

GÖTEBORGS STAD - N300 STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

RISKUTREDNING FÖR DETALJPLAN I BRUNNSBO

2024-01-10



Riskutredning för detaljplan i Brunnsbo

Backa, Göteborg

KUND

Göteborgs Stad - N300 Stadsbyggnadsförvaltningen

KONSULT

WSP

Box 13033
402 51 Göteborg
Ullevigatan 19

WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Jon Moln Teike, Jon.Moln.Teike@wsp.com

Linus Hagberg, linus.hagberg@wsp.com

Anton Petersson, anton.petersson@wsp.com

DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	2023-06-08	2024-01-10		
Handläggare	Linus Hagberg	Anton Petersson		
Signatur	LH	AP		
Granskare	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson		
Signatur	FL	FL		
Godkänd av	Jon Moln Teike	Jon Moln Teike		
Signatur	JMK	JMK		
Uppdragsnummer	10353091	10353091		

Revision 1

Resonemang och beräkningar i syfte att utreda möjligheten till att minska det bebyggelsefria avståndet mellan planerad bebyggelse och Lundbyleden har tillkommit. Ny statistik avseende antal transporter samt klass på transporterat farligt gods på Lundbyleden har tillkommit. Rapporten har genomgående setts över och justerats efter tillkommande riskberäkningar.

Sammanfattning

WSP har av Göteborgs stadsbyggnadskontor fått i uppdrag att genomföra en riskbedömning för detaljplan vid Brunnsbo inom stadsdelen Backa. Bostäder, kontor, verksamheter, förskola och parkeringsgarage planeras inom utredningsområdet som ligger i anslutning till Bohusbanan (järnväg) och Lundbyleden (väg) vilka båda är transportleder för farligt gods. Hamnbanan (järnväg) löper söder om utredningsområdet och är också transportled för farligt gods.

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

En kvantitativ riskbedömning har utförts där individrisk och samhällsrisk har beräknats för utredningsområdet med avseende på risker kopplade till farligt gods-transporter på Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan. För Hamnbanan och Bohusbanan har även risker med avseende på urspårning beräknats. Risknivåerna värderas utifrån Det Norske Veritas förslag på riskacceptanskriterier.

Genomförda beräkningar visar att individrisknivån inom området är oacceptabel inom 27 meter från Bohusbanan och inom ALARP 27 meter från Lundbyleden. Den kumulativa individrisken för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan är även den oacceptabel till och med 27 meter från Bohusbanan/Lundbyleden. Därefter är individrisken i mitten av ALARP-området och från ca 40 meter är individrisken i den nedre delen av ALARP-området.

Samhällsrisk har beräknats för utredningsområdet avseende farligt godstransporter på Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan samt urspårning på Bohusbanan och Hamnbanan. Beräkningarna visar att samhällsrisk i det studerade grundscenariot hamnar inom övre delen av ALARP-området. Riskreducerande åtgärder ska beaktas.

För att reducera risknivån inom området rekommenderas att följande åtgärder vidtas:

- Utöka det bebyggelsefria avståndet mellan planområdet och Bohusbanan från 15 meter till minst 27 meter.
- För de tre byggnader som är placerade mellan spårvägen och Lundbyleden bör fasader som vetter mot Bohusbanan, Lundbyleden och Hamnbanan som lägst vara av brandteknisk klass EI 30 och fönster som lägst EW 30.
- Placera friskluftsintag högt på oexponerad sida, d.v.s. på motsatt sida av Bohusbanan, Lundbyleden och Hamnbanan, på alla byggnader inom utredningsområdet.
- Säkerställ att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.
- Om topografin möjliggör utläckande vätska och fordon att komma in på planområdet ska en skyddsbarriär byggas mot Lundbyleden.
- Byggnaderna närmast Lundbyleden ska generellt inte nyttjas för bostäder. Bostäder kan accepteras i den nordöstliga delen av den östligaste av dessa byggnader. Detta förutsätter riskreducerande åtgärder och att den sydliga delen av byggnaden utförs lika hög som bostadsdelen.

Innehållsförteckning

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	7
1.7	REVIDERINGAR	7
2	OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1	OMGIVNINGEN	8
2.2	AKTUELLT UTREDNINGSOMRÅDE	9
2.3	INFRASTRUKTUR	12
2.4	ANTAL PERSONER INOM UTREDNINGSOMRÅDET	14
3	RISKIDENTIFIERING	15
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	15
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS	15
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSCENARIER	17
4	RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING	18
4.1	INDIVIDRISKNIVÅER	20
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ	24
5	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	27
5.1	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	27
5.2	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDERNAS EFFEKT PÅ RISKNIVÅER	30
6	DISKUSSION	32
7	SLUTSATSER	33
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	34
BILAGA B.	FREKVENSBERÄKNINGAR - VÄG	36
BILAGA C.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR - VÄG	43
BILAGA D.	FREKVENSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	46
BILAGA E.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	55
BILAGA F.	SKYDDSAKTÖRER	59
BILAGA G.	REFERENSER	61

1 INLEDNING

WSP har av Göteborgs stad, Stadsbyggnadskontoret, fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för bostäder och förskola vid Brunnsbo i Göteborgs kommun. I anslutning till utredningsområdet löper Lundbyleden (väg) och Bohusbanan (järnväg) som båda är transportleder för farligt gods. Längre söderut löper även Hamnbanan (järnväg) som också är transportled för farligt gods. Minsta avstånd mellan planerad bebyggelse och Lundbyleden samt Bohusbanan är 15 meter. Avståndet mellan Hamnbanan och utredningsområdet är cirka 125 meter.

Enligt länsstyrelsen i Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

1.1 SYFTE OCH MÅL

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

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

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

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

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

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Denna riskbedömning är avgränsad till risker relaterade till transport av farligt gods på Lundbyleden (väg), Bohusbanan (järnväg) och Hamnbanan (järnväg). Även tågurspårning på Bohusbanan och Hamnbanan beaktas i riskbedömningen. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision, 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

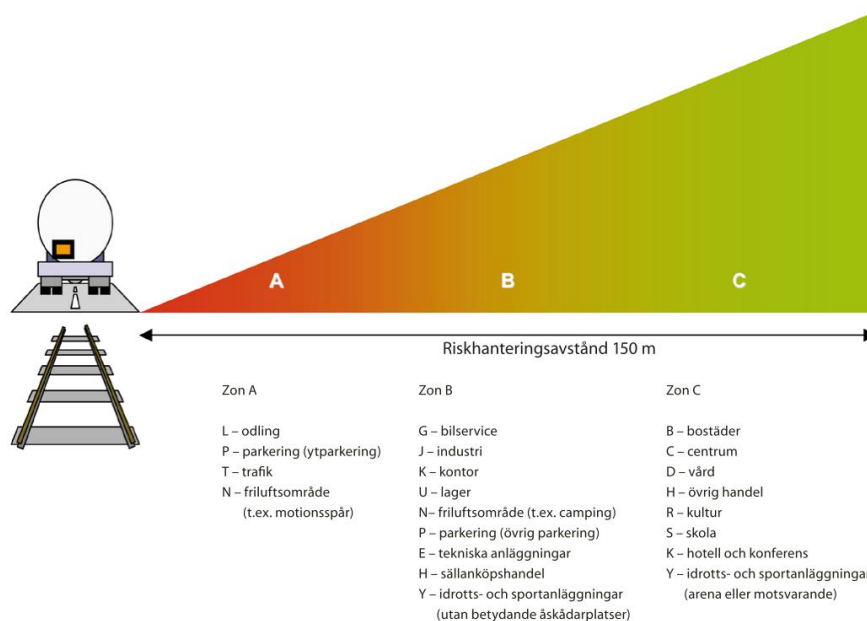
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

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

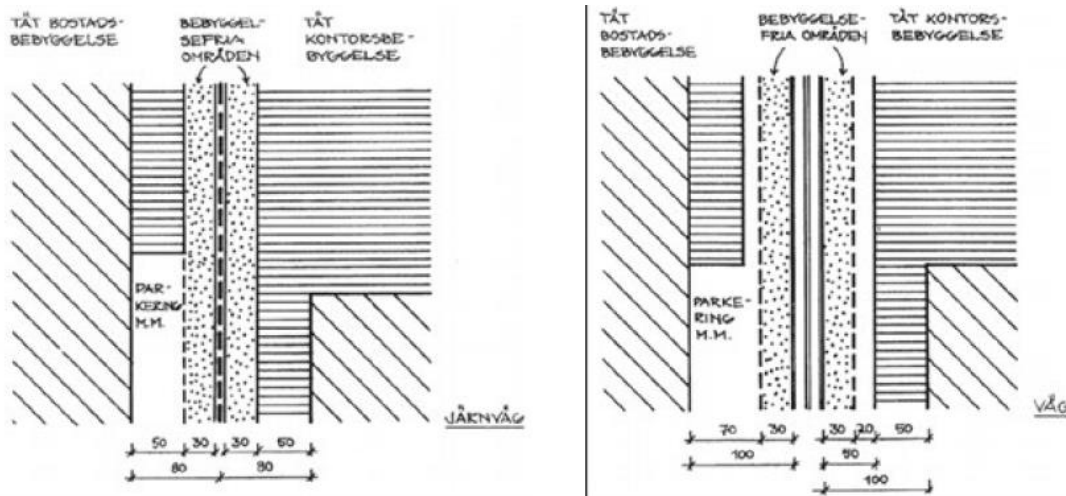
Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen [1] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning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



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

1.4.3 Rekommenderade avstånd till transportleder för farligt gods

Enligt översiktsplan för Göteborg från december 2021 rekommenderas ett bebyggelsefritt avstånd om minst 30 meter från järnväg och väg [2] som illustreras i Figur 2.



Figur 2. Rekommenderat avstånd från järnväg (t.v.) och från väg (t.h.) [2].

Närmare än 30 meter ökar även riskerna för andra olyckstyper än de som är relaterade till farligt gods, bland annat urspårning av tågagnar [2]. Skyddsavstånden ska ses som en rekommenderad planeringsprincip [2].

1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Gestaltningsförslag för Brunnsbo torg [3]
- Trafikanalys för Norra älvstranden och Backaplan [4]
- Fastställelsehandling för Bohusbanan, delen Brunnsbo station [5]
- Fastställelsehandling E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet [6]
- Riskanalys för detaljplan för Backaplan [7]

Övrigt underlag som används återfinns i referenslistan.

1.6 INTERNKONTROLL

Revision 1 av denna handling är utförd av Anton Petersson (Brandingenjör/Civilingenjör i Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. 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 i Riskhantering).

1.7 REVIDERINGAR

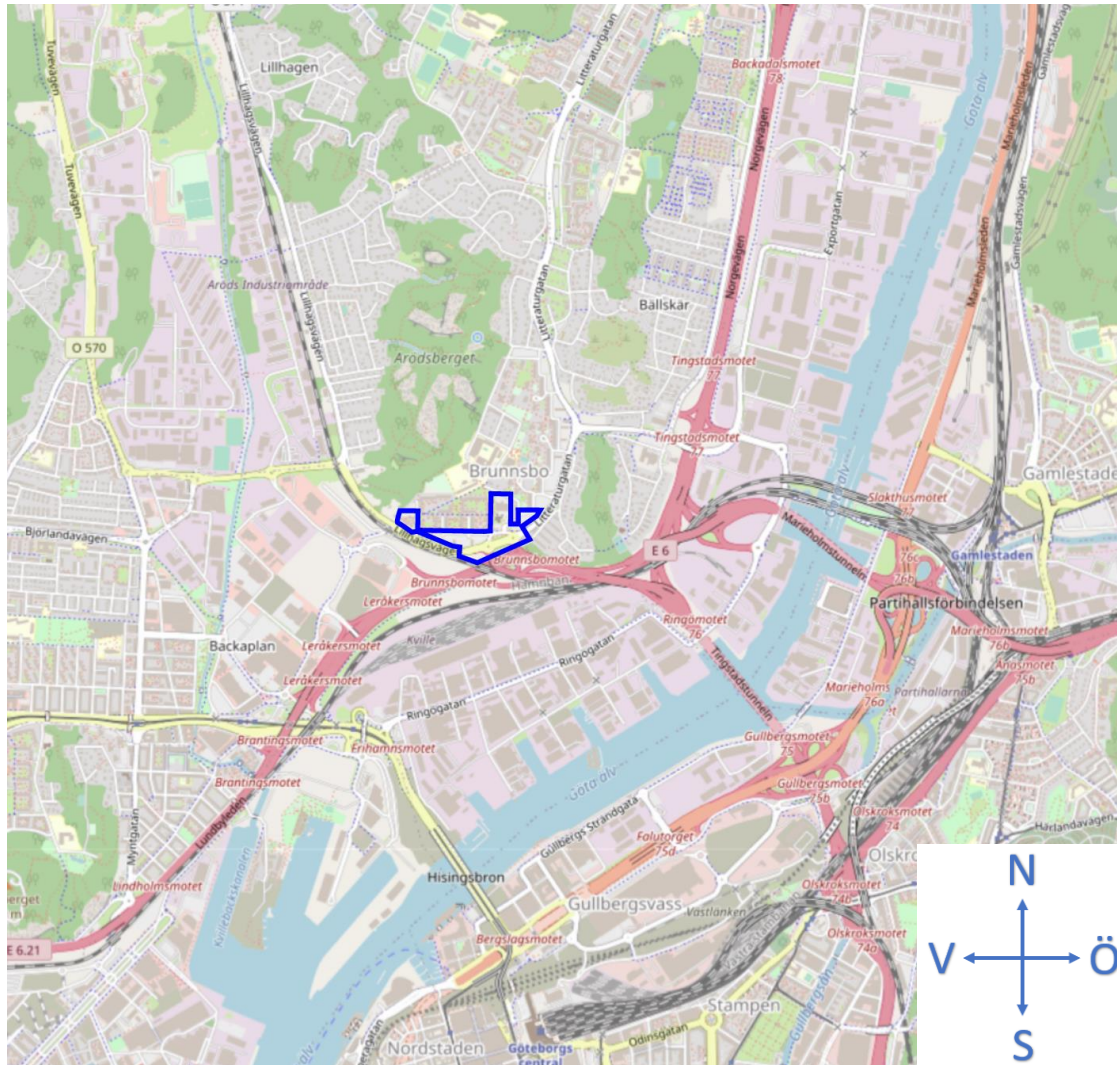
Denna rapport utgör en första revision av riskbedömningen. Revisionen omfattar vidare utredning av möjligheten till att minska det bebyggelsefria avståndet mellan Lundbyleden och planerad bebyggelse. Reviderad text är kursiv och kantmarkeras likt detta stycke.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av utredningsområdet och dess omgivning med syfte att överskådligt redogöra för de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 OMGIVNINGEN

Aktuellt utredningsområde ligger i Brunnsbo i stadsdelen Backa på Hisingen i Göteborgs kommun, se Figur 3.

