

Riskanalys

Tvärbanan Kistagrenen – sträckan vid Solvalla

Underlag för detaljplanearbete

2019-04-09

Dokumenttyp: Riskanalys

Uppdragsnamn: Tvärbanan Kistagrenen – sträckan vid Solvalla
Fördjupad utredning avseende olycka med farligt gods på Ulvsundavägen

Uppdragsnummer: 107756

Datum: 2019-04-09

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Rosie Kvål

Handläggare: Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 60
E-post: erik.midholm@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2019-04-05	EMM	PWT	Granskningshandling
2019-04-09	EMM	PWT	Version 1

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte	4
1.3	Omfattning.....	4
1.4	Internkontroll.....	4
2.	OBJEKTBESKRIVNING	5
2.1	Tvärbanan Kistagrenen	5
3.	RISKINVENTERING	8
3.1	Ulvsundavägen (väg 279).....	8
4.	INLEDANDE RISKANALYS.....	12
5.	FÖRDJUPAD RISKANALYS.....	13
5.1	Metodik.....	13
5.2	Resultat	15
5.3	Värdering av risk	19
6.	SLUTSATSER	21
7.	BILAGOR	22
8.	REFERENSER	22

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Trafikförvaltningen har gett Brandskyddslaget AB i uppdrag att ta fram ett PM Risk och Säkerhet för utbyggnaden av Kistagrenen. Under våren 2015 utförde Brandskyddslaget riskidentifiering samt en kvalitativ uppskattning av riskernas omfattning (PM Risk och Säkerhet, senast reviderad 2015-05-18 /1/). Utifrån den kvalitativa uppskattningen konstaterades att det förekommer ett antal risker som behöver studeras och beaktas vidare i projekteringen och planeringen av Kistagrenen.

Under perioden 2015-2017 utförde Brandskyddslaget en fördjupad utredning av risker förknippade med driftskedet som har påverkan på tredje man och kringliggande bebyggelse samt påverkan på räddningstjänstens insatsmöjligheter (PM Risk och Säkerhet – Fördjupad utredning, senast reviderad 2017-01-13 /2/). Handlingen omfattar dessutom en fördjupad utredning av risker förknippade med kringliggande riskobjekt och dess påverkan på spårvägens trafikantsäkerhet. I PM Risk och Säkerhet – Fördjupad utredning görs en kvalitativ bedömning av påverkan på spårvägens trafikantsäkerheten avseende olycka på närliggande farligt godsleder, bl.a. Ulvsundavägen.

Brandskyddslaget har fått i uppdrag att komplettera utredningen om risk och säkerhet med en fördjupad riskanalys avseende olycka med farligt gods på Ulvsundavägen. Denna komplettering har tillkommit efter inkomna synpunkter i dialog med Länsstyrelsen i Stockholms län.

Den fördjupade riskanalysen utgör ett underlag till utformningen av spårvägen samt till detaljplan för Tvärbanan Kistagrenen – Sträckan vid Solvalla, del av fastigheten Bällsta 1:9 m.fl. i stadsdelarna Riksby och Bällsta i Stockholm (Dp. 201717192-54).

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

1.3 Omfattning

Handlingen omfattar risker förknippade med spårvägens driftskede. De skyddsobjekt som beaktas omfattar trafikantsäkerhet.

Den fördjupade riskanalysen avgränsas till att studera olycka med farligt gods på den närliggande Ulvsundavägen. Analysen avgränsas till att studera risker med avseende på påverkan på hälsa och säkerhet för människor inom det aktuella planområdet (Dp. 201717192-54). Markanvändningen inom planområdet medför att samtliga som förväntas vistas inom planområdet utgör spårvägsanvändare.

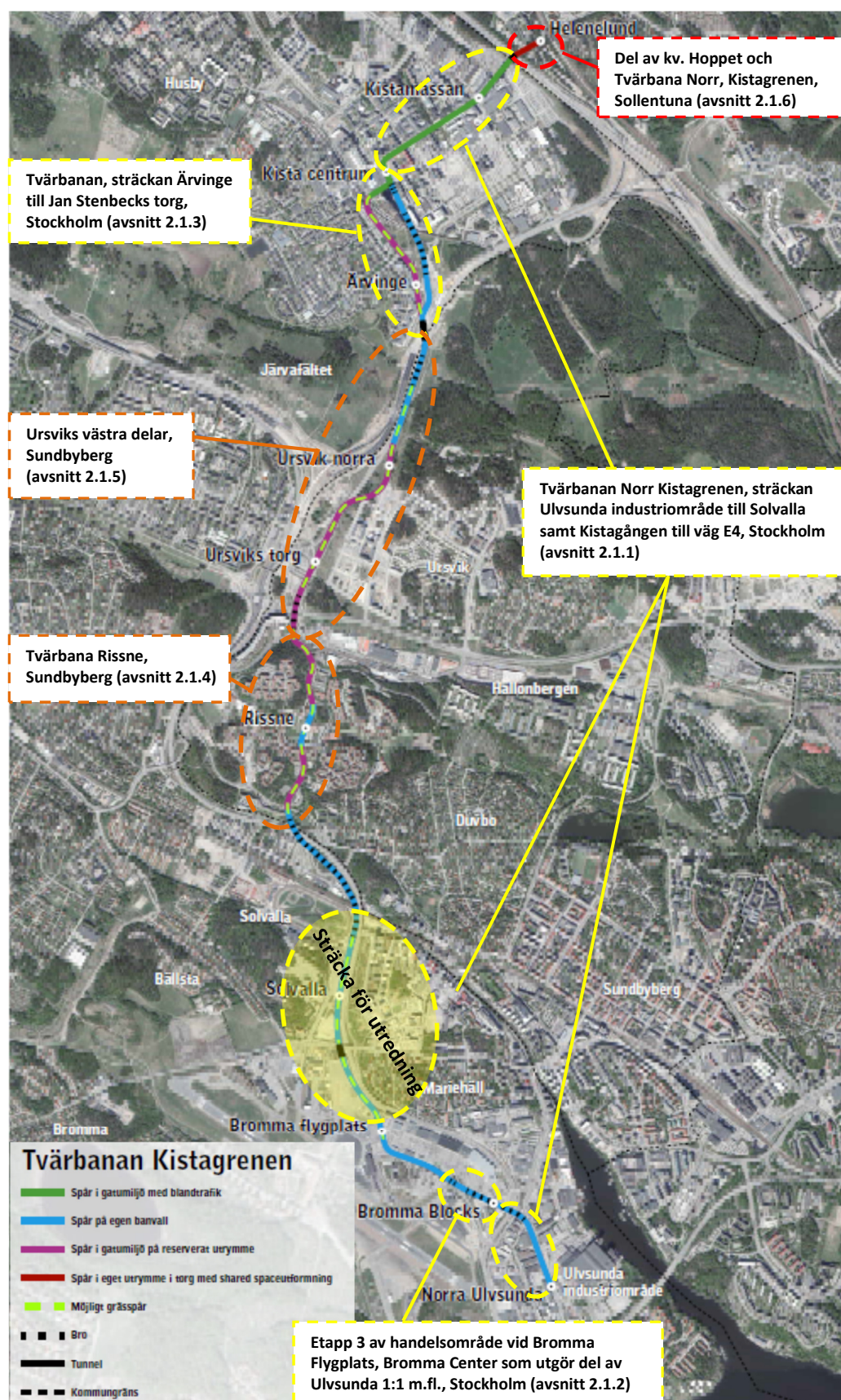
1.4 Internkontroll

Riskanalysen omfattas av Brandskyddslagets kvalitetsledningssystem som innebär att en annan konsult i företaget har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits (internkontroll). Signatur i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

2. Objektbeskrivning

2.1 Tvärbanan Kistagrenen

Tvärbanan Kistagrenen är en planerad utbyggnad av Tvärbanan. Den ska starta efter hållplatsen Norra Ulvsunda i Bromma och sträcka sig till Helenelund pendeltågstation i Sollentuna. Kistagrenen är 8 km och passerar 10 hållplatser i de tre kommunerna Stockholm, Sundbyberg och Sollentuna. Figur 2.1 redovisar planerad sträckning.



