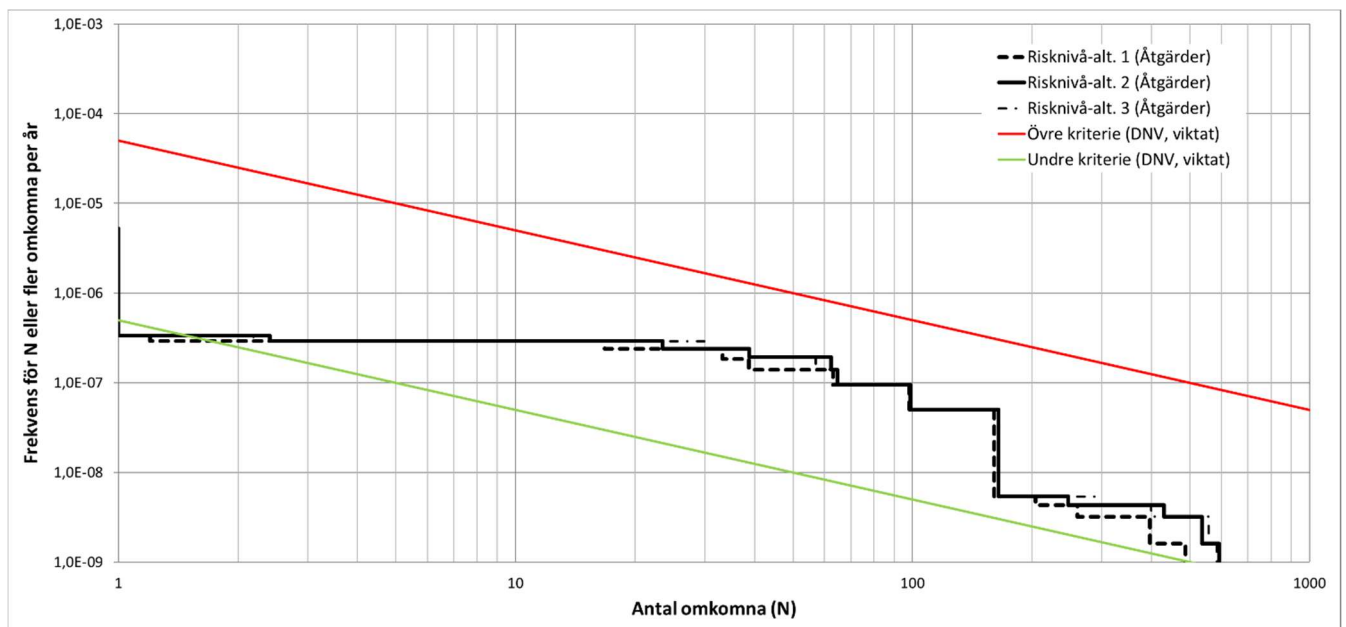
Indata	Zon A		Zon B		Zon C	
Avstånd från spår	30–80 m		80–150 m		150–300 m	
Bebyggelsestyp	Verksamheter	Bostäder	Verksamheter	Bostäder	Verksamheter	Bostäder
Dagbefolkning	5309	0	763	0	5327	0
Nattbefolkning	0	851	0	4933	0	10 169
Dagbefolkning/km ²	44 242	0	4515	0	14 436	0
Nattbefolkning/km ²	0	7092	0	29 189	0	27 558

Med samma metod som användes i avsnitt 4.2 tas dimensionerande befolkningstätheter fram för samhällsriskberäkningen. Följande befolkningstätheter erhålls:

Tabell 11: Ansatta befolkningstätheter per zon för känslighetsanalys, alternativ 3.

Zoner	Zon A	Zon B	Zon C	Zon D
Avstånd från spår	30–80 m	80–150 m	150–300 m	300–500 m
Personer/km ² dag	37 167	10 909	18 438	18 438
Personer/km ² natt	15 230	27 173	27 689	27 689

Precis som för grundberäkningen har ingen data för zon D erhållits. Samma befolkningstäthet som för zon C har ansatts. I den här beräkningen ansätts även rekommenderade åtgärder i avsnitt 5.8 och resultatet jämförs med den resulterande risknivån för alternativ 1 och 2 efter vidtagna åtgärder (Figur 25 och Figur 26). Följande resultat erhålls.