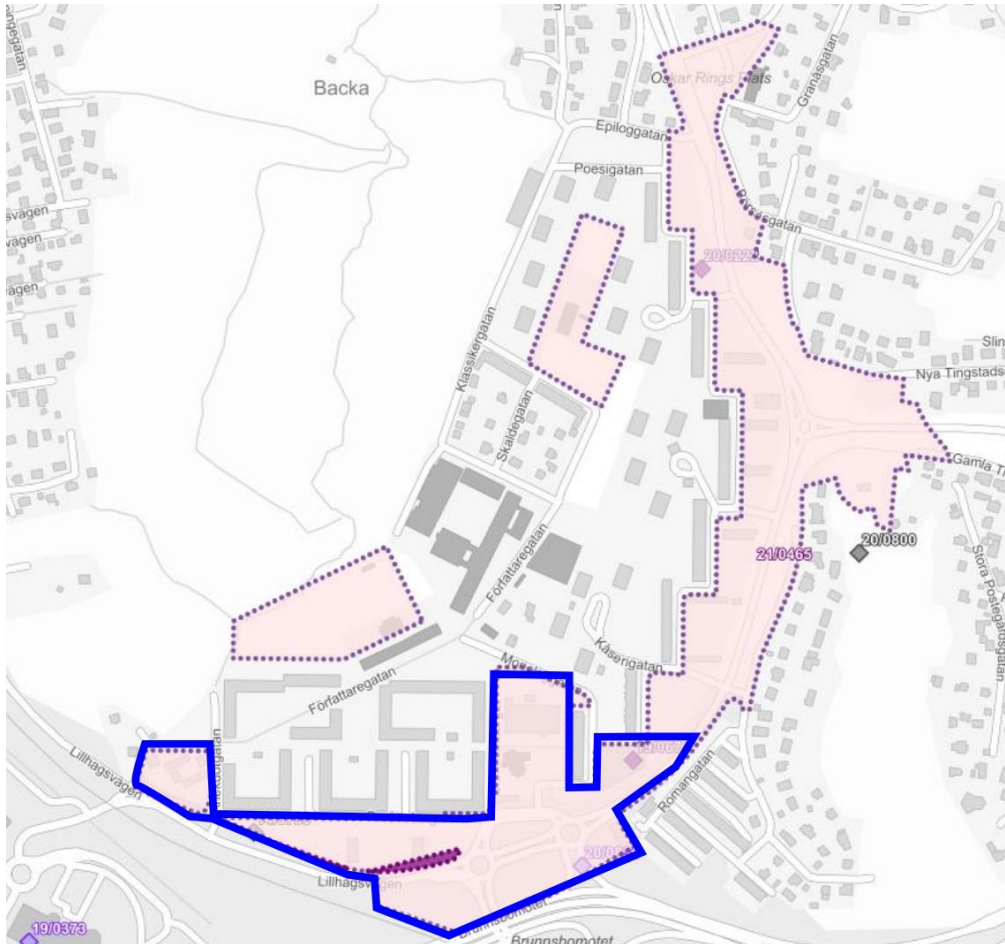


Figur 3. Kartbild över Göteborg med aktuellt område markerat i blått. Omarbetad bild från Open street map.

Omgivningen Norr om utredningsområdet består av Arödsberget och ett bostadsområde (mestadels större lägenhetshus) med förskola (Änglagård) och grundskola (Brunnsboskolan). Norr om och i anslutning till utredningsområdet finns en matbutik. Omgivningen till öster består av ett bostadsområde med mestadels småhus. Söder om utredningsområdet ligger Hamnbanan (järnväg) och en bangård samt ett industriområde (Ringön). I väster ligger Backaplan med större butiksverksamheter.

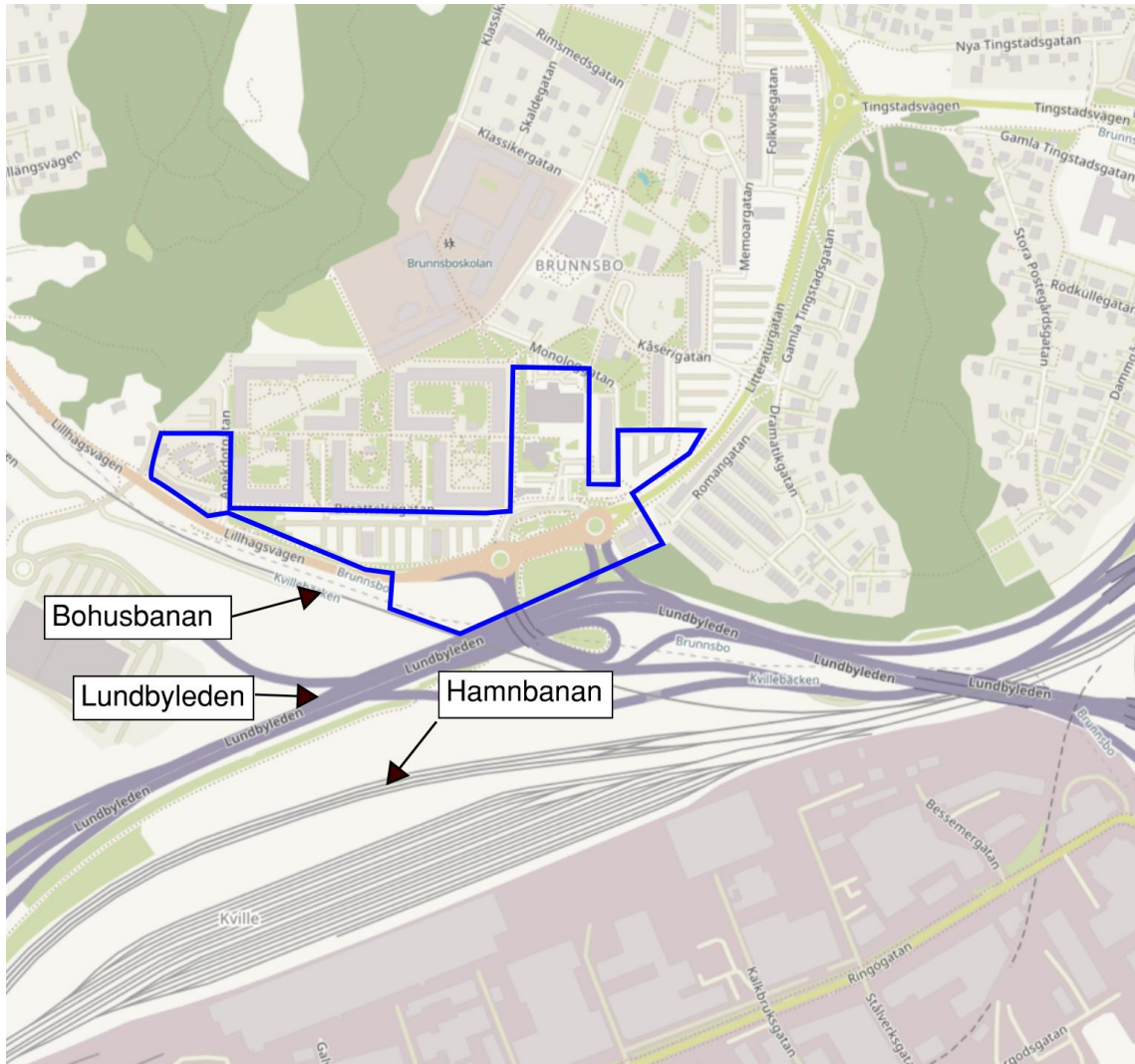
2.2 AKTUELLT UTREDNINGSOMRÅDE

Det område som utreds i denna riskbedömning, utredningsområdet, är del av en detaljplan för bostäder och förskola vid Brunnsbo inom stadsdelen Backa och illustreras i Figur 4 [7]. Utredningsområdet är markerat i blått i Figur 4.



Figur 4. Område för detaljplan för bostäder och förskola vid Brunnsbo inom stadsdelen Backa. Bild från avropsförfrågan riskutredning [7].

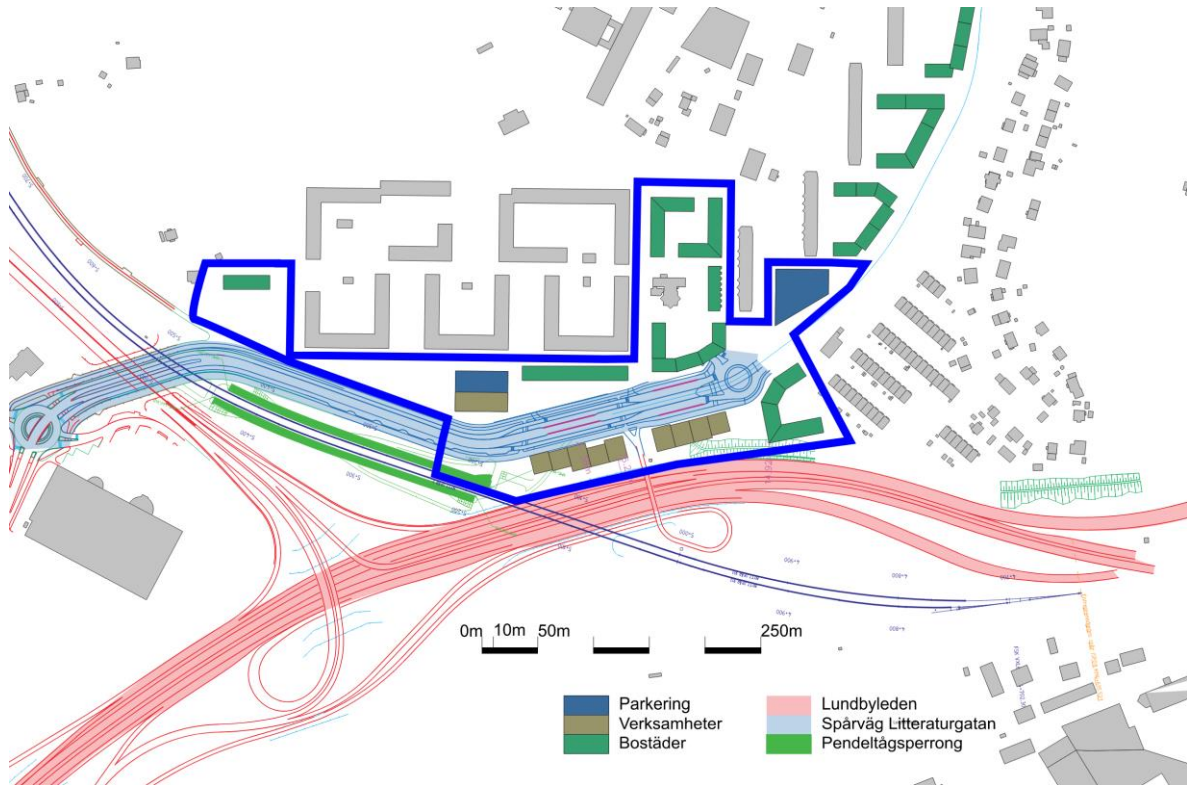
Ny bebyggelse planeras inom området och med tanke på närheten till både Lundbyleden (väg) och Bohusbanan (järnväg), som illustreras i Figur 5, behöver risknivåer för området utredas. I nuläget består området av asfalterad väg, rondeller, byggnader, parkering och ytor som är oexploaterade.



Figur 5. Utredningsområdet (i blått) i relation till Bohusbanan, Lundbyleden och Hamnbanan. Omarbetad bild från Open street map.

Lundbyleden som är vägtransportled för farligt gods löper mellan sydöst och sydväst och i anslutning till utredningsområdet. Bohusbanan är en farligt gods-led för järnvägstransporter och löper in från nordväst och fortsätter söder om utredningsområdet. Bohusbanan och Lundbyleden kommer att ligga i direkt anslutning till området och befinna sig på ett avstånd om ca 15 m från närmaste byggnad. Cirka 125 meter söder om utredningsområdet ligger Hamnbanan, se Figur 5.

De byggnader som planeras inom området illustreras i Figur 6. Som syns i figuren är byggnaderna närmast Bohusleden och Lundbyleden av typen verksamheter och bostäder. Det minsta bebyggelsefria avståndet till Bohusbanan och Lundbyleden är 15 meter.



Figur 6. Planerad bebyggelse inom utredningsområdet (markerat i blått). Omarbetad bild från Stadsbyggnadsförvaltningen, Göteborg stad.

Bruttototalarean (BTA) för byggnaderna inom utredningsområdet uppgår till ca 64 900 m² [3] [8] och fördelar sig enligt Tabell 1.

Tabell 1. Uppskattad fördelning av BTA per ändamål för inom utredningsområdet.

Ändamål	BTA [m ²] [3]
Kontor	23 000
Bostäder	30 500
Verksamheter	5 600
Parkering	5 800*
Totalt	64 900

*BTA tillhandahölls inte för alla parkeringsytor och således används uppskattningar.