Figur 2.1. Utbyggnad av Tvärbanan Kistagrenen. I figuren markeras de sträckor som behandlas i respektive planprogram/detaljplan. Den sträcka som studeras i aktuell utredning markeras med gul överstrykning.

2.1.1 Detaljplan för Tvärbanans Kistagrenen, sträckan vid Solvalla

I figur 2.1 markeras den sträcka som behandlas i detaljplanen.

Kistagrenen går efter hållplats Norra Ulvsunda över Ulvsundavägen på en egen bro och stannar vid en hållplats mellan två nya galleriabyggnader inom Bromma Blocks. Efter nedfarten till handelsområdet fortsätter den på plan mark fram till Bromma flygplats.

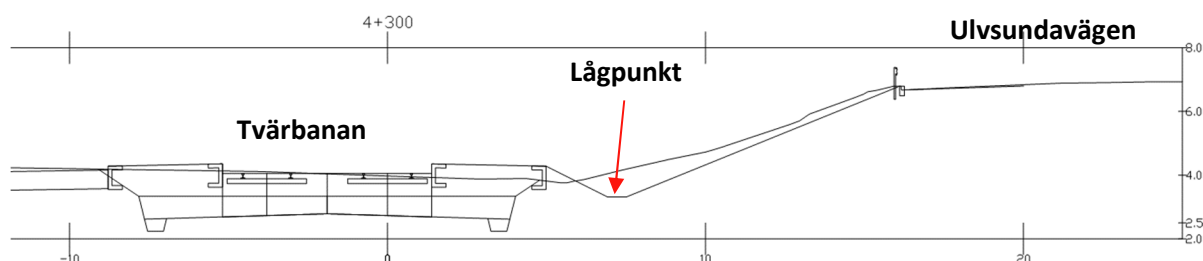
Kistagrenen går vidare mot Solvalla och Annedal. Spårvägen fortsätter därefter på bro över Mälarbanan och Ulvsundavägen samt längs Kavallerivägen till Rissne centrum. I Rissne placeras den fjärde hållplatsen med möjlighet till byte till tunnelbanans linje mot Hjulsta eller buss.

På sträckan förläggs spårvägen med spår på egen banvall. Spårvägen går längs med Ulvsundavägen och leds i en tunnel under Bällstavägen strax söder om hållplats Solvalla. I höjd med Solvalla travbana går spårvägen över på egen bro parallellt med Ulvsundavägen över Mälarbanan. Bron går därefter över Ulvsundavägen för att landa i Sundbyberg.

Hastigheten på den aktuella sträckan är 50-70 km/h.

Utmed sträckan planeras en hållplats: Solvalla.

Utmed sträckan vid Solvalla kommer Tvärbanans spår delvis att ligga något lägre än Ulvsundavägens vägbanor. Dock så placeras spåren inte i den absoluta lågpunkten i slänten utan det kommer att bildas ett dike mellan vägbanan och spår, se illustration i figur 2.2.



Figur 2.2. Sektion Tvärbanan vid hållplats Solvalla.

3. Riskinventering

3.1 Ulvsundavägen (väg 279)

3.1.1 Allmänt

Väg 279 löper mellan väg 275 (Drottningholmsvägen) och E18 (Kymplingelänken).

Utmed den aktuella sträckan vid Solvalla har Ulvsundavägen trafikledsstandard med 2 körfiler i vardera riktningen. De båda körriktningarna är åtskilda med en barriär. Den skyltade hastigheten på vägen är 70 km/h.

Ulvsundavägen är, utmed sträckan mellan Bromma Blocks till den planskilda korsningen med Bällstavägen samt utmed sträckan från i höjd med Hästsportens hus och vidare norrut på bron över Mälarbanan, utrustad med befintligt vägräcke klassat som katastrofsäkert. Detta betyder att det klarar ett fordon på 15 ton i 50 km/h i 90 graders påkörning utan att utböjas mer än 1,2 meter. Detta bedöms som tillräckligt skydd för att hindra vägfordon från att nå spårområdet trots att den skyltade hastigheten är 70 km/h. Detta på grund av att en eventuell påkörningsvinkel i de allra flesta fall är långt under 90 grader. Se figur 3.1 och figur 3.2.



Figur 3.1. Ulvsundavägen på sträckan mellan Bromma Blocks och Bällstavägen.



Figur 3.2. Ulvsundavägen på sträckan förbi Solvalla, upp mot bron över Mälarbanan.

Vidare så är Ulvsundavägen utrustad med kantsten utmed hela den aktuella sträckan där Tvärbanan planeras löpa parallellt med vägen. Ulvsundavägen har dessutom ett fungerande system med dagvattenbrunnar.

3.1.2 Trafiksiffror

I trafikbulerutredning som har upprättats av Tyréns redovisas en sammanställning av prognosticerade trafikmängder på kringliggande vägar för år 2015 respektive prognosåret 2030 /3/. För den aktuella sträckan av Ulvsundavägen var årsmedeldygnstrafiken år 2015 ca 40 000 fordon per dygn. För prognosår 2030 förväntas trafiken öka till 55 000 fordon per dygn. Tung trafik förväntas utgöra ca 10 %.

3.1.3 Transporter av farligt gods

Allmänt

När det gäller plötsliga och oväntade olyckshändelser, vilket är det som studeras i denna analys, rör det sig huvudsakligen om hantering, eller transporter, av farligt gods.

Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig själv eller kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skada på människor, djur och miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande. Farligt gods delas in i klasser (riskkategorier) utefter de egenskaper ämnet har. De olika klasserna delas i sin tur in i underklasser, se tabell 3.1.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S /4/.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2- Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsoljor, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljárn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc.
6	Giftiga ämnen	Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest etc.

Med hänsyn till riskerna som förknippas med transporter av farligt gods finns det särskilda anvisningar kring vilka vägar som först och främst ska användas för dessa transporter. Det rekommenderade vägnätet för transporter av farligt gods delas upp i primära och sekundära transportleder. De primära vägarna bildar stommen i det rekommenderade vägnätet och ska användas för genomfartstransporter. På dessa vägar går det ofta stora mängder av farligt gods och det kan normalt förekomma transporter av flera olika typer. De sekundära transportlederna är avsedda för lokala transporter från och till avnämare för farligt gods. De sekundära transportlederna ska normalt inte användas för genomfartstrafik.

Länsstyrelsen i Stockholms län har i samråd med kommuner och berörda myndigheter antagit rekommendationer för transport av farligt gods på vägarna inom länet. Det rekommenderade transportnätet redovisas i /5/.

Statistik farligt godstransporter

Det finns för närvarande ingen detaljerad statistik över mängder och fördelning av farligt godstransporter på enskilda vägar. MSB (tidigare Räddningsverket) har utfört ett antal kartläggningar av mängderna farligt gods på större vägar (bl.a. under september år 2006 /6/). Undersökningen från 2006 redovisar transportmängder av respektive farligt godsklass i övergripande kartmaterial. Kartmaterialet redovisar dock inte transportvägarna i Stockholms närhet, varför det inte går att utläsa hur transporterna går i anslutning till det aktuella exploateringsområdet.

I maj och oktober 2015 genomfördes en mätning av antalet farligt godsfordon vid 15 mätpunkter i Stockholm /7/. Mätningen genomfördes via detektion med hjälp av trafikameror. En av dessa mätpunkter omfattar Tranebergsbron (väg 275) ca 5 kilometer söder om den aktuella sträckan av Ulvsundavägen. En del av farligt godstransporterna som går på Tranebergsbron bedöms passera den aktuella sträckan, men inte all trafik. På Tranebergsbron passerade under oktober 2015 sammanlagt 1 088 transporter med farligt gods. Vanligast förekommande ämnen var bensin och diesel.