Figur 31: Samhällsrisknivå för alternativ 3 jämfört med alternativ 1 och 2. Rekommenderade åtgärder vidtagna.

Figur 31 indikerar ingen signifikant skillnad i samhällsrisknivå mellan alternativ 1, 2 och 3. Även om risknivån för alternativ 3 är något högre än de andra alternativen, så understigs det övre acceptanskriteriet med bred marginal. Följaktligen bedöms behovet av riskreducerande åtgärder vid alternativ 3 inte vara högre jämfört med de övriga alternativen, givet studera omfattning av bostadsinslag i Zon A.

8 SLUTSATSER

Riskbedömningen visar att individ- och samhällsriskerna ligger inom ALARP-området för både alternativ 1 och 2. Utifrån dessa resultat dras följande slutsatser, vilka bör beaktas vid framtagande av framtida detaljplaner:

- Följande riskreducerande åtgärder bedöms skäliga i förhållande till erhållen riskreduktion:
 - Bullerplank eller liknande konstruktion uppförs i direkt anslutning till spårområdet och utförs i obrännbart material samt med tät nederkant för att förhindra utläckt brandfarlig vätska från att rinna mot programområdena.
 - I byggnader med centraliserat tilluftssystem placeras tilluftsintagen så att de är vända bort från Hamnbanan. Tilluften förses även med nödavstängningsfunktion. I bostadshus utan centraliserad tilluft möjliggörs avstängning från respektive lägenhet istället.
 - Fasader och tak (inkl. dörrar) till byggnader inom zon A, som vetter mot och ligger inom 40 meter från Hamnbanan, ska utföras i lägst brandteknisk klass EI 30 samt ha obrännbara ytskikt. Glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.
 - Byggnader inom 40 meter ska utformas så att utrymning bort från järnvägen medges.
- Om Hamnbanan skulle förses med skyddsräll bedöms detta medföra ett ökat skydd mot urspårning och i förlängningen farligt gods-olyckor. Åtgärden går dock inte att styra i detaljplan men kan hanteras i vidare dialoger mellan staden och Trafikverket.
- Individrisken är acceptabel bortom 40 meter från Hamnbanan och markanvändning i form av skolgårdar, parker och annan utomhusmiljö för stadigvarande vistelse kan därför förläggas där. Det anses dock vara skäligt att framtida detaljplaner utformas så att dessa markytor avskärmats från Hamnbanan av framförvarande byggnader för att inte exponeras direkt för olyckspåverkan.
- Alternativ 3 (viss andel bostäder i zon A) innebär ingen signifikant ökning av samhällsrisknivån jämfört med de övriga utformningsalternativen och samma riskreducerande åtgärder rekommenderas.

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.

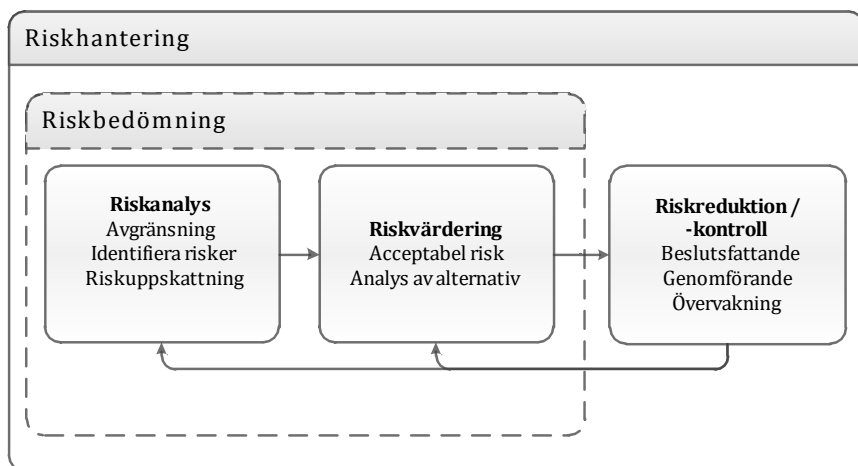
A.1. Begrepp och definitioner

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 [28] [29], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 32.