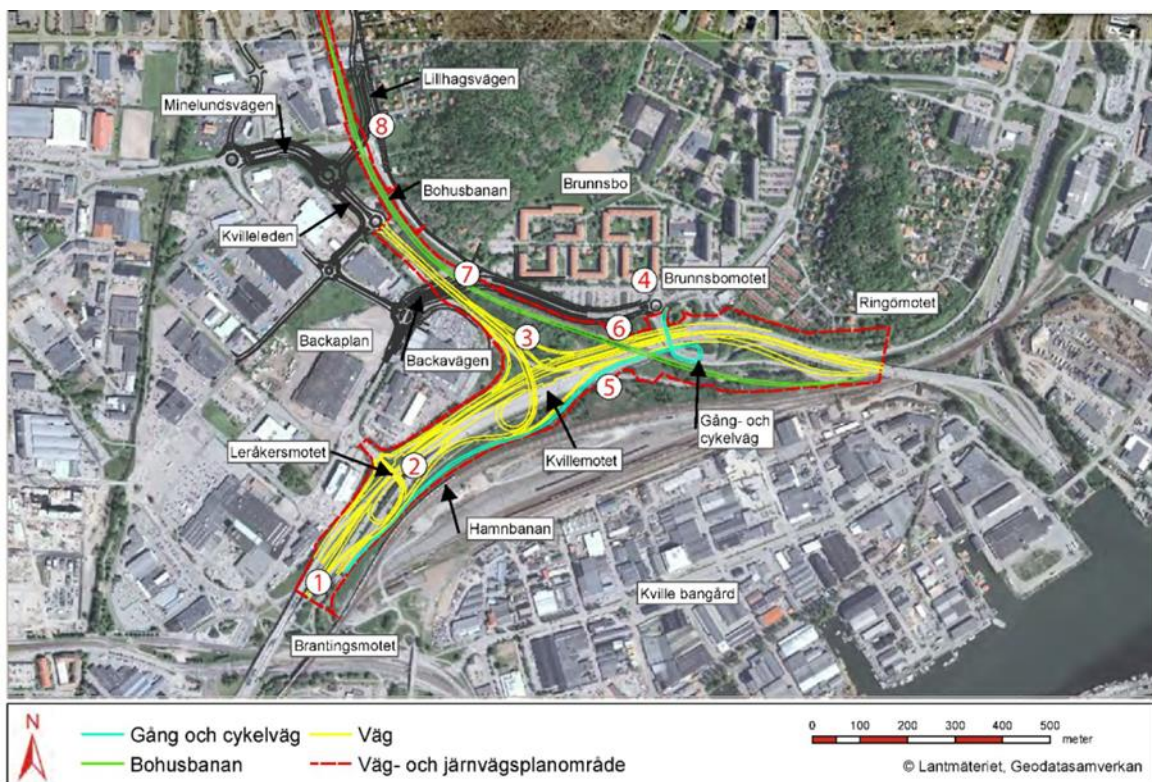
BTA används i avsnitt 2.4 för att uppskatta antal personer inom utredningsområdet.

2.3 INFRASTRUKTUR

För denna riskbedömning är det Lundbyleden, Bohusleden och Hamnbanan som beaktas. Dessa tre beskrivs nedan.

2.3.1 Lundbyleden

Lundbyleden är utpekad som primär transportled för farligt gods och delen mellan Brantingsmotet och Ringömotet kommer att byggas om för att anpassas till pågående förtätning [9]. Denna riskbedömning genomförs för den ombyggda Lundbyleden. Byggstart är planerat till år 2024 och färdigställande till 2029/2030 [9]. Brantingsmotet kommer att behållas med nuvarande utformning och det skapas två genomgående körfält i båda riktningar [9]. Leråkersmotet byggs om och utformas som en trumpetkorsning [9]. Brunnsbomotet rivs och istället byggs ett nytt mot som kommer att kallas Kvillemotet, se Figur 7.



Figur 7. Vald utformning av Lundbyleden och Bohusbanan. Figur från Trafikverkets väg- och järnvägsplan [6].

Hastighetsgränsen på Lundbyleden kommer att variera mellan 60-80 km/h beroende på sträcka enligt Trafikverket [6]. Ett konservativt antagande görs och således används 80 km/h i beräkningarna.

För årsmedelsdygnstrafik (ÅDT) på Lundbyleden används en trafikanalys av WSP för Norra Älvstranden och Backaplan där flera scenarier presenteras för år 2040 [4]. ÅDT i Tabell 2 är scenario "Fullt utbyggt Norra Älvstranden – Med bevarad koppling – Bas Hög 2040" i [4]. ÅDT i detta scenario varierar beroende på sträcka på Lundbyleden. Den ÅDT som valts ut är närmast utredningsområdet.

Tabell 2. Årsmedeldygnstrafik enligt prognos för år 2040 för Lundbyleden [4].

	Prognos för år 2040 [4]
ÅDT tung trafik	16 100
ÅDT samtliga fordon	103 800

ÅDT i Tabell 2 används i beräkningar för vägtransport i denna rapport enligt önskemål från beställare.

2.3.2 Bohusbanan

Bohusbanan används för både passagerar- och godstrafik vilket innebär att farligt gods transporteras på järnvägen [5]. Bohusbanan ska byggas om där en cirka 1,5 km lång järnvägssträcka mellan Minelundsvägen i norr och Hamnbanan/Kville bangård i söder, d.v.s. förbi utredningsområdet, blir dubbelspår istället för nuvarande enkelspår [6]. Högsta tillåtna hastighet för det nya dubbelspåret planeras att vara 130 km/h [5]. Två växlar används i beräkningarna [10]. Trafiken på Bohusbanan för år 2016 samt prognos för 2040 syns i Tabell 3.

Tabell 3. Antal tåg per dygn på Bohusbanan år 2016 samt prognos för år 2040.

Typ av tåg	Antal tåg per dygn 2016 [5]	Prognos antal tåg per dygn 2040
Regionaltåg	44	74
Godståg	4	7
Tjänstetåg	2	3
Totalt	50	84

Fördelning av antalet tåg per dygn för 2016 är framtaget av Trafikverket [5]. En prognos för 2035 är även framtaget av Trafikverket där antalet tåg per dygn förväntas uppgå till 77 per dygn [5]. Eftersom prognosår 2040 används i rapporten har en linjär ökning per år mellan 2016 och 2035 antagits och adderats till 2035 för att erhålla en prognos för 2040. Samma linjära ökning antas således för åren 2035 till 2040. Av det totala antalet tåg per dygn år 2040 har samma fördelning mellan regionaltåg/godståg/tjänstetåg som år 2016 antagits.

2.3.3 Hamnbanan

Eftersom Hamnbanan befinner sig som närmast ca 125 meter (i sydlig riktning) från området måste även denna tas i beaktning i riskbedömningen, se kapitel 1.4.2. Hamnbanan trafikeras enbart av godstrafik och därmed transporteras även farligt gods på järnvägen. Hastigheten på aktuell sträcka är inom intervallet 1-59 km/h [10]. Med ett konservativt antagande ansätts hastigheten till 60 km/h i beräkningarna. Två växlar används i beräkningarna [10]. För tågtrafiken på Hamnbanan används en prognos för 2041 av Trafikverket. För prognosåret 2041 beräknas 25 000 godståg (68 ÅDT) färdas på Hamnbanan [11].

Tabell 4. Antal tåg per dygn på Hamnbanan, prognos för år 2041.

Tågtrafik Hamnbanan	Prognos för år 2041 [11]
Totalt antal godståg	25 000
ÅDT godståg	68

Det prognosår som används i denna rapport är 2040. Antalet tåg per dygn på Hamnbanan antas vara lika stort år 2040 som år 2041 i Tabell 4.

2.4 ANTAL PERSONER INOM UTREDNINGSMRÅDET

Antal personer som antas befinna sig inom utredningsområdet beräknas med Bruttototalarean (BTA) för byggnaderna inom utredningsområdet och uppskattning av antal kvadratmeter per person [12] enligt Tabell 5.

Tabell 5. BTA, uppskattning av antal kvadratmeter per person från beställare och uppskattat antal personer inom utredningsområdet [12].

Ändamål	BTA [m ²]	Schablonvärde [m ² /personer]	Antal personer
Kontor	23 000	13	1769
Bostäder	30 500	25	1220
Verksamheter	5 600	5	1120
Parkering	5 800	Antas ingå i övriga	Antas ingå i övriga
Totalt	64 900		4109

Dagtid uppskattas 4109 personer befinna sig inom utredningsområdet, se Tabell 5. Under nattetid förväntas antal personer minska, speciellt eftersom kontor och verksamheter finns inom utredningsområdet. Det antas att 1220 personer befinner sig inom området nattetid (endast i bostäder). Det antas att dessa 4109 personer under dagtid respektive 1220 personer under nattetid även inkluderar personer som vistas utomhus inom utredningsområdet. Det framräknade antalet personer används för att beräkna persontäthet per kvadratkilometer i avsnitt 4.2.1 som i sin tur används för att beräkna samhällsrisken.

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Riskbedömningen är avgränsad till risker kopplade till utredningsområdets närhet till Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan. De risker som har identifierats är relaterade till farligt gods-transporter på väg och järnväg samt urspårningsrisker på järnväg som kan medföra mekanisk skada.

3.2 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. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser enligt ADR/RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2 i bilagedelen för denna rapport, bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5.

3.2.1 Transport av farligt gods på väg

Nedan redovisas fördelning och andel farligt gods som transporteras på väg (hela riket) och antas vara tillämpligt för Lundbyleden.

I samband med revision 1 av denna handling har fördelningen mellan farligt gods – klasser setts över och ändrats. Den nya fördelningen är hämtad från riskanalysen för Backaplan [7]. Resultatet av den analysen anses utgöra en relevant källa för den här riskbedömningen, då Backaplan ligger nära planområdet och Lundbyleden. WSP bedömer vidare att den ansatta fördelningen mellan farligt gods-klasser i riskanalysen, och det redovisade arbetet som leder fram till dessa, är rimliga.

I korthet bedöms ingen genomfartstrafik av farligt gods ske på Lundbyleden, då det råder förbud mot transport av farligt gods genom Lundbytunneln och Tingstadstunneln. De transporter som sker går till lokala målpunkter. I den genomförda målpunktsanalysen har 15 verksamheter identifierats, där majoriteten utgörs av bensinstationer. Följaktligen är det framförallt brandfarliga vätskor som transporteras på Lundbyleden. Transportförhållandena bedöms inte ändras i framtiden på grund av rådande transportförbud genom tunnelarna [13].

Antalet transporter av farligt gods redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Antalet transporter av farligt gods på Lundbyleden. Framtaget efter målpunktsanalys. [13]

ADR-S-klass	Antal transporter per år
2.1 Brännbara gaser	18
3. Brandfarliga vätskor	1516
Övriga klasser	67

Övriga klasser innefattar inte ADR-S klass 1, 2 eller 5. Gods i dessa klasser transporteras inte på Lundbyleden.

För att illustrera hur den nya fördelningen skiljer sig från den ursprungligt ansatta har Tabell 7 justerats.

Tabell 7. Fördelning av farligt gods-last på väg. Fördelning enligt TRAFAs 2013-2017. Kolumn längst till höger visar den ansatta fördelningen enligt riskanalysen för Backaplan.

ADR-S-klass	Andel (ursprungsberäkning)	Andel (revision 1)
1. Explosiva ämnen och föremål	0,32 %	0 %
2.1 Brännbara gaser	6,73 %	1,1 %
2.3 Giftiga gaser	0,04 %	0 %
3. Brandfarliga vätskor	47,32 %	94,7 %
5.1 Oxiderade ämnen	2,62 %	0 %
Övriga klasser	42,97 %	4,2 %
Totalt	100 %	100 %

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

3.2.2 Transport av farligt gods på järnväg

Nedan redovisas fördelning och andel farligt gods som transporteras på järnväg (hela riket) och antas vara tillämpligt för Bohusbanan och Hamnbanan.

Tabell 8. Fördelning av farligt gods-last på järnväg. Fördelning enligt TRAFAs 2013-2017.

RID-S-klass	Andel
1. Explosiva ämnen och föremål	0,0 %
2.1 Brännbara gaser	15,5 %
2.3 Giftiga gaser	5,2 %
3. Brandfarliga vätskor	21,9 %
5.1 Oxiderade ämnen	30,9 %
5.2. Organiska peroxider	0,6 %
Övriga klasser	25,9 %
Totalt	100 %

3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 9. *För järnväg har därtill mekanisk skada vid urspårning studerats.*

Tabell 9. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer 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 Mellan jetflamma Stor jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transporter 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 [14]. 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.

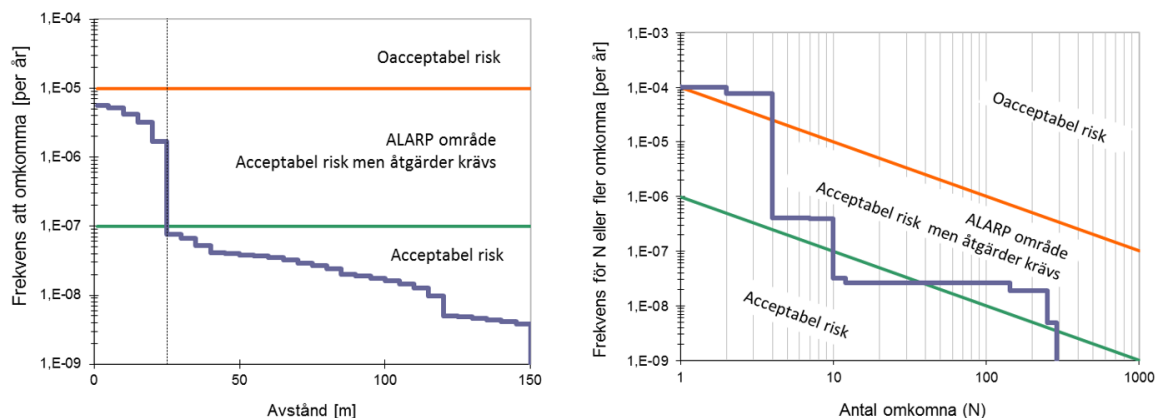
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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 10 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 8.

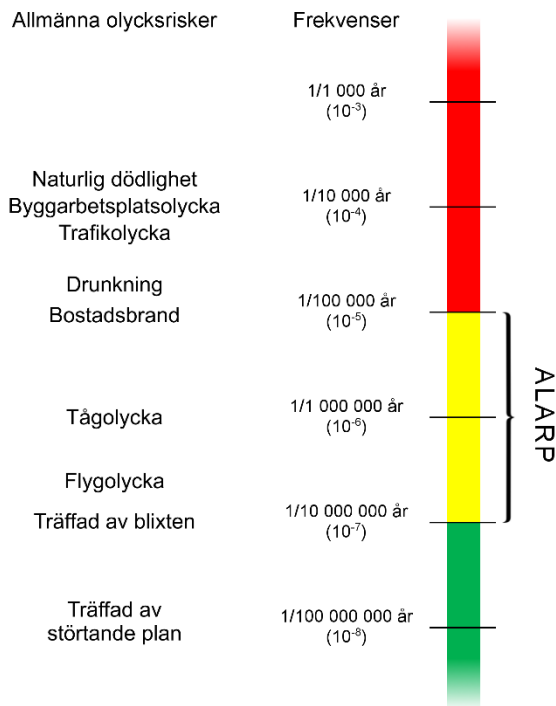
Tabell 10. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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 8. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [14].