Trafikanalys, som bl.a. ansvarar för statistik inom området vägtrafik, upprättar årliga statistikrapporter över den totala lastbilstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges vägar. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2013-2017 /8/ uppskattas farligt godstransporter i genomsnitt utgöra ca 1-1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter på svenska vägar (om man istället studerar transporterade godsmängder så utgör farligt gods ca 2,5-3 % av de totala transporterade godsmängderna). Enligt statistiken utgör brandfarliga vätskor ca 55 % av det totala antalet farligt godstransporter. Vidare utgör gaser ca 18 % och frätande ämnen ca 13 % av transporterna. Explosiva ämnen och oxiderande ämnen utgör tillsammans ca 3 % av transporterna. Utifrån trafikprognosen för år 2030 enligt avsnitt 3.1.2 skulle detta motsvara ca 24 185 transporter av farligt gods per år på Ulvsundavägen.

Transporter av farligt gods på aktuella vägar

Ulvsundavägen (väg 279) är klassad som primär transportled för farligt gods /5/.

De målpunkter för farligt gods som har identifierats utmed Ulvsundavägen utgör huvudsakligen bensinstationer och Bromma flygplats, vilket innebär att den absolut största andelen av transporterna kommer att utgöra brandfarliga vätskor (klass 3). Antalet bensinstationer samt Bromma flygplats innebär att antalet transporter av bensin, diesel och etanol respektive flygbränsle bedöms vara relativt stort. Däremot har det inte kunnat identifieras några verksamheter som innebär några stora och frekvent förekommande transporter av explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2) eller oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Länsstyrelsen har dock beslutat att ge Norra länken, delen under Hagastaden, tunnelkategori B, med ett undantag för transporter av brännbara gaser (klass 2.1), klassificeringskoder F, TF och TFC /9/. Detta innebär ett förbud mot transporter av farligt gods som vid olycka kan leda till en mycket stor explosion, förutom brännbar gas. Förbudet omfattar transporter av massexplosiva ämnen (klass 1) där den totala nettovikten överstiger 1 ton. Dessa transporter ska då hänvisas till ett omledningsvägnät som omfattar av vägarna 275, 279 och E18.

Mängden farligt gods på Ulvsundavägen kommer konservativt att uppskattas utifrån den genomsnittliga nationella andelen enligt statistik från Trafikanalys /8/, d.v.s. ca 1,5 % av den tunga trafiken antas utgöras av farligt gods. Med de trafikmängder som redovisas i avsnitt 3.1.2 så innebär detta ca 65 farligt godstransporter per dygn, d.v.s. ca 24 185 farligt godstransporter per år på Ulvsundavägen. Även fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna antas på de primära transportlederna motsvara det nationella genomsnittet enligt statistiken från perioden 2013-2017 /8/. Se vidare tabell 3.2.

I tabell 3.2 redovisas en sammanställning av uppskattade transportmängder farligt gods på Ulvsundavägen. Transportmängderna har beräknats för prognosåret 2030.

Tabell 3.2. Uppskattat antal transporter med farligt gods per år Ulvsundavägen år 2030.

Klass	Andel	Uppskattat antal transporter
1. Explosiva ämnen och föremål	0,6%	141
2. Gaser	18,3%	4436
3. Brandfarliga vätskor	55,7%	13467
4. Brandfarliga fasta ämnen	1,0%	248
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	2,7%	660
6. Giftiga ämnen	4,8%	1156
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	13,0%	3151
9. Övriga farliga ämnen och föremål	3,8%	924
Totalt		24 185

4. Inledande riskanalys

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S. I tabellen nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive ADR-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom det aktuella planområdet.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

De identifierade olyckshändelserna som i den inledande analysen bedöms kunna inträffa samt kan medföra konsekvenser för det aktuella området studeras vidare i en fördjupad, kvantitativ, riskanalys.

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper.

Frekvensberäkningarna utförs i enlighet med den metod som anges i *Farligt gods – Riskbedömning vid transport /10/*. Som underlag till beräkningarna när det gäller antalet vagnar/transporter med farligt gods har vi valt att använda oss av genomsnittlig nationell statistik från Trafikanalys (se tabell 3.2). Frekvensberäkningarna är genomförda för en uppskattad framtida trafik för prognosåret 2030.

Konsekvensberäkningar har genomförts genom att för respektive scenario bedöma inom vilka skadeområden som personer antas omkomma inomhus respektive utomhus. Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt godsklasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för respektive olycksrisk. För scenarier med gasol har beräkningar genomförts med hjälp av simuleringsprogrammet **Gasol** som är utgivet av MSB /11/. Utsläpp av giftig gas har simulerats med hjälp av programmet **Spridning i luft 1.2** /11/. Beräkningar av explosionslaster samt strålningsberäkningar för utsläpp och antändning av brännbar vätska har utförts med handberäkningar.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

Beräkning av individrisk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av **individrisk**.

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar den kumulerade frekvensen (per år) för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som den sammanlagda frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

Bedömning av samhällsrisk

Fördjupade riskanalyser omfattar normalt även beräkning **samhällsrisk**. Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) som visar den kumulerade frekvensen för N, eller fler än N antal omkomna. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Samhällsrisk kommer inte att beräknas för den aktuella detaljplanen. Detta beror på att acceptanskriterierna för samhällsrisk avser 1 km² med den tillkommande markanvändningen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Den aktuella detaljplanen omfattar markanvändning som medför en mycket varierande persontäthet/-belastning inom det studerade området. Under stora delar av tiden så kommer detaljplanen inte medföra några personer alls inom det studerade området. Att de studerade olycksriskerna skulle föranleda konsekvenser inom det aktuella planområdet kräver att olyckan antingen inträffar samtidigt som en spårvagn trafikerar den aktuella sträckan eller att olyckan inträffar i höjd med den planerade hållplatsen vid Solvalla i samband med att en spårvagn anländer eller avgår (d.v.s. då det vistas personer vid hållplatsen). Sannolikheten för detta är mycket låg.

För att ändå få en vägvisning om vilken påverkan som den planerade markanvändningen kan komma att ha på samhällsrisk utmed Ulvsundavägen har det istället utförts bedömningar hur aktuella olycksrisker påverkar samhällsrisk inom kringliggande områden. Denna bedömning utgår från en jämförelse mellan beräknade frekvenser för respektive skadescenario i förhållande till acceptanskriterierna för samhällsrisk (se avsnitt 5.1.3). Hur mycket som den planerade markanvändningen påverkar samhällsrisk inom det studerade området kommer att beakta hur stor sannolikheten är att det vistas personer inom planområdet samtidigt som det inträffar en olycka.

5.1.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk* /12/ ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 5.1.