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 32. 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.

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* [17]. 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) uppgår till ~32 900 (20 100 godståg och 12 800 tjänstetåg) .
- Varje godståg antas i medeltal ha 30 vagnar.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan har ansatts till 1 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

B.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 12 [17]:

Tabell 12. 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
Vagnfel		
Övriga tåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (Övriga tåg)
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 [17] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

B.1.3 Plankorsningsolyckor

Längs med exploateringsområdet finns inga plankorsningar.

B.1.4 Växling

Det är vid denna handlings upprättande inte fastställt om det kommer finnas växlar på den studerade sträckan av Hamnbanan. För att ta höjd för eventuella växlar har beräkningarna genomförts med föresatsen att varje tåg på sträckan i genomsnitt passerar en järnvägsväxel per km spår.

B.1.5 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 12 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:

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

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

I Tabell 13 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 13. 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	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi(\text{godståg})$
Urspårning övriga tåg	Frekvens (per år)
Vagnfel övriga tåg	$\varphi(\text{vagnfel övriga tåg})$
Solkurvor	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Spårlägesfel	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel övriga tåg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi(\text{övriga tåg})$

B.1.6 Sannolikhet för kollision med objekt i omgivningen

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 Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777-2⁷ för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [18]. I UIC-modellen har hastigheten (km/h) på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna. Modellen anger att sannolikheten (P2) för kollision mellan urspårade fordon och spårnära objekt, exempelvis en byggnad eller ett brostöd, kan uppskattas som funktion av det vinkelrätta avståndet mellan objektet och spårmitte enligt nedanstående samband [19]:

$$P2 \text{ (enkelspår)} = [(b - a)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$P2 \text{ (dubbelspår)} = [(b - a)/b]^2 + [(b - (a + 4,2))/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$d = \text{den längsta urspårningssträckan längs med spåret} = V^2/80$$

$$b = \text{det urspårade tåget maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter} = V^{0,55}$$

$$a = \text{det vinkelrätta avståndet mellan spårcentrumlinjen och ett givet objekt}$$

$$c = \text{sträckan parallell med spåret på avståndet } a \text{ som riskerar att träffas av urspårade fordon}$$

$$c = (d/b) \cdot (b - a)$$

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 [30] 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 14 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 14. 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 [30].	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 [31].
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.

⁷ UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
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 [32]. 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 5,54E-3 per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [33]. 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).

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.

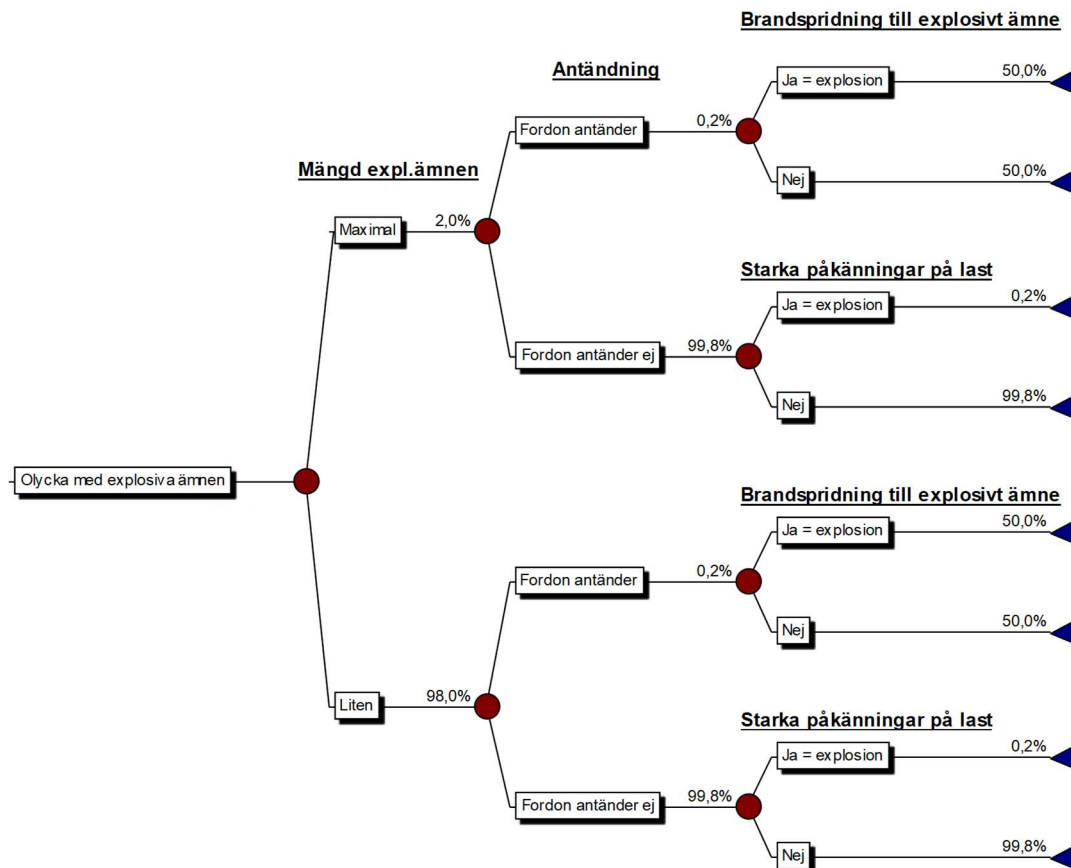
Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [34]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga 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 [35].