Som jämförelse illustreras i Figur 9 ett antal olycksrisker i samhället



Figur 9. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [15].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individriska är platsspecifika 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.

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

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

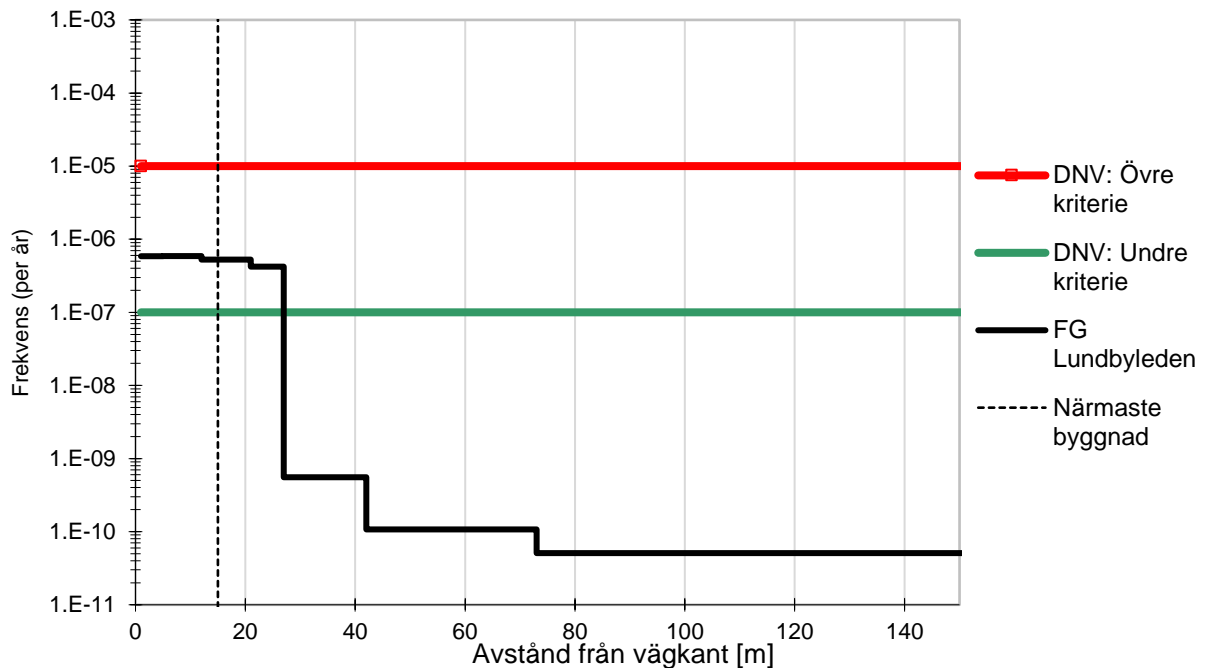
Samhällsriska redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 8) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

4.1 INDIVIDRISKNIVÅER

I detta avsnitt presenteras beräknade individrisknivåer för aktuellt område med avseende på Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.

4.1.1 Individrisknivå för Lundbyleden

Figur 10 illustrerar individrisknivån för aktuellt område med avseende på Lundbyleden. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

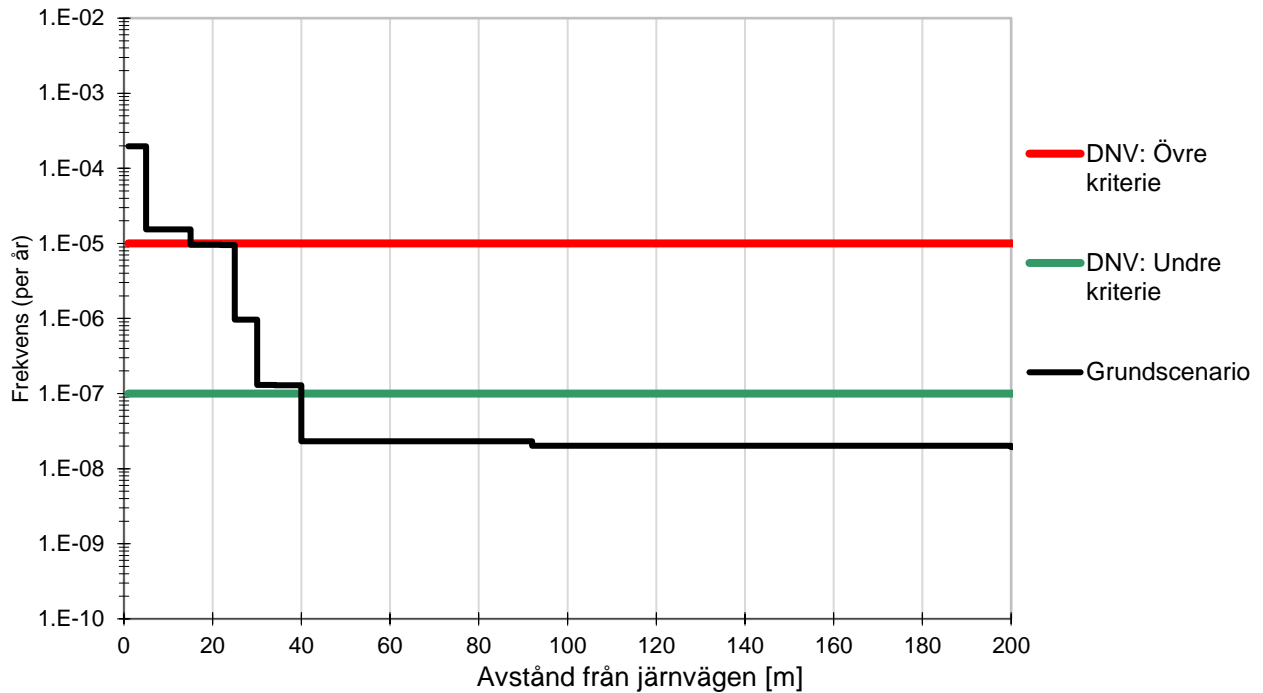


Figur 10. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Lundbyleden.

Ur Figur 10 kan det utläsas att individrisknivån ligger inom det lägre ALARP-området inom 27 meter från Lundbyleden. Därefter är individrisknivån acceptabel. Eftersom närmaste byggnad ligger 15 meter från Lundbyleden innebär det att individrisken i höjd med planområdet ligger inom ALARP, vilket innebär att rimliga riskreducerande åtgärder ska beaktas.

4.1.2 Individrisknivå för Bohusbanan

Den beräknade individrisknivån med avseende på Bohusbanan illustreras i Figur 11.

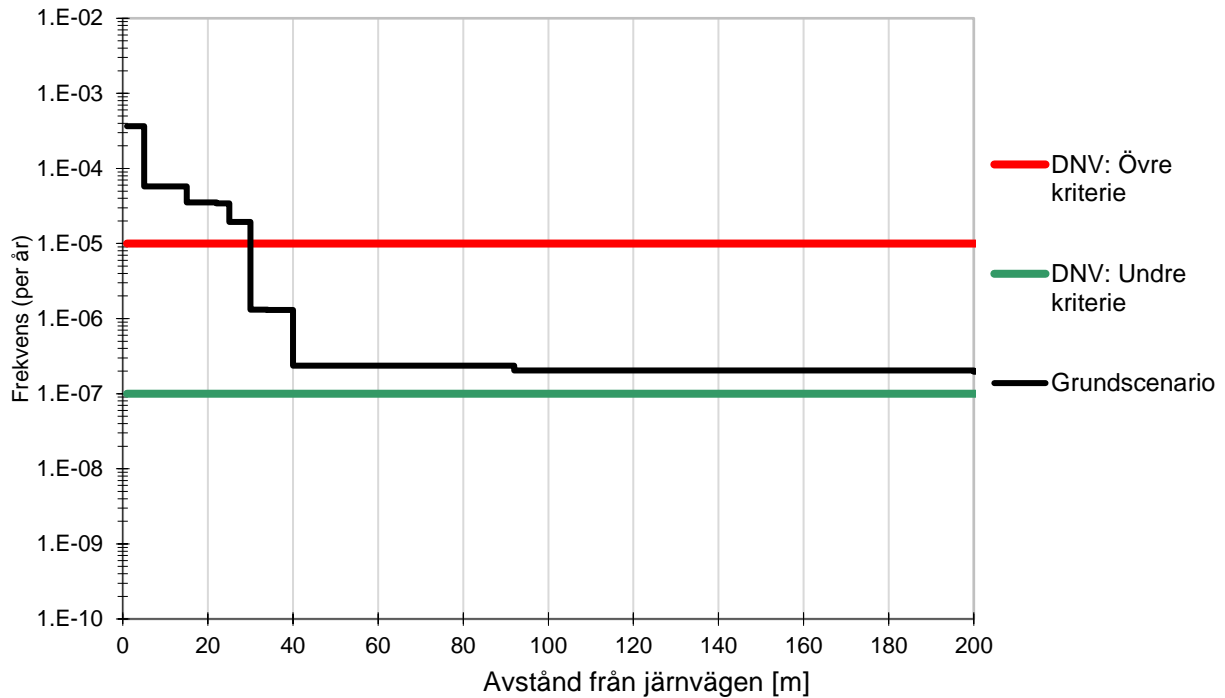


Figur 11. Individrisknivå med avseende på Bohusbanan.

Ur figuren kan det konstateras att individrisknivån ligger högre än det övre kriteriet enligt DNV inom ca 25 meter från Bohusbanan. För avstånd större än ca 25 meter är individrisknivån inom ALARP området. Eftersom byggnader befinner sig inom 15 meter från Bohusbanan är individrisken oacceptabel och riskreducerande åtgärder måste vidtas.

4.1.3 Individrisknivå för Hamnbanan

Figur 12 illustrerar individrisknivån för aktuellt område med avseende på Hamnbanan. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

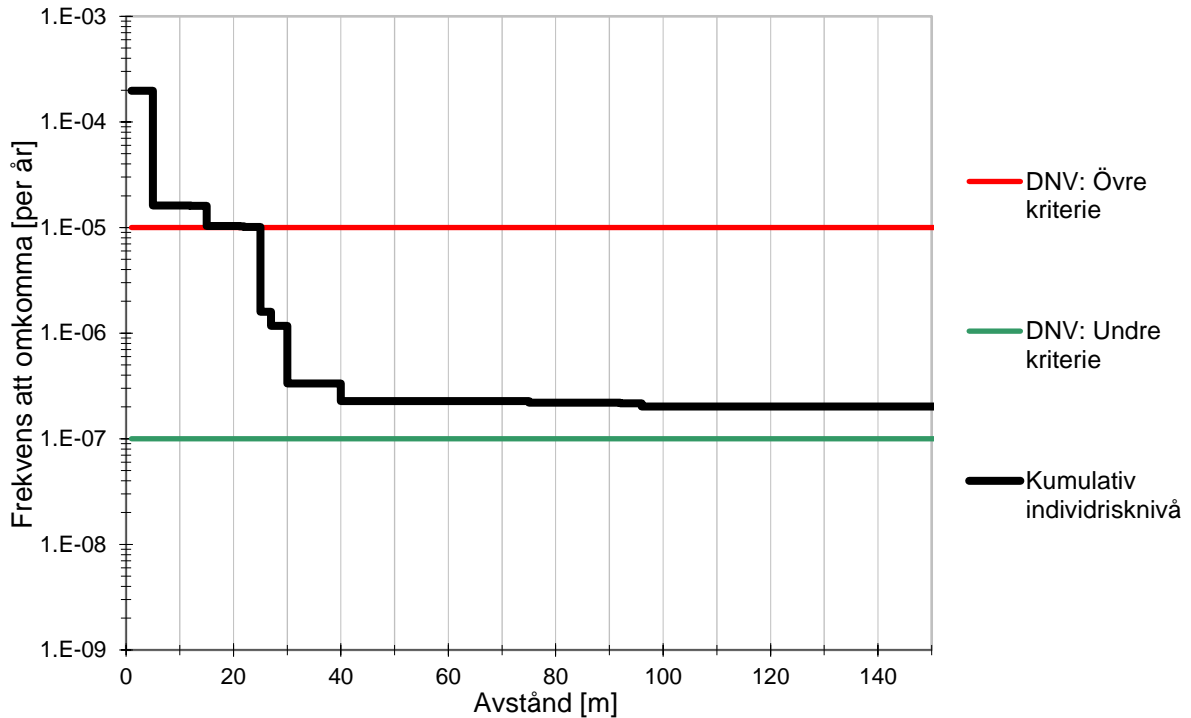


Figur 12. Individrisknivå med avseende på Hamnbanan.

Ur figuren kan utläsas att individrisken är högre än DNV:s övre kriterie inom ca 30 meter från Hamnbanan. Längre bort än ca 30 meter är individrisknivån inom ALARP området. Eftersom det minsta avståndet mellan Hamnbanan och byggnader inom utredningsområdet är ca 125 meter är individrisknivån i det nedre området av ALARP området för det aktuella området.

4.1.4 Kumulativ individrisknivå

I Figur 13 illustreras den kumulativa individrisknivån inom utredningsområdet för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.



Figur 13. Kumulativ individrisknivå för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan. Mätt från Bohusbanan/Lundbyleden (15 meter från bebyggelse).