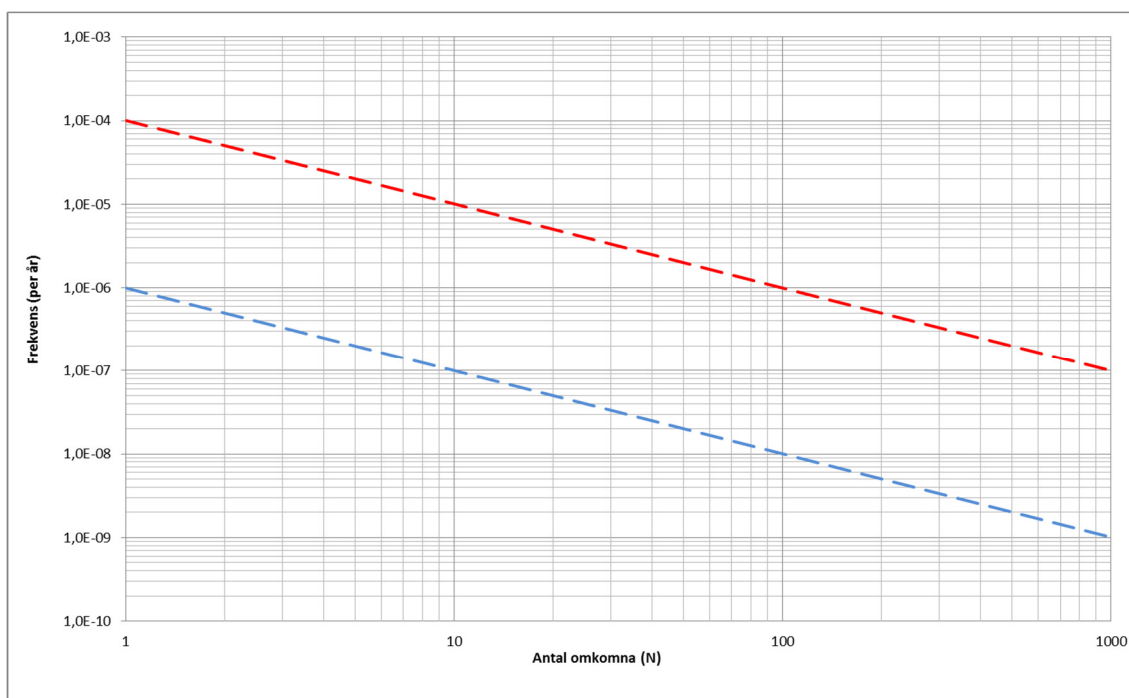
Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg-/järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	10 ⁻⁵	F=10 ⁻⁴ per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10 ⁻⁷	F=10 ⁻⁶ per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1

Enligt tabell 5.1 anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls.

Riskkriterierna för samhällsrisk illustreras dessutom i figur 5.1.



Figur 5.1. FN-diagram med föreslagna riskkriterier enligt DNV /12/.

5.2 Resultat

5.2.1 Beräkning av individrisk

I figur 5.2 redovisas individrisken som funktion av avståndet till Ulvsundavägen. Avståndet i diagrammet utgår från närmaste väggkant. Individrisken redovisas för prognosår 2030.

Den platsspecifika individrisken redovisas i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från de studerade riskkällorna. Riskprofilen som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförallande bebyggelse.

Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från respektive riskkälla. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

Vid redovisning av individrisken är det ett par faktorer som behöver beaktas, dels var en olycka antas inträffa och dels skadeområdets utbredning:

- De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomma minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
- Beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde

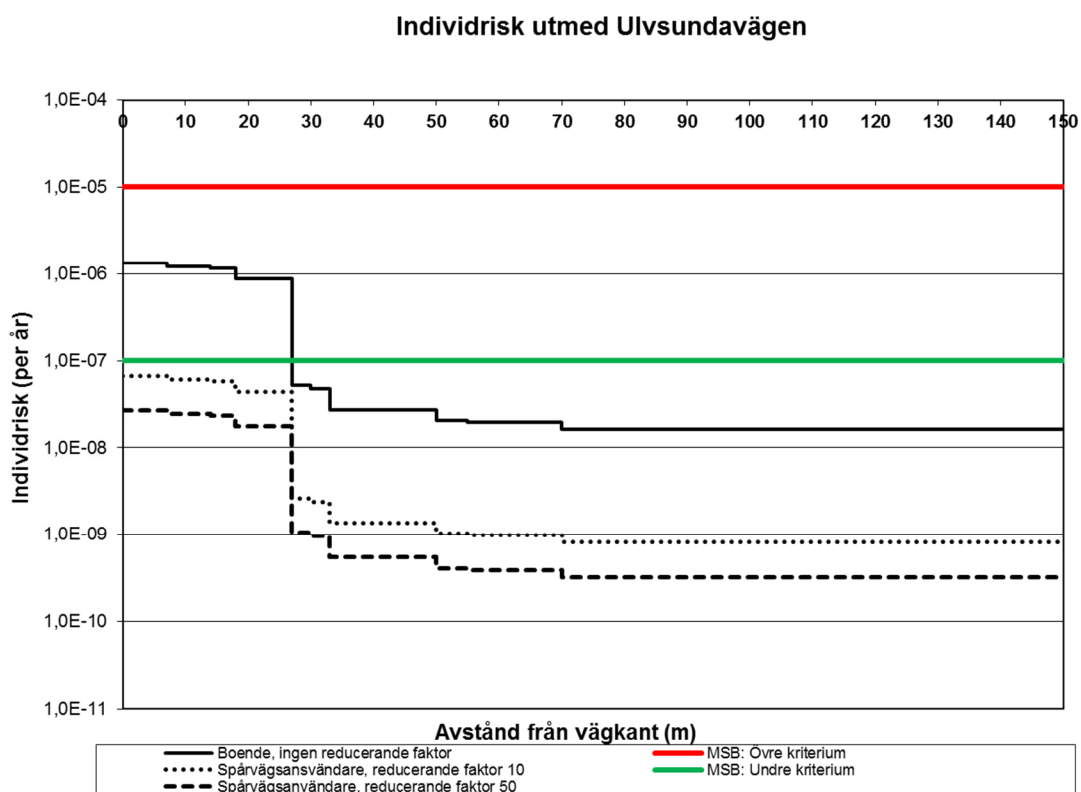
kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång järnvägssträcka.

- För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.
- Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt Värdering av risk /1/ bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande.

För boende görs ingen korrigering. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För väganvändare kan individrisken reduceras med en faktor 100, vilket utgår från ett antagande att en person som passerar riskkällan på en väg inte är närvarande mer än 1 % av tiden. För pendlare i kollektivtrafik som passerar riskkällan regelbundet kan individrisken vara något högre. I de fortsatta beräkningarna kommer individrisken för spårvägsanvändare att reduceras med en faktor 20-50, d.v.s. en person som passerar riskkällan inte är närvarande mer än 2-5 % av tiden. Detta är ett mycket konservativt antagande.

/1/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997



Figur 5.2. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ulvsundavägen (mätt från närmaste vägkant). – Individrisk för spårvägsanvändare reduceras med en faktor 20-50 med hänsyn till att en person som passerar på spårvägen inte är närvarande mer än en begränsad del av tiden. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

5.2.2 Bedömning av samhällsrisk

Samhällsrisk värderas enligt tidigare utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /12/*, se tabell 5.1 och figur 5.2.

I bilaga C görs en grov rangordning av studerade skadescenarier med avseende på potentiella konsekvenser vid en olycka på den aktuella vägsträckan. I tabellen redovisas den kumulativa frekvensen för de studerade skadescenarierna, vilket sedan jämförs med acceptanskriterierna. Utifrån detta görs en bedömning av hur stora konsekvenserna behöver bli för att risknivån ska hamna inom ALARP respektive över oacceptabel risknivå. Eftersom riskkriterierna avser en 1 km lång sträcka så utgår bedömningen av olycksfrekvensen för en 1 km lång sträcka.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsrisk, framförallt med avseende på konsekvensernas storlek vid händelse av en olycka:

- Respektive skadescenario antas bl.a. inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet.
- Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom planområdet och kringliggande bebyggelse kommer att variera kraftigt under dygnet. Detta gäller i synnerhet för det aktuella planområdet eftersom markanvändningen är spårväg. Under stora delar av dygnet så kommer det därför inte att vistas någon, eller ett mycket begränsat antal, inom planområdet, medan det under andra delar av dygnet (och året) kan komma att vistas ett relativt stort personantal:

Planområdet:

- Trafiken på Kistagrenen börjar relativt glest utifrån befintligt resandeunderlag samt för att köra in den nya linjen. Turtätheten ökas successivt därefter. Körtiden från Alvik till Helenelund är beräknad till ca 24 min baserat på maximal turtäthet, 6-minuterstrafik (år 2030). Detta motsvarar 150 avgångar i varje riktning per dygn och medför således 300 spårvagnspassager per dygn år 2030. Utifrån tidtabellen beräknas större delen av spårvagnarna trafikera sträckan mellan klockslagen 05:00-00:00. Detta innebär att under åtminstone ca 20 % av dygnet (5/24 timmar) så förväntas det inte vistas någon inom planområdet (Nattetid).