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 [36] [37]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [24].

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 [38]. 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 [39] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 33 redovisas möjliga scenarier.



Figur 33 Händelsesträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [40], 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 [17]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

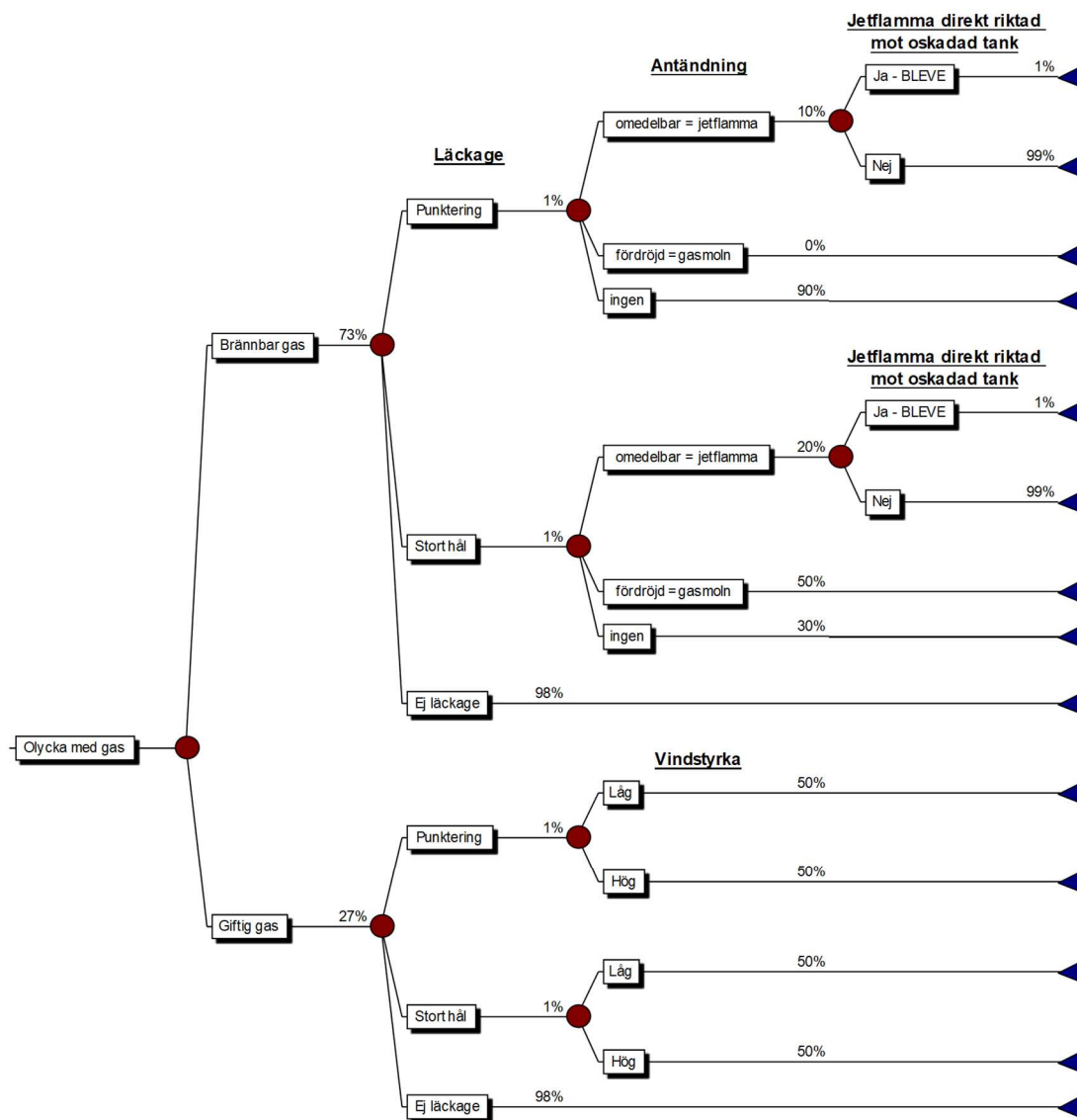
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln 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 [41] 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 % [41]. 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 34 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