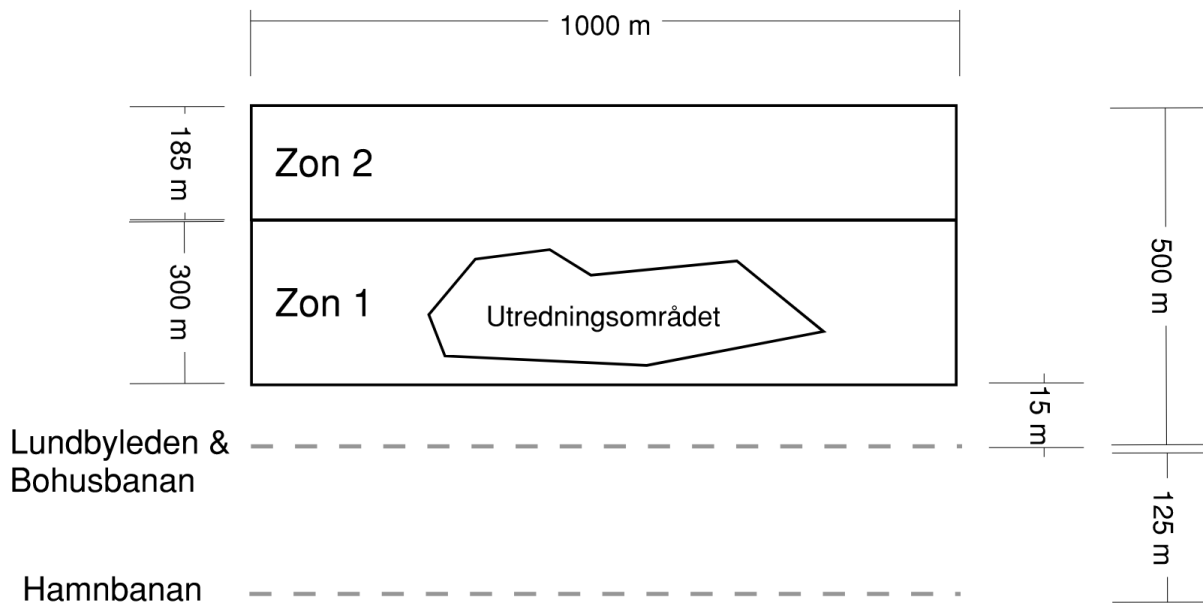
Som syns i Figur 13 överstiger den kumulativa individrisken DNV:s övre kriterie till och med 27 meter från Bohusbanan/Lundbyleden. Därefter är individrisken i mitten av ALARP-området. Från ca 40 meter är individrisken i den nedre delen av ALARP-området.

4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ

I detta kapitel presenteras den beräknade samhällsrisknivån för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.

4.2.1 Zoner och persontäthet för beräkning av samhällsrisknivå

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Samhällsrisknivån har beräknats för ett område med area 0,5 km² med Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan placerade längs med området enligt modellen i Figur 14. Från Lundbyleden och Bohusbanan till utredningsområdet antas en bebyggelsefri zon om 15 meter.



Figur 14. Modell för beräkning av samhällsrisknivån.

För att beräkna persontätheten för Zon 1 och Zon 2 adderas det uppskattade antalet personer som kommer att vistas inom utredningsområdet (avsnitt 2.4) med befintlig folkmängd i det område som täcks in av Zon 1 och Zon 2. Tabell 11 visar folkmängden i områdena som ligger inom eller i anslutning till utredningsområdet [16].

Tabell 11. Befolkningsmängd i primärområdena i anslutning till utredningsområdet.

Område	Folkmängd
41004	479
41005	2744
41006	1294
41007	109

Figur 15 illustrerar områdena i Tabell 11.



Figur 15. Områdesgränserna. Bild från Stadsbyggnadsförvaltningen, Göteborg [17].

I Zon 1 beräknas cirka 5600 personer befinna sig under dagtid. Beräkningen baseras på schablonvärdena i Tabell 5 där det totala antalet, 4109 personer, adderas med befolkningmängden i område 41006 (Tabell 11) och hälften av 41004. Det huvudsakliga utbredningsområdet för utredningsområdet i Zon 1 är ansatt till 41006 och cirka hälften av 41004. Under nattetid antas att inga personer befinner sig i kontor eller verksamheter utan endast i bostäder vilket blir cirka 2800 personer.

I Zon 2 beräknas cirka 1700 personer befinna sig under dagtid. Beräkningen baseras på befolkningmängden för område 41004, 41005 och 41007 i Tabell 11 eftersom dessa antas utgöra det huvudsakliga utbredningsområdet för zon 2. Zon 2 bedöms utgöra mindre än hälften av alla dessa tre områden men för att säkerställa ett konservativt antagande antas hälften av folkmängderna i dessa områden befinna sig inom Zon 2. Antalet personer i Zon 2 uppgår således till cirka 1700 personer. Under nattetid antas lika många personer befinna sig i Zon 2 som under dagtid.

Antalet personer i Zon 1 och Zon 2 omvandlas till personer per kvadratkilometer eftersom detta används vid beräkning av samhällsrisiknivån. Tabell 12 visar det antal personer per kvadratkilometer i Zon 1 och Zon 2 som används under dagtid respektive nattetid för beräkning av samhällsrisiknivån.

Tabell 12. Uppskattad persontäthet i zonerna under dagtid och nattetid för beräkning av samhällsrisiknivån.

	Uppskattad persontäthet dagtid [personer/km ²]	Uppskattad persontäthet nattetid [personer/km ²]
Zon 1	20 000	9 000
Zon 2	10 000	10 000

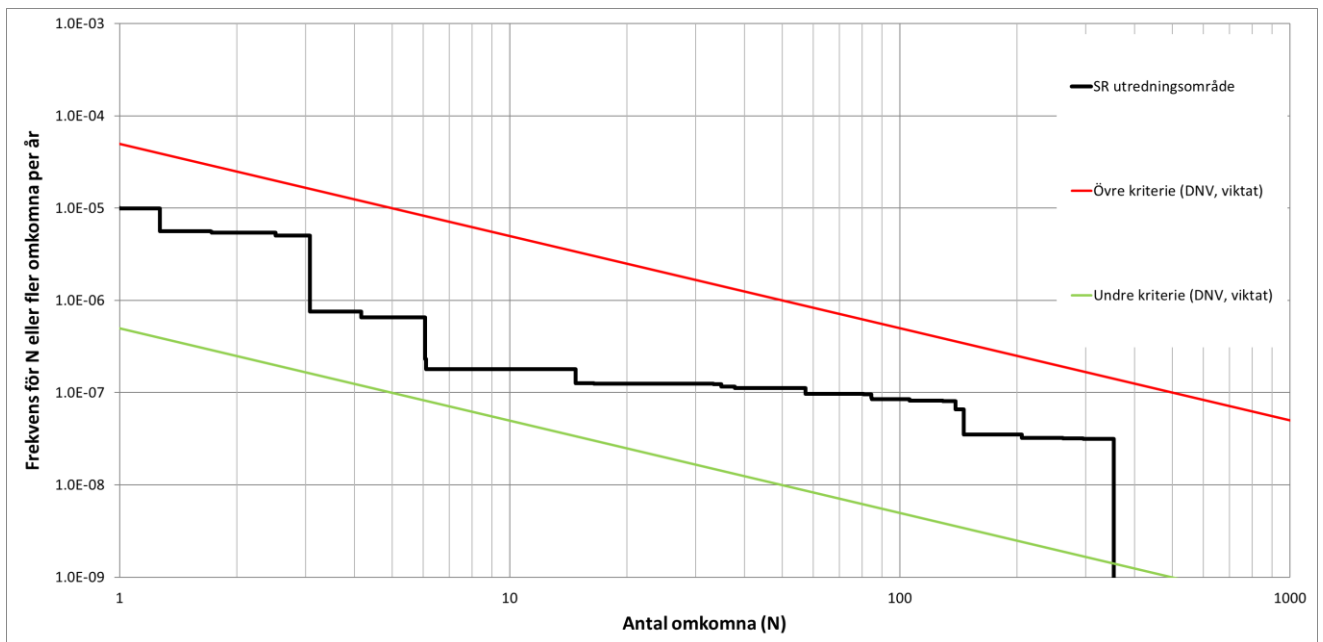
Det antas att 90 % av personerna i Zon 1 och Zon 2 befinner sig inomhus under dagtid och att 99 % befinner sig inomhus under nattetid. För personer som vistas inomhus har skyddsgrader antagits, se Bilaga G.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast spår. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till järnväg/väg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna.

För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

4.2.2 Beräknade samhällsriskenivå för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan

Figur 16 illustrerar beräknad samhällsrisk för aktuellt område med avseende på Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan sammantaget. De diagonala linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området enligt kriterier från DNV.



Figur 16. Samhällsriskenivå för utredningsområdet.

Figur 16 visar att samhällsriskenivån delvis ligger högt inom ALARP-området, men utan att överstiga oacceptabla nivåer.

5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [18], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

Åtgärderna kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [18]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan.

Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

5.1 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

I detta avsnitt presenteras förslag på riskreducerande åtgärder.

5.1.1 Placering av friskluftsintag

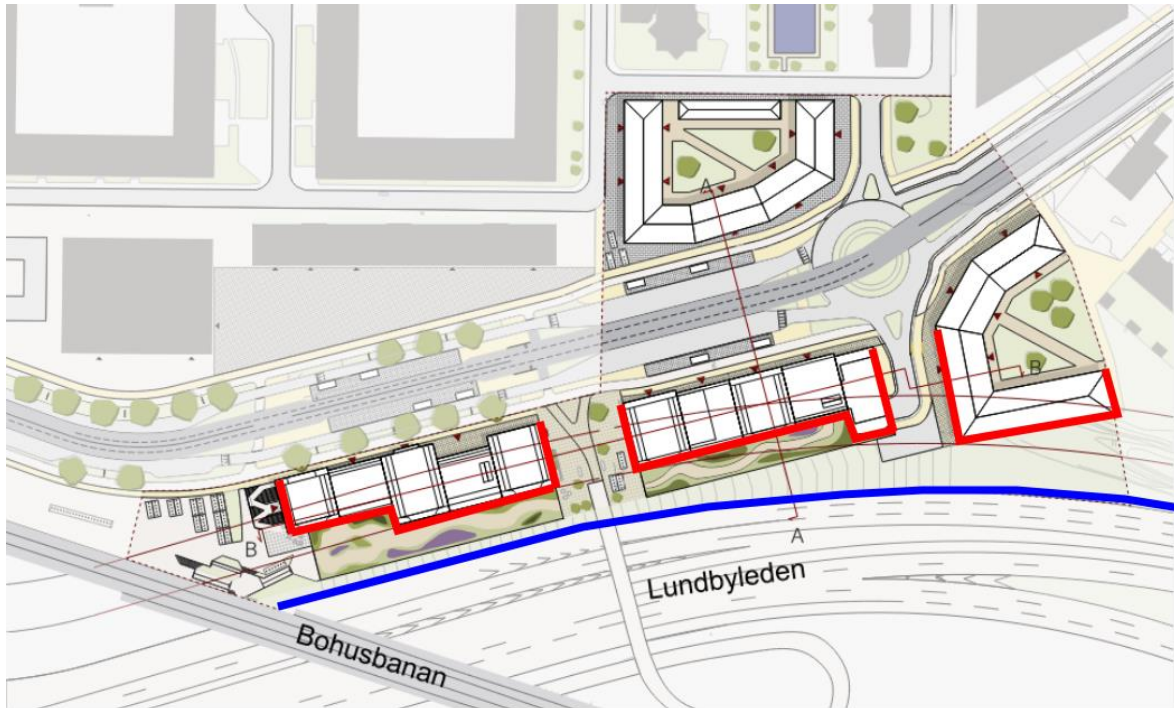
Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnader via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projektanpassad.

Om bostäder inte utförs med centralstyrd tilluft ska öppningar (fönster, dörrar och ventilationsdon) i dessa gå att stänga av boende.

WSP rekommenderar att friskluftsintag ska placeras på oexponerad sida (bortvända från Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan) på samtliga byggnader inom utredningsområdet. Detta rekommenderas eftersom giftiga gasmoln har långa konsekvensavstånd.

5.1.2 Barriär mot avåkning och vätskespridning

För att förhindra avåkningar från Lundbyleden rekommenderas att en barriär installeras som kan motstå tunga fordon, se blå markering i Figur 17. Eftersom det saknas detaljerad information om den framtida topografin är det inte möjligt att avgöra om topografin är ogynnsam för vätskespridning. Tills vidare rekommenderas därför att barriären även utformas för att förhindra vätskespridning in på utredningsområdet. Med vätskespridning syftas det i första hand till spridning av brandfarliga vätskor till följd av farligt gods-olyckor på Lundbyleden.



Figur 17. Röda markeringar visar fasader där brandskyddsklass rekommenderas. Blå markering visar placering av barriär mot avåkning och vätskespridning. Bilden är omarbetad från en bild skapad av Okidoki arkitekter i Brunnsbo Torg Förstudie [3].

5.1.3 Brandklassade fasader

Gäller byggnaderna söder om spårvägen och de fasader som vetter mot Lundbyleden och Bohusbanan, se röda markeringar i Figur 17. Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand och/eller jetflamma.

Obrännbara fasadmateriell och takytskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnader, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnader till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmateriell för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön. Genom att utforma ytterväggar inom 30 meter från väg och järnväg i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnader i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Fönster kan tillåtas vara öppningsbara eftersom de förväntas vara stängda större delen av tiden [19]. Observera att brandklassade väggar kan utformas med brännbara material och ytskikt.

5.1.4 Utrymningsmöjligheter

Det ska vara möjligt för personer i byggnaderna inom området att utrymma bort från Bohusbanan och Lundbyleden och bort från en eventuell olycka. Utrymning kan därmed ske till viss del i skydd av framförvarande byggnad och minska exponering för olyckan i samband med utrymning.

5.1.5 Utökat skyddsavstånd

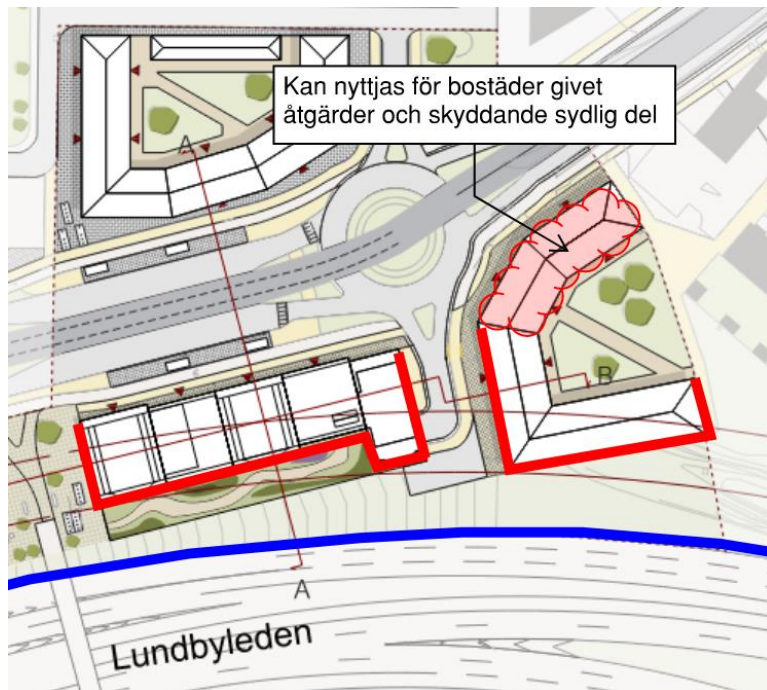
Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet. Översiktsplanen för Göteborg hänvisar till ett skyddsavstånd om 30 meter från väg och järnväg enligt Figur 2. Detta avstånd bör inte underskridas.