Under dagtid så blir spårvagnstätheten i medeltal, då hänsyn tas till att trafiken främst förekommer under 19 av dygnets 24 timmar = $300/19 = 15,8$ tåg per timme (summerat i båda riktningar), vilket motsvarar ett tåg per var 3,8:e minut.

Maxfarten på den studerade sträckan är 80 km/h. Med hänsyn till hållplatsen vid Solvalla så uppskattas genomsnittshastigheten vara 50 km/h. Att passera en sträcka på 1 km tar 1,2 minuter (1 minut och 12 sekunder).

Givet att det under en genomsnittlig timme passerar 15,8 tåg per timme så kommer det att finnas en spårvagn på den aktuella sträckan under sammanlagt ca 19 minuter ($15,8 \times 1,2$) av denna timme. Sannolikheten att en spårvagn befinner sig på den aktuella sträckan är därmed ca $19 / 60 = 31,5$ % av de timmar då det förekommer spårtrafik (05:00-00:00), d.v.s. sammanlagt ca 25 % av dygnet ($31,5 \% \times 19/24$) – (Dagtid – passerande tåg). Detta innebär att under ytterligare ca 50 % av dygnet ($(68,5 \%) \times 19/24$ timmar) så förväntas det inte vistas någon inom planområdet (Dagtid – ej passerande tåg).

Under vardagsdygn uppskattas antalet personer som vistas vid en hållplats ungefär motsvara antalet personer på en spårvagn. Med hänsyn till närliggande verksamheter (Solvalla) så kan det dock vistas fler personer vid den aktuella hållplatsen vid Solvalla under begränsade tider, d.v.s. inför och efter evenemang. Mycket grovt antas detta högst kunna inträffa i genomsnitt ca 2 h per vecka, vilket motsvarar sammanlagt ca 1 % av ett år.

Kringliggande områden:

- Även inom kringliggande områden utmed den aktuella vägsträckan förväntas personantalet variera relativt kraftigt över dygnet och året. På samma sida som Tvärbanan är kringliggande område idag utmed en längre sträcka relativt obebyggda. Markanvändningen utgörs av markparkering samt travbana med tillhörande läktare. Stockholm Stad har dock påbörjat ett planarbete (planprogram Södra Solvallastaden) för delar av dessa områden, vilket syftar till att bygga en ny stadsdel med relativt mycket bostadsbebyggelse. Planarbetet är i ett mycket tidigt skede och det har ännu inte redovisats någon situationsplan för området. Programförslaget för området Södra Solvallastaden innebär ett avstånd på minst 40 meter mellan Ulvsundavägen och ny bebyggelse.

På motsatt sida av Ulvsundavägen utgörs bebyggelsen av bostäder, först villabebyggelse inom ca 25-75 meter från vägen och därefter flerbostadshus.

Baserat på beskrivningen av kringliggande bebyggelse samt planerad markanvändning inom det aktuella planområdet görs bedömningen att inget av de studerade scenarierna kommer medföra att samhällsriskerna hamnar på en oacceptabel nivå. Med befintlig kringliggande bebyggelse bedöms samhällsriskerna till stor del hamna på en acceptabel nivå eller inom den nedre halvan av ALARP. Den planerade nya stadsdelen Södra Solvallastaden kommer innebära en ökning av samhällsriskerna, men avståndet mellan Ulvsundavägen och planerad bebyggelse kommer medföra att ökningen begränsas. Med hänsyn till föreslagna bebyggelsestruktur så bedöms den planerade nya stadsdelen inte innebära att samhällsriskerna kommer att hamna på en oacceptabel nivå.

Eftersom markanvändningen inom det aktuella planområdet medför att personer endast kommer att vistas där under en begränsad del av tiden görs bedömningen att dessa tillfälliga personbelastningar i direkt närhet till riskkällan har en mycket begränsad påverkan på samhällsriskerna. Detta gäller även med hänsyn tagen till den planerade nya stadsdelen Södra Solvalla. För de scenarier som endast kan komma att innebära konsekvenser i de fall som det vistas personer inom planområdet, med hänsyn till skadeavståndet, så är frekvenserna för att olyckan inträffar när det vistas personer inom planområdet mycket låga.

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Utifrån figur 5.1 går det att utläsa att individrisken är mindre än 10^{-7} per år vid avstånd över 25-30 meter från Ulvsundavägen. Inom ca 25 meter från vägbanan hamnar individrisknivån inom ALARP. Detta gäller dock för personer som förväntas vistas inom det studerade området 100 % av tiden. I figur 5.1 redovisas dessutom individrisken för t.ex. spårvägsanvändare som endast förväntas vistas inom det studerade området under begränsade delar av tiden, vilket medför att individrisken för dessa personer kan reduceras med en faktor 20-50. Individrisken för spårvägsanvändare är mindre än 10^{-7} per år.

Individrisken för spårvägsanvändare är därmed acceptabel med befintlig utformning av Ulvsundavägen och bedöms därmed inte föranleda något krav på ytterligare säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna inom områdena utmed den studerade sträckan av Ulvsundavägen bedöms till stor del hamna på en acceptabel nivå eller inom den nedre halvan av ALARP. Den planerade nya stadsdelen Södra Solvallastaden kommer innebära en ökning av samhällsriskerna, men avståndet mellan Ulvsundavägen och planerad bebyggelse kommer medföra att ökningen begränsas och exploateringen förväntas inte innebära att samhällsriskerna kommer att hamna på en oacceptabel nivå.

Eftersom markanvändningen inom det aktuella planområdet medför att personer endast kommer att vistas där under en begränsad del av tiden görs bedömningen att dessa tillfälliga personbelastningar i direkt närhet till riskkällan har en mycket begränsad påverkan på samhällsriskerna. Detta gäller även med hänsyn tagen till den planerade nya stadsdelen Södra Solvalla. För de scenarier som endast kan komma att innebära konsekvenser i de fall som det vistas personer inom planområdet, med hänsyn till skadeavståndet, så är frekvenserna för att olyckan inträffar när det vistas personer inom planområdet mycket låga.

Med hänsyn till det mycket begränsade bidraget som planerad markanvändning medför på samhällsriskerna så bedöms det inte föranleda något krav på ytterligare säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

6. Slutsatser

Det aktuella planområdet ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på den närliggande Ulvsundavägen.

Genomförd riskanalys av identifierade risker förknippade med Ulvsundavägen visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Planerad markanvändning med spårvägstrafik innebär dock att individrisken för spårvägsanvändare blir mycket låg eftersom de inte vistas inom området mer än mycket korta stunder av tiden. Individrisken för spårvägsanvändare är acceptabel med befintlig utformning av Ulvsundavägen och bedöms därmed inte föranleda något krav på ytterligare säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

Riskanalysen omfattar endast en övergripande bedömning av planförslagets påverkan på samhällsriskerna utmed den aktuella vägen. Samhällsriskerna inom områdena utmed den studerade sträckan av Ulvsundavägen bedöms till stor del hamna på en acceptabel nivå eller inom den nedre halvan av ALARP. Den planerade nya stadsdelen Södra Solvallastaden kommer innebära en ökning av samhällsriskerna, men avståndet mellan Ulvsundavägen och planerad bebyggelse kommer medföra att ökningen begränsas. Med hänsyn till föreslagen bebyggelsestruktur så bedöms den planerade nya stadsdelen inte innebära att samhällsriskerna kommer att hamna på en oacceptabel nivå. Risker förknippade med Ulvsundavägen kommer dock att hanteras vidare i den fortsatta planeringen av den nya stadsdelen.