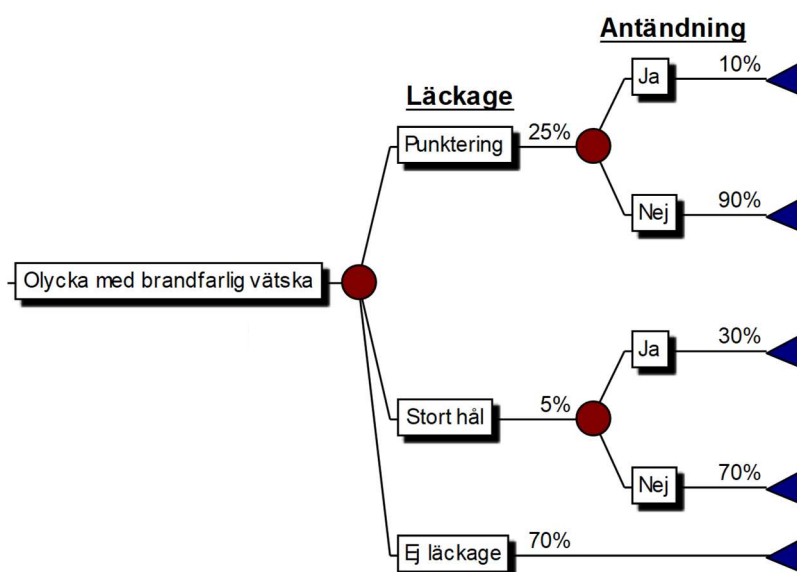


Figur 34. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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 urspärning är 25 % och 5 % [17]. 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 % [17]. I Figur 35 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 35. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

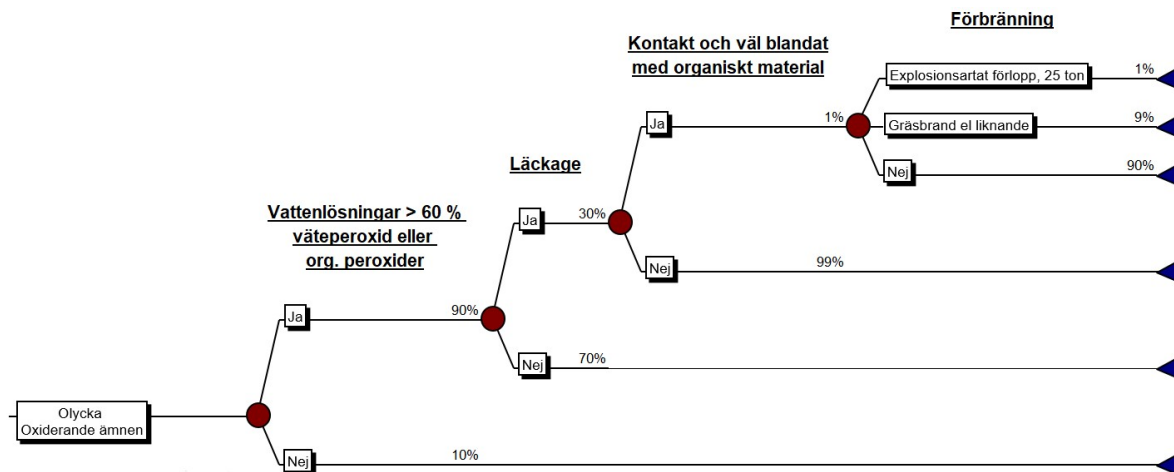
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. 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 [34] anger att 93 % av transporterna 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 transporterna 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 % [24]. 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 36 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 36. Händelseträd 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 riktar 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 olycksscenarier med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