Verksamheten har uppgett att ett skyddsavstånd till bebyggelse på 30 meter kan hållas mellan Bohusbanan och planområdet. Avståndet mellan Lundbyleden och planområdet kommer uppgå till 15 meter. Beräkningarna visar att ett skyddsavstånd på 15 meter mellan Lundbyleden och bebyggelse på planområdet inte medför oacceptabel risknivå.

5.1.6 Disposition av utredningsområdet

Genom att reglera användandet av utredningsområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. T.ex. kan ekonomibyggnader eller garage utgöra barriär mot mer skyddsvärda byggnader som bostäder, skola eller sjukvård. För ytor med förhöjd risk kan användandet regleras till parkmark, teknikbyggnader eller annan verksamhet som inte ger upphov till stadigvarande vistelse.

De tre byggnader som är placerade mellan spårvägen och Lundbyleden kan nyttjas för kontor. Bostäder kan accepteras i den nordöstra delen av den östligaste av dessa byggnader, givet riskreducerande åtgärder vidtas och att den sydliga delen av den byggnaden utförs lika hög som bostadsdelen, se Figur 18.



Figur 18: Del av byggnad nära Lundbyleden som kan nyttjas för bostäder med riskreducerande åtgärder.

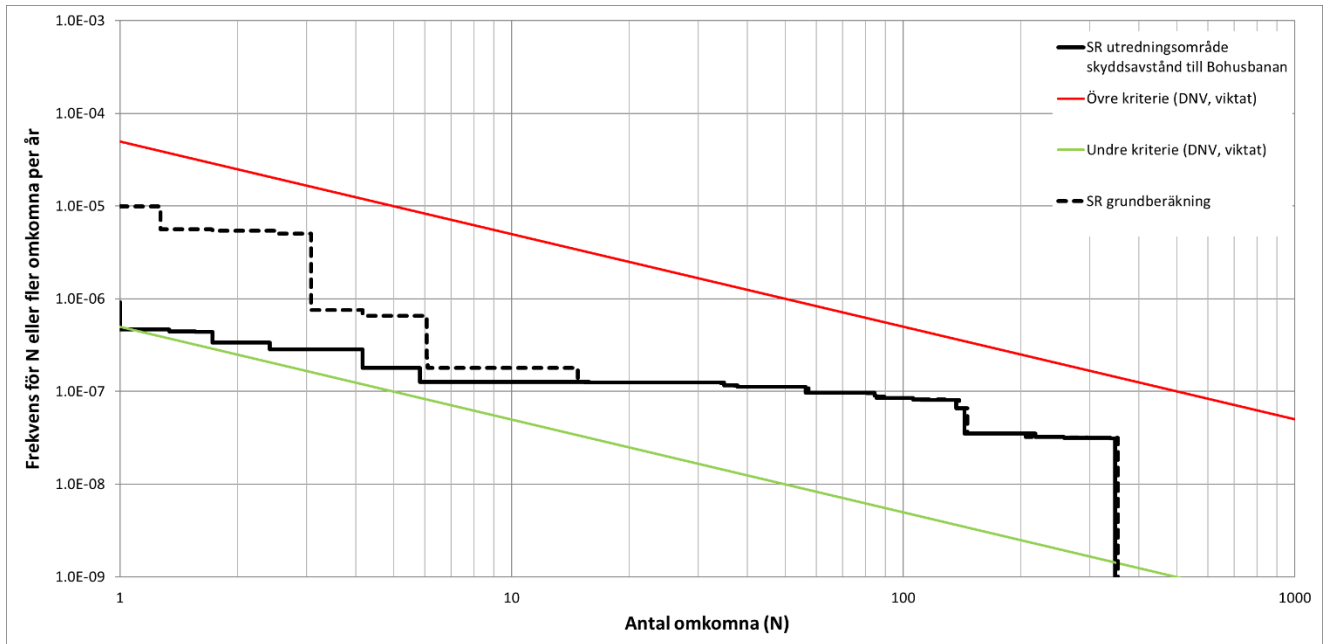
Utomhusmiljön vid dessa byggnader bör inte utformas så att den uppmuntrar till stadigvarande utomhusvistelse. Det rekommenderas även att se över placeringarna av parkeringshusen inom utredningsområdet. Parkeringshusen skulle kunna placeras närmare Lundbyleden och Bohusbanan och således utgöra ett visst skydd för bakomvarande byggnader.

5.2 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDERNAS EFFEKT PÅ RISKNIVÅER

I detta avsnitt redovisas vilken effekt några av de rekommenderade åtgärderna har på risknivåerna.

5.2.1 Utökat skyddsavstånd till Bohusbanan

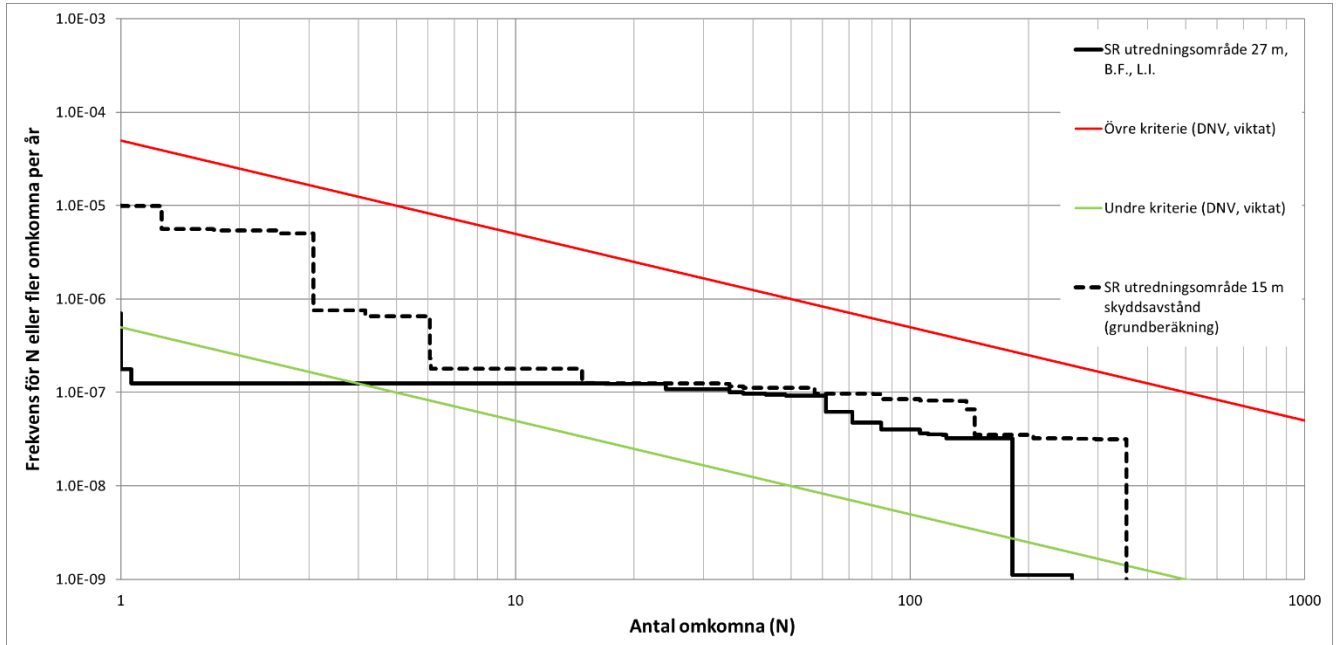
Figur 19 visar hur samhällsrisknivån påverkas av ett utökat skyddsavstånd mellan planområdet och Bohusbanan från 15 till 27 meter.



Figur 19. Jämförelse i samhällsrisknivå då det bebyggelsefria avståndet från Bohusbanan är 15 (streckad linje) och 27 meter (heldragen linje).

5.2.2 Skyddsavstånd om 27 meter, placering av friskluftsintag och brandskyddsklassad fasad

Figur 20 visar hur samhällsrisknivån påverkas av placering av friskluftsintag bort från riskkällorna (Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan), brandskyddsklass för de fasader som vetter mot riskkällorna, samt ett utökat skyddsavstånd till 27 meter från Bohusbanan.



Figur 20. Samhällsrisknivå för grundscenariot ("SR utredningsområdet") och samhällsrisknivå med placering av friskluftsintag bort från riskkällorna, brandklassad fasad och utökat skyddsavstånd till 27 meter från Bohusbanan ("SR utredningsområdet F.I., B.F. & S.A. 27 m").

Figur 20 visar att de riskreducerande åtgärderna har effekt på samhällsrisknivån som hamnar lägre i ALARP-området jämfört med samhällsrisknivån för grundscenariot.

6 DISKUSSION

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

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

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [20]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [20]

7 SLUTSATSER

En kvantitativ riskbedömning har utförts för att utreda lämpligheten med planerad detaljplan inom det aktuella utredningsområdet utifrån riskpåverkan från Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.

Genomförda beräkningar visar att individrisknivån inom området är oacceptabel inom 27 meter från Bohusbanan och inom ALARP 27 meter från Lundbyleden. Den kumulativa individrisken för Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan är även den oacceptabel till och med 27 meter från Bohusbanan/Lundbyleden. Därefter är individrisken i mitten av ALARP-området och från ca 40 meter är individrisken i den nedre delen av ALARP-området.

Samhällsrisken har beräknats för utredningsområdet avseende farligt godstransporter på Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan samt urspårning på Bohusbanan och Hamnbanan. Beräkningarna visar att samhällsrisken i det studerade grundscenariot hamnar inom övre delen av ALARP-området. Riskreducerande åtgärder ska beaktas.

För att reducera risknivån inom området rekommenderas att följande åtgärder vidtas:

- *Utöka det bebyggelsefria avståndet mellan planområdet och Bohusbanan från 15 meter till minst 27 meter.*
- *För de tre byggnader som är placerade mellan spårvägen och Lundbyleden bör fasader som vetter mot Bohusbanan, Lundbyleden och Hamnbanan som lägst vara av brandteknisk klass EI 30 och fönster som lägst EW 30.*
- *Placera friskluftsintag högt på oexponerad sida, d.v.s. på motsatt sida av Bohusbanan, Lundbyleden och Hamnbanan, på alla byggnader inom utredningsområdet.*
- *Säkerställ att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från Lundbyleden, Bohusbanan och Hamnbanan.*
- *Om topografin möjliggör utläckande vätska och fordon att komma in på planområdet ska en skyddsbarriär byggas mot Lundbyleden.*
- *Byggnaderna närmast Lundbyleden ska generellt inte nyttjas för bostäder. Bostäder kan accepteras i den nordöstliga delen av den östligaste av dessa byggnader. Detta förutsätter riskreducerande åtgärder och att den sydliga delen av byggnaden utförs lika hög som bostadsdelen.*

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.

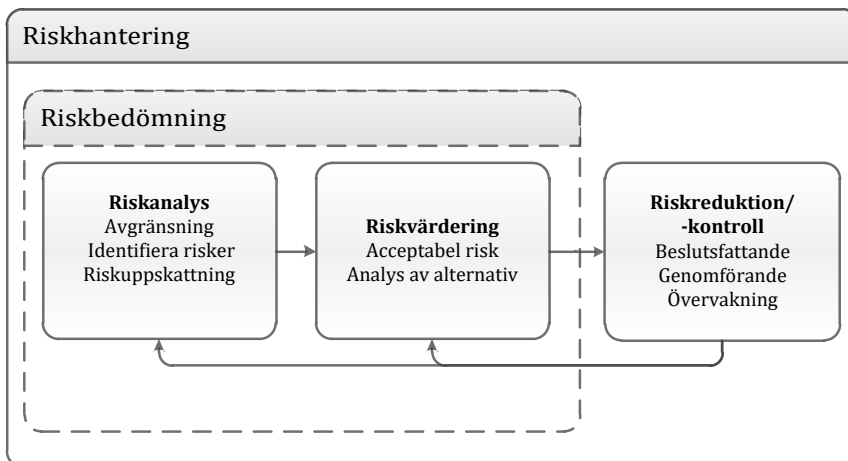
A.1. Begrepp och definitioner

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 [21] [22], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 21.

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 21. Riskhanteringsprocessen.

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

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

A.2. Riskanalysmetoder

A.2.1 Kvalitativa metoder

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [23].

A.2.2 Semi-kvantitativa metoder

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [23].

A.2.3 Kvantitativa metoder

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [24].

Bilaga B. Frekvensberäkningar - väg

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

B.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [25] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [26] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten. Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 13. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$

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

Tabell 13. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	Lundbyleden, år 2040
ÅDT _{total}	103800
ÅDT _{FG}	415
Hastighetsgräns	80 km/h
Olyckskvot (OK)	0,6
Andel Singelolyckor (SiO)	0,38
Index	0,18
Frekvens FG-olycka	1,37*10 ¹

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

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 [27] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-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.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [27].	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 [28].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [26]. 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.

I aktuell beräkning baseras indata om farligt gods-transporter på väg på målpunktsanalys, genomförd av COWI för detaljplan för Backaplan, vilken även den ligger längs med Lundbyleden [13]. Indata redovisas i avsnitt 3.2.

I efterföljande avsnitt i denna bilaga redovisas egenskaperna hos farligt gods-klasserna som är aktuella för den här riskbedömningen.

B.3. ADR-S Klass 2 – Gaser

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

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [27]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

B.3.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [29]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [30].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

B.3.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [31]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [25].

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

B.3.1.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [25] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [25].