Eftersom markanvändningen inom det aktuella planområdet medför att personer endast kommer att vistas där under en begränsad del av tiden görs bedömningen att dessa tillfälliga personbelastningar i direkt närhet till riskkällan har en mycket begränsad påverkan på samhällsriskerna. Med hänsyn till det mycket begränsade bidraget som planerad markanvändning medför på samhällsriskerna så bedöms det inte föranleda något krav på ytterligare säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

7. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Underlag för bedömning av samhällsrisk

8. Referenser

- /1/ PM Risk och Säkerhet – Tvärbana Kistagrenen, Brandskyddslaget, Underlagshandling daterad 2015-05-18
- /2/ PM Risk och säkerhet, fördjupad utredning. Tvärbanan Kistagren. Underlag för detaljplaner i Stockholm, Sundbyberg och Sollentuna. 2017-01-13
- /3/ PM Buller, vibrationer, stömljud – Tvärbana Kistagrenen Norra Ulvsunda-Helenelund, Tyréns, daterad 2016-03-30
- /4/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2019
- /5/ 01FS 2016:10 – Länsstyrelsens i Stockholms läns kungörelse om sammanställning av rekommenderade vägar och lokala trafikföreskrifter för transporter av farligt gods i Stockholms län; (dnr 451-10401-2016), mars 2016
- /6/ Kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige under september 2006, Statens räddningsverk, 2007 (www.msb.se)
- /7/ Analyser av transporter med farligt gods, mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015, WSP, 2016-0427
- /8/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2013 (Rapportnr 2014:12), Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr 2017:14), Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr 2018:13)
- /9/ 01TFS 2016:28 – Länsstyrelsens i Stockholms läns lokala trafikföreskrifter om transport av farligt gods i del av Norra länken (tunnelkategorisering), Stockholms och Solnas kommuner; (dnr 258-17552-2015), juni 2016
- /10/ Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Räddningsverket 1996
- /11/ Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps informationsbank, RIB Xm, 2009
- /12/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Tvärbanan Kistagrenen – sträckan vid Solvalla

Uppdragsgivare

Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting

Uppdragsnummer

107756

Datum

2019-04-09

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-04-09

Internkontroll

PWT 2019-04-09

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) förknippade med farligt godstransporter på Ulvsundavägen som bedömts kunna påverka risknivån för spårvägstrafikanter:

- Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
- Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Frekvensberäkningarna har utförts utifrån trafiksiffror för prognosår 2030.

1.1 Metodik

Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /1/.

1.1.1 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation:

$$O_{FaGo} = O \times ((X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - Y^2))$$

där

O_{FaGo} = Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen

O = Antal förväntade fordonsolyckor = Olyckskvot x Totalt trafikarbete x 10^{-6} , där
Totalt trafikarbete = 365 dygn x Årsmedeldygnstrafik x Aktuell vägsträcka

/1/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

1.1.2 Fordonsbrand

Avståndet mellan Ulvsundavägen och planerad markanvändning inom det aktuella planområdet innebär att en fordonsbrand på den aktuella vägsträckan inte utgör en personrisk inom planområdet. Det finns dock transporter med farligt gods där en fordonsbrand kan utgöra startscenario som leder till olycka med farligt gods. Detta avsnitt utgör därför underlag för vidare frekvensberäkningar i avsnitt 3.

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /2/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /3/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

2. Inventering av farligt godsleder

2.1 Ulvsundavägen (väg 279)

Tabell A.1. Förutsättningar för Ulvsundavägen – Indata till frekvensberäkningar

Faktor	Beskrivning
Vägsträcka (km):	1
Bebyggelsemiljö:	Tätort (stad)
Hastighetsbegränsning (km/h):	70
Gatu-/Vägtyp:	Trafikled
Årsmedeldygnstrafik (per dygn), prognosår 2030:	55000
Andel tung trafik (%):	10%
Farligt godsled:	Primär
Andel av tung trafik som rymmer farligt gods (%):	1,2%
Antal farligt godstransporter (per dygn):	66
X = Andel farligt godstransporter av totalt antal fordon (%):	0,12%
O = Olyckskvot (trafikolycka per 10 ⁶ fkm):	0,8
Y = Andel singelolyckor (%):	25%
Index för farligt godsolycka = Sannolikhet för utsläpp givet olycka (%):	11%
Sannolikhet för utsläpp givet olycka för tjockväggig tankbil 1/30 (%):	0,4%

/2/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/3/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

3. Resultat frekvensberäkningar

3.1 Sammanställning

Tabell A.2. Beräknade olycksfrekvenser per år på studerad vägsträcka.

Skadescenario		Ulvsundavägen
O = Antal förväntade trafikolyckor per år		16,1
O _{Fago} = Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor		3,4E-02
1. Explosiva ämnen och föremål	0,6%	2,0E-04
2. Gaser	18,3%	6,2E-03
3. Brandfarliga vätskor	55,7%	1,9E-02
4. Brandfarliga fasta ämnen	1,0%	3,5E-04
5. Oxiderande ämnen	2,7%	9,2E-04
6. Giftiga ämnen	4,8%	1,6E-03
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0,0E+00
8. Frätande ämnen	13,0%	4,4E-03
9. Övriga farliga ämnen och föremål	3,8%	1,3E-03

3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt ADR-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /4/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Enligt ADR-S är det tillåtet att transportera massexplosiva ämnen i så stora mängder som 16 ton vid transporter i EX/III-fordon. Hur stor andel av transporterna som rymmer maxmängd är dock oklart.

Transportmängden och antalet transporter av massexplosiva ämnen har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /5/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.

/4/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2019

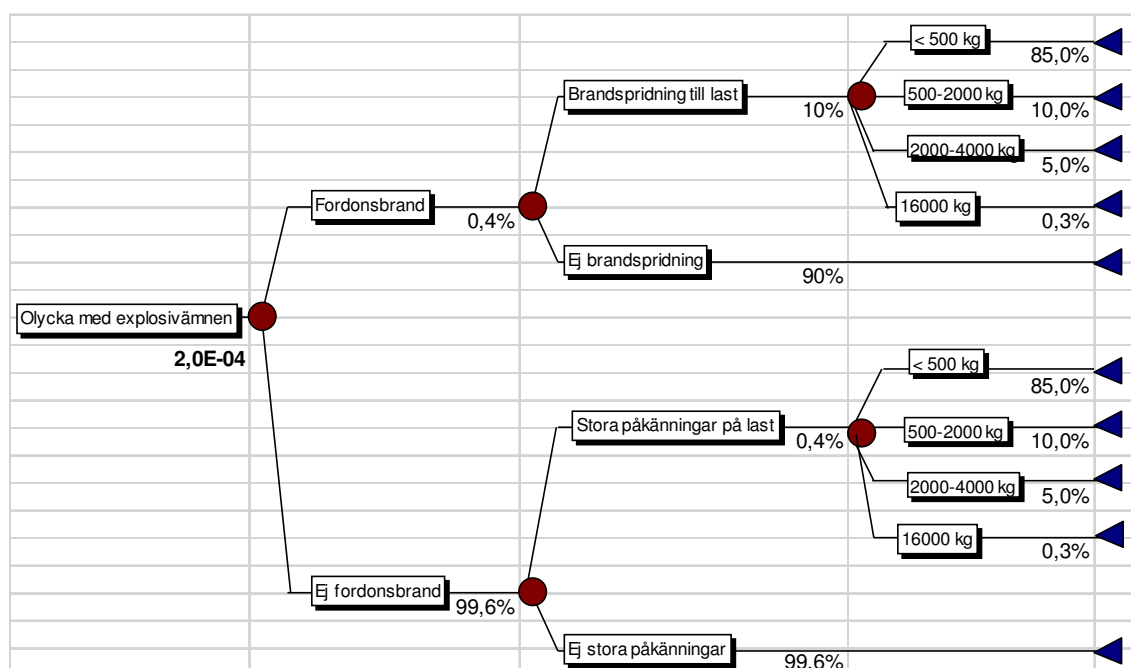
/5/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transitttransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet. Transitttransporterna rymmer troligtvis maximala transportmängder, d.v.s. 16 ton massexplosivämnen per transport. Resterande transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.
- Utifrån de uppgifter som erhållits enligt ovan har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på Ulvsundavägen:
 - < 500 kg/transport: ca 85 % (ca 1 200 transporter per år)
 - 500 – 2 000 kg /transport: ca 10 % (ca 150 transporter per år)
 - > 2 000 kg / transport: ca 5 % (ca 4 transporter per år)
 - 16 000 kg / transport: ca 0,3 % (ca 4 transporter per år)