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 spårmit mitt beaktats.

C.1. 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 godståg, tjänstetåg eller dylikt.

C.2. 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.2.1 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) [42].

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 [43]. 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.

Samtantaget 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* [44] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 15. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 15. 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 luftstötuvågen.

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

C.2.2 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 [45].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [46]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [47], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

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

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- 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 16 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

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

Scenario	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* [48] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^8) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [48]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [48].

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

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

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

Tabell 17. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma 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

⁸ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

C.2.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [46].

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 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [49].

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

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

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

C.2.4 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 urspärning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [24], 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 19. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

C.3. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt B.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt C.2, med den persontäthet som antagits i området. Samtliga personer som befinner sig utomhus inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen. Inomhusvistelse inom den berörda arean bedöms medföra en lägre risk att förolyckas enligt de skyddsgrader som redovisas i rapporten.

Bilaga D. Skyddseffekter

Vid beräkningar av samhällsrisk för det aktuella utredningsområdet och omnejd har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningar så som CPR 18E [25]. I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Explosioner:

Tryckvågor från större explosionslaster kan medföra omfattande skador på byggnader belägna långt ifrån olyckans centrum. Människor som befinner sig inomhus bedöms vara relativt skyddade från direkt tryckpåverkan men kan förolyckas om delar av byggnaden rasar. Kollaps av moderna byggnader till följd av jordbävningar bedöms kunna medföra ett skadeutfall på 20–50 % omkomna och 50–80 % skadade [50]. Inom Zon A antas ingen skyddsfaktor vid inomhusvistelse. Byggnader inom Zon B och C kommer delvis vara skyddade från tryckpåverkan av framförvarande byggnader inom framförvarande zon. Skyddsgraden vid inomhusvistelse inom Zon B och C till följd av explosioner på järnvägen antas uppgå till 50 % då explosionslasten är 20 kPa. Vid 180 kPa ansätts ingen skyddsfaktor i någon zon.

Olycksscenarier med brännbara gaser:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från jetflammar. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. Gasmolnsexplosioner kan utöver strålningspåverkan även medföra tryckskador på omgivningen. Skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier med brännbara gaser antas i beräkningarna uppgå till 50 %.

BLEVE:

En BLEVE förväntas inte uppstå förrän efter cirka en halv till en timmes extern brandpåverkan på tanken. Fullskaliga tester har visat att oisolerade tankar med säkerhetsventiler kan klara 25 min av kraftig yttre upphettning innan en BLEVE inträffar [51]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [51]. Vid BLEVE av en lagringstank med brandfarlig gas uppstår både tryck- och strålningspåverkan mot omgivningen. Strålningspåverkan bedöms dock utgöra den dimensionerande skadeeffekten med avseende på potentiellt konsekvensavstånd. Människor som befinner sig inomhus antas vara skyddade från den utfallande strålningen men skulle kunna förolyckas om delar av byggnadskroppen rasar. Möjligheten att hinna utrymma riskområdet bedöms även vara relativt god då olycksscenariot inte inträffar momentant. Skyddsfaktorn vid en BLEVE både inom- och utomhusvistelse ansätts till 50 %.