B.3.1.3. Antändning

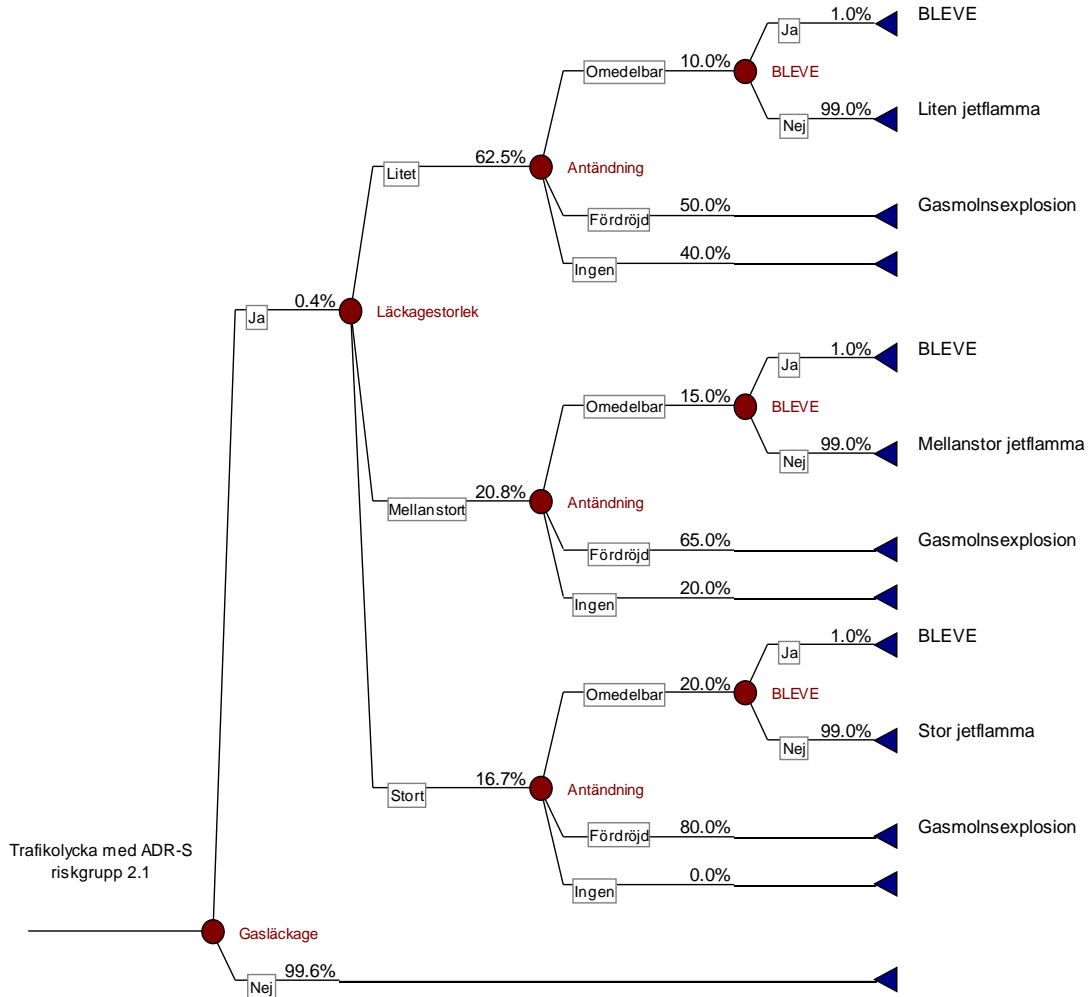
När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [32], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

B.3.1.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta tycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

B.3.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 22 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



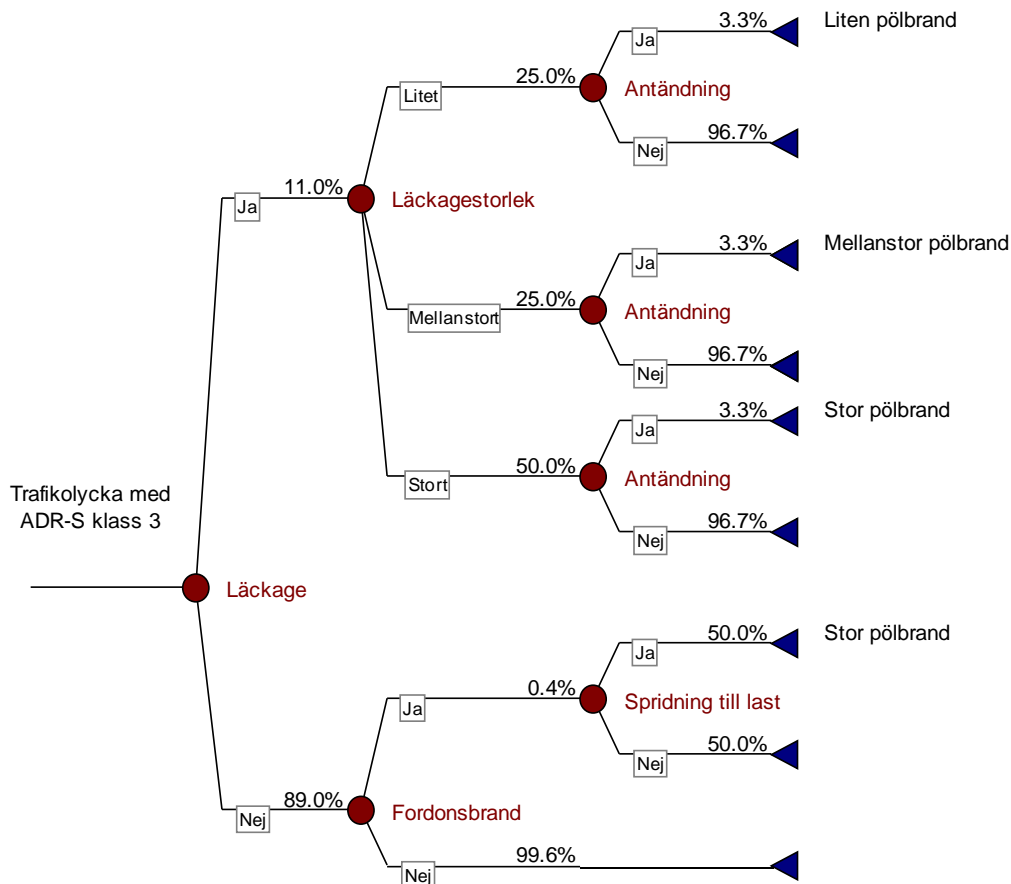
Figur 22. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

B.4. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

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

B.4.1 Händelseträd med sannolikheter

I Figur 23 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 23. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 13

B.4.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 13.

B.4.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [33] [34]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [25]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.4.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [35]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [36].

B.4.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka börjar brinna cirka 0,4 % [37] [38]. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

B.5. Ackumulerad olyckspåverkan

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

Bilaga C. Konsekvensberäkningar - väg

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

C.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, se antagande i avsnitt 2.4 och 4.2.1.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisikberäkningarna.

För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

C.2. Antagande om olyckans placering

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

C.3. ADR-S klass 2 – Gaser

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

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

C.3.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* [37] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [25] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 15. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

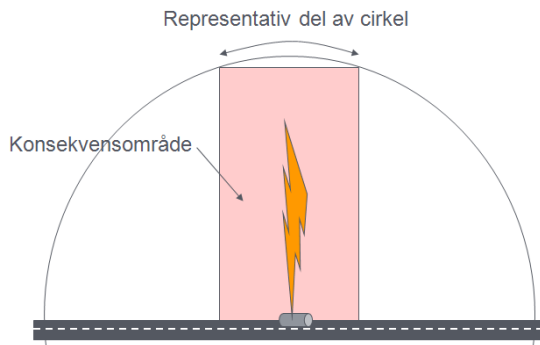
C.3.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [38]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.3.1.2. Jetflamma

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

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [38], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [39] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammans konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 24.



Figur 24. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

C.3.1.3. Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran *Spridning Luft* [37] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 24.

C.3.1.4. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

- BLEVE 170 meter
- Liten jetflamma 5 meter
- Medelstor jetflamma 17 meter
- Stor jetflamma 73 meter
- Gasmolnexplosion 42 meter

C.4. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [30] [40].

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

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [30]. I Tabell 16 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 16. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	21 meter
Stort utsläpp	400 m ²	27 meter

Bilaga D. Frekvensberäkningar - järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [41]. 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.

D.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 utredningsområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km för både Bohusbanan och Hamnbanan.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser är cirka 28 124 persontåg och 2 557 godståg per år för Bohusbanan och 24 837 godståg per år för Hamnbanan (persontåg trafikeras ej på studerad sträcka på Hamnbanan) med prognos år 2040 för båda järnvägarna.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser är 140 621 personvagnar per år och 43 465 godsvagnar per år för Bohusbanan och för Hamnbanan 422 229 godsvagnar per år.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 2 för både Bohusbanan och Hamnbanan
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan saknas för både Bohusbanan och Hamnbanan.

D.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 17 [41]:

Tabell 17. 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		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

D.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 [41] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

D.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med utredningsområdet finns inga plankorsningar.

D.1.4 Växling och rangering

I höjd med utredningsområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

D.1.5 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 17 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

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

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

I Tabell 18 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 18. 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 persontåg	Frekvens (per år)
Vagnfel persontåg	$\varphi(\text{vagnfel persontåg})$
Solkurvor	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Spårlägesfel	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
Σ	$\varphi(\text{persontåg})$

D.1.6 Sannolikhet för kollision med objekt i omgivningen

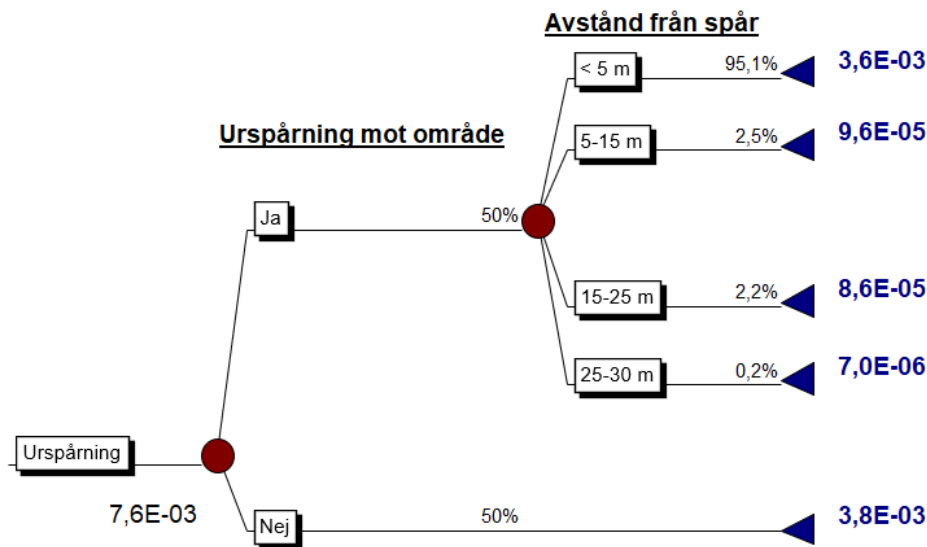
Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 19 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar 92 % persontåg och 8 % godståg för Bohusbanan och för Hamnbanan antas inga persontåg trafikera sträckan och således är 100% godståg [41].

Tabell 19. Avstånd från spårmittpunkt (m) för urspårade vagnar. Värdena gäller för Bohusbanan.

Avstånd från spårmittpunkt	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,52%	18,23%	2,52%	2,24%	0,18%

Motsvarande Tabell för Hamnbanan tas ej med eftersom den ligger så pass långt bort från undersökt område att urspårning ej antas påverka risknivåerna.

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmittpunkt vid urspårning är mycket liten [42]. Enligt Tabell 19 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 25.



Figur 25. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

D.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 [27] 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. Tabell 20 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 20. 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 [27].	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 [28].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [26]. 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.

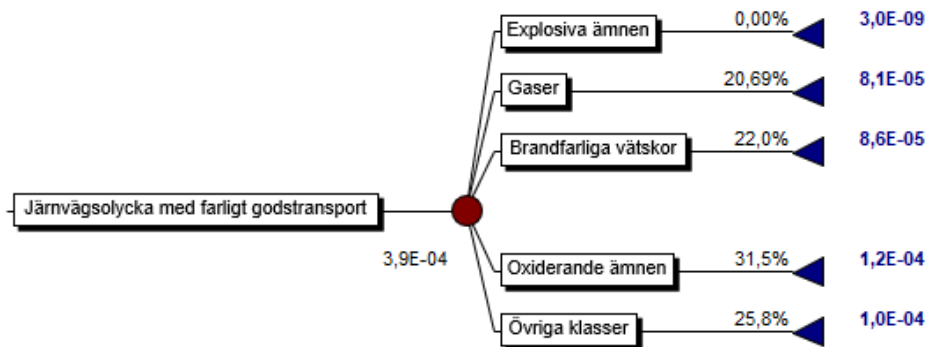
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt D.1.5 beräknad till 0,00135 per år för Bohusbanan och 0,0137 för Hamnbanan. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [43]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

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

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

I händelseträdet, se Figur 26, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser (på Bohusbanan/Hamnbanan) inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 26. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods på Bohusbanan/Hamnbanan.

D.3. Olycksscenarioer – händelseträdsmetodik

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

D.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.