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar och förebyggande åtgärder mot brandrisker/4/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation:

- Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas enligt tidigare till ca 0,4 % (se avsnitt 1.1.2). Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon innebär att sannolikheten för brandspridning till det explosiva ämnet bedöms vara låg. Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexplosion) till följd av fordonsbrand som sprider sig till lasten uppskattas grovt till 10 %.
- Sannolikheten för detonation till följd av stora påkänningar vid trafikolycka uppskattas vara mycket låg. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till kraven på transportfordon för massexplosivämnen som bl.a. avser utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner så bedöms sannolikheten för att en trafikolycka innebär så omfattande krafter på lasten att det leder till detonation inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, d.v.s. 0,4 %.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.3.



Figur A.1. Händelseträd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Tabell A.3. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av massexplosiva ämnen (klass 1.1).

Scenario	Frekvens [per år]
Trafikolycka med explosivämne (klass 1)	2,0E-04
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
< 500 kg	7,4E-07
- P.g.a. fordonsbrand	6,7E-08
- P.g.a. starka påkänningar	6,7E-07
500 kg - 2 ton	8,7E-08
- P.g.a. starka påkänningar	7,9E-09
- P.g.a. fordonsbrand	7,9E-08
2 - 4 ton	4,3E-08
- P.g.a. starka påkänningar	4,0E-09
- P.g.a. fordonsbrand	3,9E-08
16 ton (worst case scenario)	2,6E-09
- P.g.a. starka påkänningar	2,4E-10
- P.g.a. fordonsbrand	2,4E-09

3.3 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i tre undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3).

Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Den nationella statistiken från Trafikanalys redovisar inte fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från år 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /6/. Enligt denna kartläggning består den allra största andelen av gastransporterna på bl.a. E18 av klass 2.2, ca 88 %. Klass 2.1 utgör ca 12 % av gastransporterna. En mycket liten andel, ca 0,2 %, utgör klass 2.3. Det antas grovt att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan utgörs av tankbilar.

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 11 % på Ulvsundavägen (se tabell A.1) /1/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /1/. Sannolikheten för läckage av gas vid transport i tankbil blir då 0,4 % på Ulvsundavägen.

Givet läckage från tankbil antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /1/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.
- *Exploderande gasflaskor*: Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand.

/6/ Kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige under september 2006, Statens räddningsverk, 2007 (www.msb.se)

För utsläpp vid trafikolycka med tankbil ansätts följande fördelning över sannolikhet för antändning beroende på utsläppsstorlek /7/:

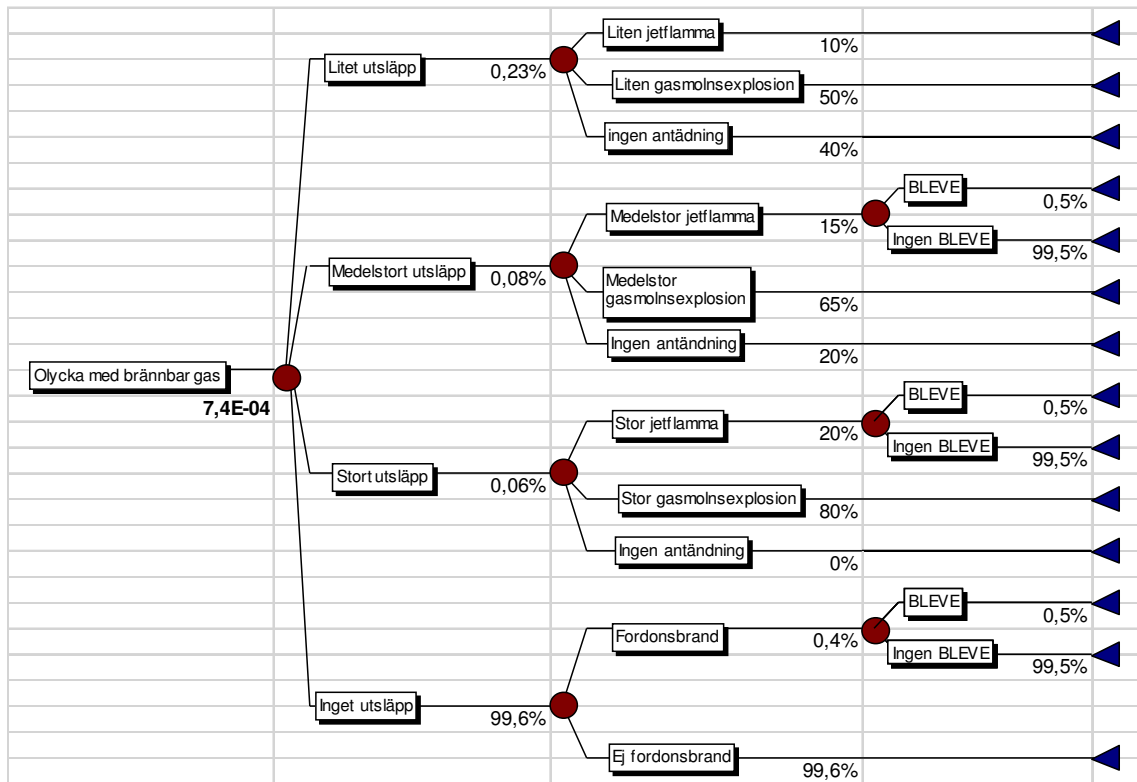
	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre 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 förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

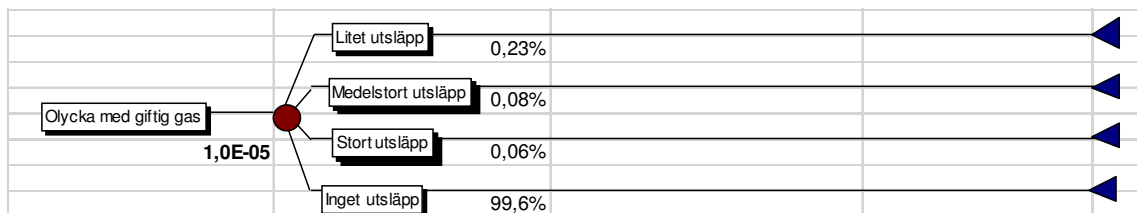
För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort och stort.

Figur A.2 och figur A.3 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.4.

/7/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A.2. Händelseträd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1) på Ulvsundavägen.



Figur A.3. Händelseträd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3) på Ulvsundavägen.

Tabell A.4. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser på Ulvsundavägen.

Scenario	Frekvens [per år]
Trafikolycka med gas (klass 2)	6,2E-03
<i>Klass 2.1</i>	<i>7,4E-04</i>
Liten jetflamma	1,7E-07
Liten gasmolnexplosion	8,5E-07
Medelstor jetflamma	8,5E-08
Medelstor gasmolnexplosion	3,7E-07
Stor jetflamma	9,1E-08
Stor gasmolnexplosion	3,6E-07
BLEVE	
<i>jetflamma riktad mot oskadad tank</i>	<i>8,8E-10</i>
<i>fordonsbrand under oskadad tank</i>	<i>1,5E-08</i>
<i>BLEVE totalt</i>	<i>1,6E-08</i>
<i>Klass 2.2</i>	<i>5,5E-03</i>
<i>Klass 2.3</i>	<i>1,0E-05</i>
Litet utsläpp giftig gas	2,4E-08
Medelstort utsläpp giftig gas	7,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	6,3E-09

3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 11 % på Ulvsundavägen (se tabell A.1) /1/.