Utsläpp av giftig gas:

I CPR 18E bedöms individer som befinner sig inomhus i princip vara helt skyddade (avseende risken att omkomma) vid ett utsläpp av giftig gas [23]. För byggnader som ligger nära anslutning till transportleden och olycksplatsen bedöms dock föregående antagande underskatta konsekvensen baserat på erfarenhet av liknande fall. Skyddsfaktorn vid inomhusvistelse inom Zon A och B avseende utsläpp av giftig gas antas konservativt i beräkningarna endast uppgå till 50 %.

Pölbränder:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från pölbränder. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. I beräkningarna ansätts en 50 %-ig skyddsgrad vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier som medför pölbrand.

Bilaga E. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5*, 1997.
- [3] Räddningstjänsten Storgöteborg, "Riktlinjer för riskbedömningar," Räddningstjänsten Storgöteborg, 2004.
- [4] Göteborgs stad, "Vägledning för hantering av risker vid anläggningar och transporter med farligt gods," Göteborgs stad, 2021.
- [5] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [6] Göteborgs stad Stadsbyggnadsförvaltningen, "Underlag för riskutredning - Programområden Lindholmen-Frihamnen," Göteborgs stad Stadsbyggnadsförvaltningen, 2024-06-14.
- [7] Trafikverket, "Prognos för godstransporter 2045," Trafikverket, 2024-04-02.
- [8] Trafikverket, "Miljökonsekvensbeskrivning Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo rev A," Trafikverket, 2016-02-01.
- [9] COWI AB, "Spårnära risk Frihamnen rev. 2," COWI AB, Göteborg, 2020-02-21.
- [10] WSP, "Detaljerad riskbedömning för detaljplan Frihamnen, Göteborgs stad," WSP, 2015-11-12.
- [11] COWI, "Riskutredning Farligt Gods Frihamnen 2021," COWI, 2021-05-21.
- [12] WSP, "Detaljerad riskbedömning för detaljplan Karlavagnsplatsen, Göteborgs stad rev 2," WSP, 2017-04-26.
- [13] Byggnadsnämnden Göteborg, "Dnr BN 2021-001557 Förtydligande bygglov Skyddsbarriär Hamnbanan Karlastaden," Byggnadsnämnden Göteborg, 2021.
- [14] WSP Sverige AB, "Risk - Hamnbaneskydd Karlastaden," WSP Sverige AB, 2022-09-30.
- [15] Trafikverket, *Västra Götaland - Hamnbanan Göteborg* (<https://www.trafikverket.se/vara-projekt/projekt-i-vastra-gotalands-lan/hamnbanan-goteborg/>), Trafikverket, Kontrollerad 2024-11-27.
- [16] Trafikverket Kapacitetscenter, *Järnvägens kapacitetsutnyttjande 2023 (TRV 2023/75389)*, Trafikverket, 2024.
- [17] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [18] Swedish Standard Institute, *Eurocode 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*, 2008: Swedish Standard Institute.
- [19] UIC, *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2)*, UIC, 2002.
- [20] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.

- [21] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [22] Advisory Council on Dangerous Substances, "Guidelines for quantative risk assessment, "Purple Book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.
- [23] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhånsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [24] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [25] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [26] UIC, "Final report UIC-project Guardrails," UIC, 2013.
- [27] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [28] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Comission, 1995.
- [29] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [30] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [31] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [32] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [33] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [34] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [35] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [36] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [37] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [38] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [39] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [40] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [41] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [42] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [43] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [44] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [45] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.

- [46] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [47] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [48] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [49] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [50] Ministry of Transport and Water Management, CPR 14E: Methods for the calculation of physical effects, Haag: Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1996.
- [51] W. Townsend, "Comparison of thermally coated and uninsulated rail tank cars filled with LPG subjected to a fire environment.," U.S. Department of Transportation, federal railroad administration, Washington, 1974.



UPPDRAGSNUMMER
10370399

DATUM
2024-12-04

UPPDRAGSNAMN
RB Planprogram för Lindholmen och Frihamnen

FÖRFATTARE
Anton Petersson & Olov Holmstedt Jönsson

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande rådgivande konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 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. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden. **wsp.com**

WSP Sverige AB

Box 574

201 25 Malmö

Besök: Jungmansgatan 10

T: +46 10-722 50 00

wsp.com