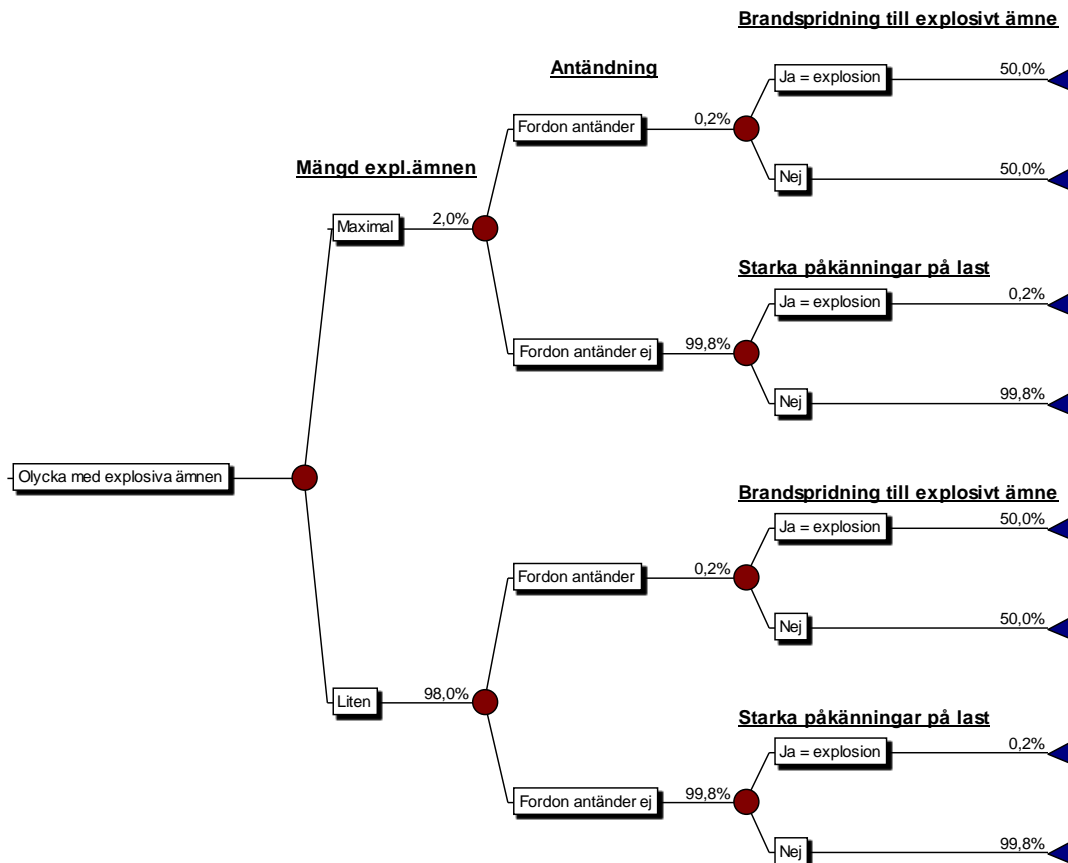
Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [44]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga 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 transportererna på mer än 500 kg explosivt ämne [45].

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 [46] [47]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [48].

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 [49]. 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 [36] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 27 redovisas möjliga scenarier.



Figur 27 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [50], antas 87 % av transportererna 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 [41]. 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

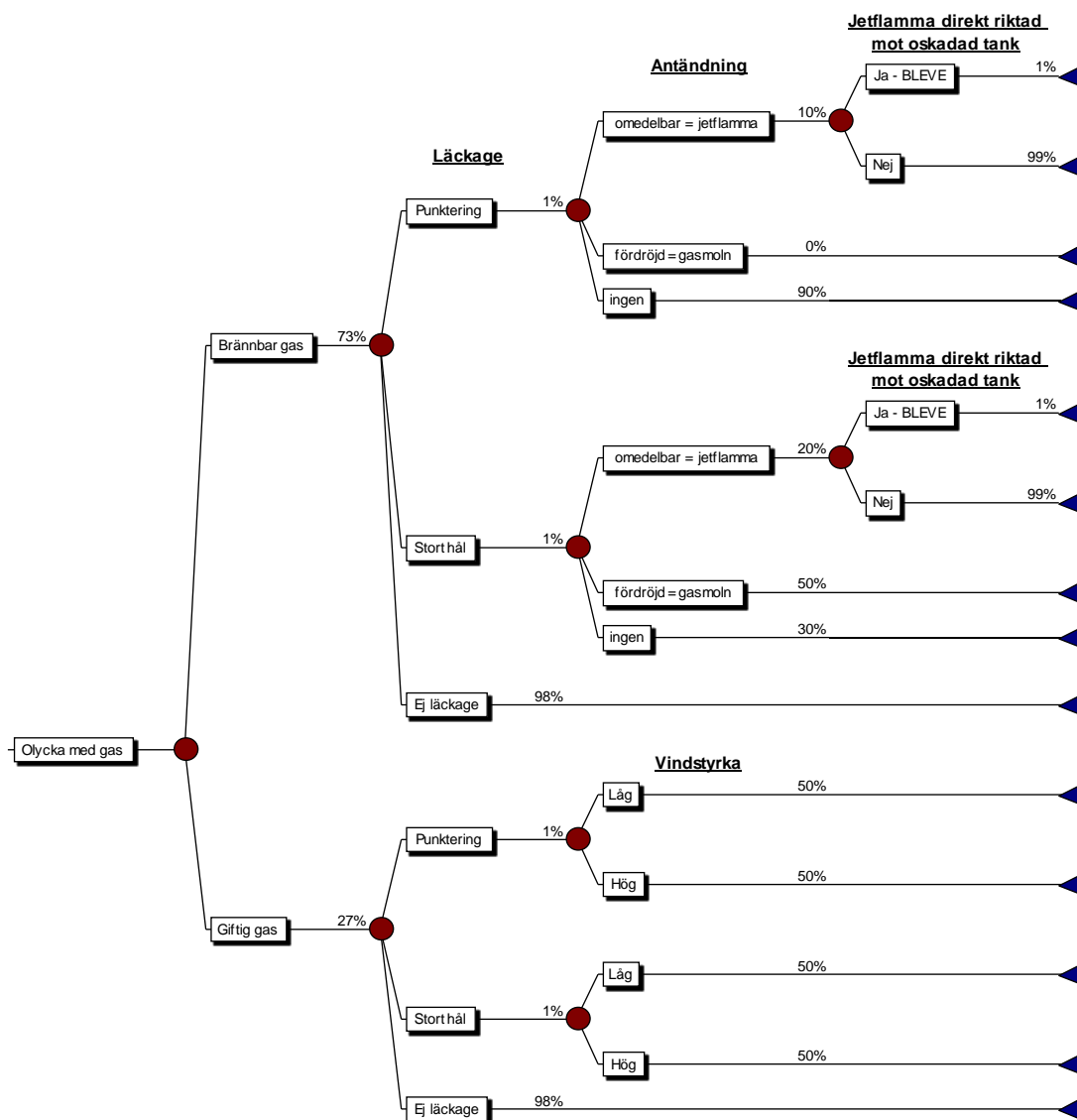
saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [51] 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 % [51]. 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 28 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

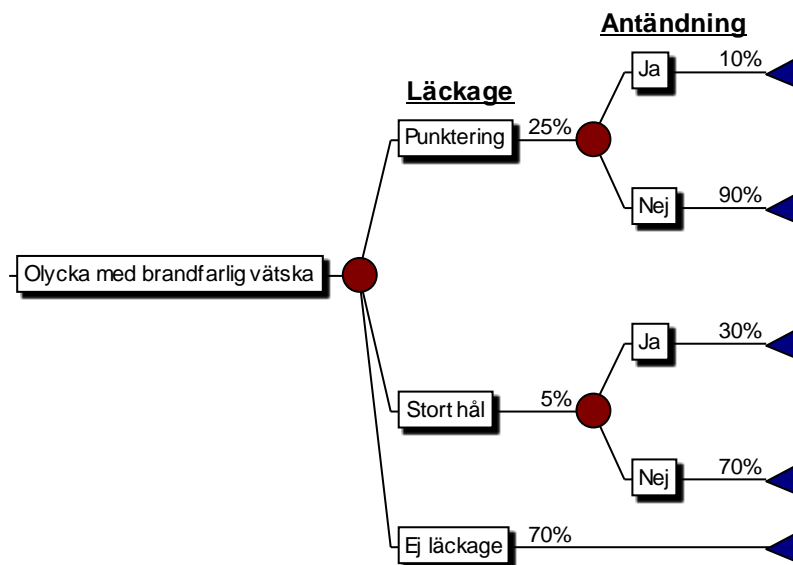


Figur 28. Händelseträ för farligt gods-olycka med gas i lasten.

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

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [41]. 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 % [41]. I Figur 29 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 29. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

D.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.

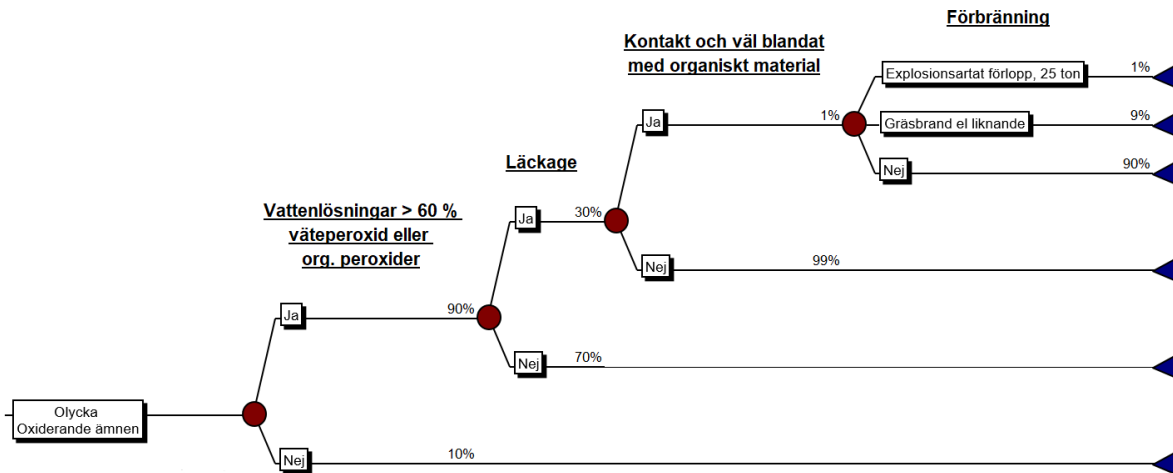
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

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

Transportstatistik [44] anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt D.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 %

[48]. 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 30 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 30. Händelsesträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

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

Bilaga E. Konsekvensberäkningar - järnväg

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

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar 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 beaktats.

E.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 persontåg eller godståg.

E.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 0. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

E.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) [52].

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 [38]. 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.

Samttaget 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* [53] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 21. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 21. 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 luftstötstågen.

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

E.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 [54].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [55]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [56], 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 22 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 22. 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* [57] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^2) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [57]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [57].

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 23.

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 23. 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

² Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

E.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 [55].

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 [58].

I Tabell 24 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 24. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

E.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 urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor [48], se vidare avsnitt D.3.1.

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

Tabell 25. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

E.3. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt D.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt E.2, med den persontäthet som antagits i området. Skyddsfaktorer enligt Bilaga G används för att beräkna antalet omkomna inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser.

Bilaga F. Skyddsfaktorer

Vid beräkningar av samhällsrisken för det aktuella utredningsområdet och omnejd har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningar så som CPR 18E [59]. I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Explosioner

Tryckvågor från större explosionslastar 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 [60]. Inom Zon 1 antas en skyddsfaktor på 50 % för explosioner om 20 kPa vid inomhusvistelse och för explosioner om 180 kPa antas ingen skyddsfaktor vid inomhusvistelse. Byggnader inom Zon 2 kommer delvis vara skyddade från tryckpåverkan av framförvarande byggnader inom Zon 1. Skyddsgraden vid inomhusvistelse inom Zon 2 till följd av explosioner på vägen och järnvägen antas uppgå till 50 % för 20 kPa och för 180 kPa antas inga skyddsfaktorer.

Olycksscenarier med brännbara gaser

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från jetflamnor. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. Skyddsgraden för jetflamnor antas uppgå till 50 % vid inomhusvistelse i Zon 1 och Zon 2. 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 [61]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [61]. 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 olycksscenarioet inte inträffar momentant. Skyddsfaktorn vid en BLEVE vid inomhusvistelse inom Zon 1 och Zon 2 ansätts till 75 %.

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 [62]. 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 1 avseende utsläpp av giftig gas antas konservativt i beräkningarna endast uppgå till 50 %. Inom Zon 2 antas skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på utsläpp av giftig gas öka till 95 %.

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 olycksscenarioer som medför pölbrand.

Bilaga G. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Göteborgs stad, *Översiktsplan för Göteborg - Vägledning för hantering av risker vid anläggningar och transportleder med farligt gods. Bilaga till antagandehandling.*, 2021.
- [3] Okidoki åt Göteborgs stad, *Brunnsbo torg förstudie*, 2023.
- [4] WSP, *Trafikanalys för Norra Älvstranden och Backaplan*, 2022.
- [5] Trafikverket, *Fastställelsehandling Bohusbanan, delen Brunnsbo station. Plan och miljöbeskrivning.*, 2022.
- [6] Trafikverket, *Fastställelsehandling E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet - Ringömotet.*, 2017.
- [7] COWI, "Riskanalys för detaljplan för Backaplan," COWI, Göteborg, 2020.
- [8] Göteborgs stad, Stadsbyggnadskontoret, *Avropsförfrågan riskutredning*, 2022.
- [9] Liljewall och Framtiden, *Brunnsbo strukturplan, Underlag för detaljplan - Preliminär tillkommande BTA*, 2022.
- [10] Trafikverket, *Lundbyleden, delen Brantingsmotet-Ringömotet*.
- [11] Trafikverket, *NJDB webb*.
- [12] Trafikverket, *Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahammen*, 2014.
- [13] Stadsbyggnadsförvaltningen Göteborg, *Uppskattat antal personer per kvadratmeter, mailkonversation*, 2023.
- [14] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [15] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [16] Göteborgs stad, *Statistikdatabas*.
- [17] Stadsbyggnadsförvaltningen Göteborg, *Bild på områdesgränserna, mailkonversation.*, 2023.
- [18] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [19] Länsstyrelsen Stockholm, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods.*, 2016.
- [20] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [21] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [22] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [23] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.

- [24] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [25] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [26] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [27] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [28] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [29] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [30] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [31] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [32] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [33] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [34] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [35] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [36] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [37] SIKa, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [38] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [39] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [40] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [41] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [42] BBR, Boverket, 2006.
- [43] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [44] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [45] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [46] Trafik analys - TRAFa, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [47] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [48] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.

- [49] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [50] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [51] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [52] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [53] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [54] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [55] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [56] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [57] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank*.
- [58] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [59] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [60] Ministry of Transport and Water Management, CPR 14E: Methods for the calculation of physical effects, Haag: Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1996.
- [61] 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.
- [62] Advisory Council on Dangerous Substances , "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.



UPPDRAGSNUMMER
10353091

DATUM
2024-01-10

UPPDRAGSNAMN
Riskutredning för detaljplan i Brunnsbo

FÖRFATTARE
Anton Petersson

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

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

[wsp.com](https://www.wsp.com)