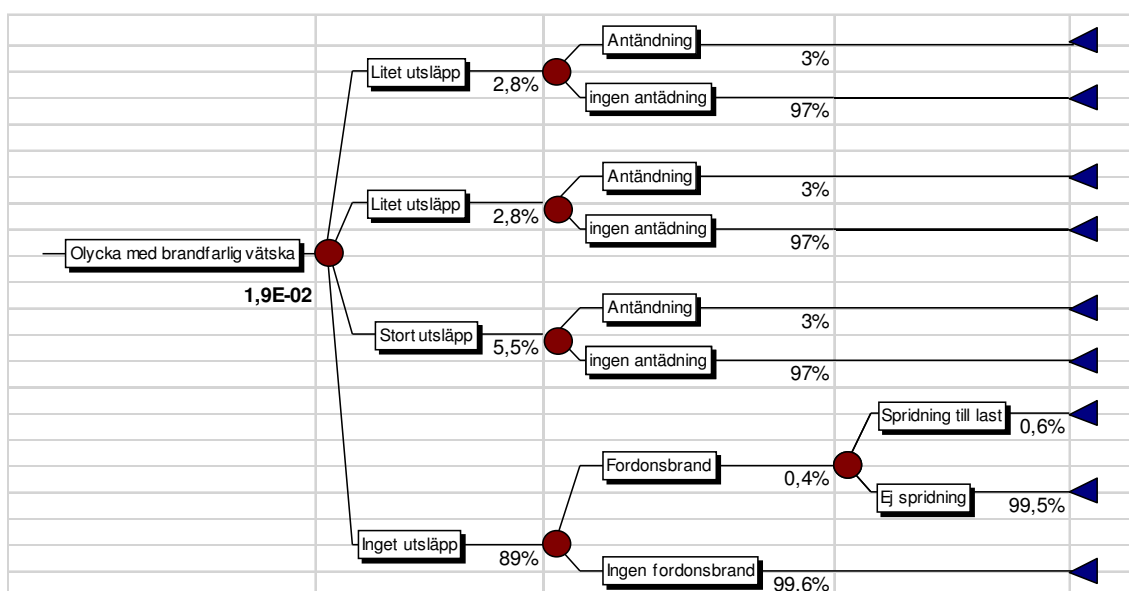
Det uppskattas att en stor andel av transporterna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /1/.

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /1/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S /4/ anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Med hänsyn till gällande regler enligt ADR-S förutsätts att fordonsbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan.

Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 11 % av fallen medan sannolikheten för en stor brand uppskattas till ca 5 %. Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till < 1 % (11 % x 5 %).

Figur A.4 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats och redovisas i tabell A.5.



Figur A.4. Händelsesträd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3) på Ulvsundavägen.

Tabell A.5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på Ulvsundavägen.

Scenario	Frekvens [per år]
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	1,9E-02
Liten pölbrand	1,6E-05
Medelstor pölbrand	1,6E-05
Stor pölbrand	3,1E-05
Tankbilsbrand	3,7E-07

3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /8/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand.

Vidare finns det ett flertal ämnen ur klass 5 (bl.a. ammoniumnitrat, väteperoxider och vattenlösningar med över 60 % väteperoxid) som om de blandas med bränsle räknas som massexplosiva ämnen.

Enligt regelverket ADR-S /4/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Andelen av de organiska peroxiderna som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys /9/ utgör dock organiska peroxider en liten andel av de totala transportmängderna av klass 5 (under perioden 2013-2017 utgjorde klass 5.2 i genomsnitt mindre än 1-2 % av klass 5).

En stor del av den transporterade mängden klass 5 – varor som är förknippade med explosionspotential efter förorening är ammoniumnitrat, som utgör ett fast oxiderande ämne (nyttjas vid framställning av sprängämne/emulsionsmatris samt konstgödsel). I utredningen ansätts samtliga klass 5 – varor utgöras av ammoniumnitrat.

Enligt ADR-S /4/ är det dock inte tillåtet att ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

I de allmänna råden till Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat tydliggörs följande:

Ammoniumnitrat kan under vissa omständigheter detonera men ett brandförlopp tillsammans med brännbara material ligger närmare till hands. Där man med någorlunda säkerhet kunnat fastställa detonationsorsak har förorening, temperaturökning och inneslutning samverkat. Nämnade faktorer har inte var för sig, vid försök, kunnat åstadkomma detonation.

I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att 100 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på aktuella vägar utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid brand eller vid förorening med brännbart material.

/8/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

/9/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2013 (Rapportnr 2014:12), Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr 2017:14), Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr 2018:13)

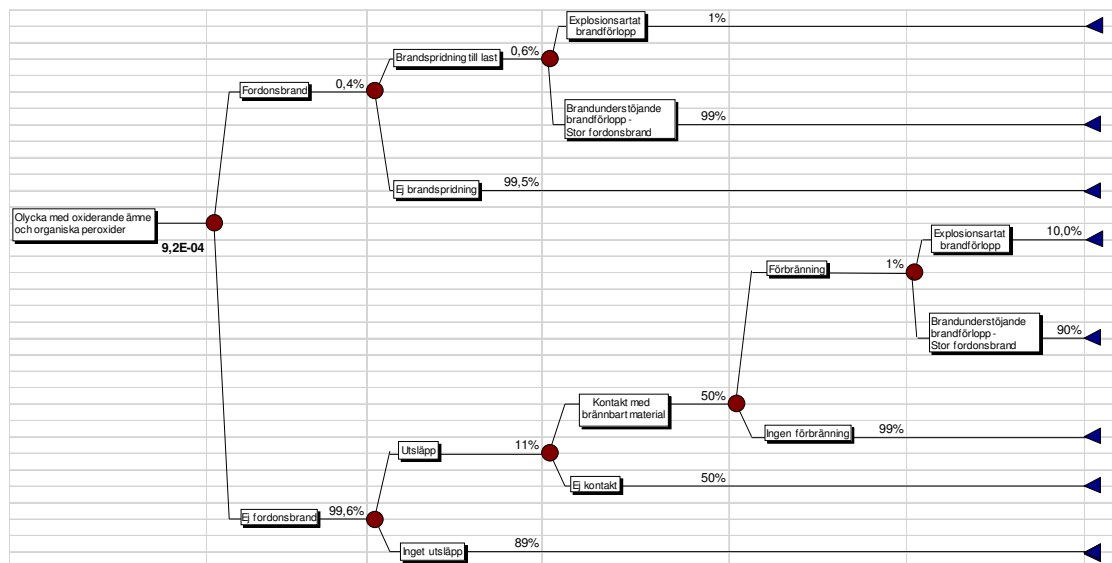
Detonation p.g.a. fordonsbrand: Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /4/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en fordonsbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 11 % /1/. Sannolikheten för en brand som bedöms kunna påverka en hel last uppskattas vara 5 %. Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till < 1 % (11 % x 5 %).

Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att branden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en stor fordonsbrand.

Detonation p.g.a. förorening av brännbart material: Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 11 % på Ulvsundavägen(se tabell A.1) /1/. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som relativt hög med hänsyn till mängden smörjmedel m.m. som finns, (antaget 50 %). Vidare bedöms att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning är högst 10 %. Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en stor fordonsbrand.

Figur A.5 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika skadescenarier redovisas i tabell A.6.



Figur A.5. Händelsesträd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider på Ulvsundavägen.

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider på Ulvsundavägen.

Scenario	Frekvens [per år]
Trafikolycka med oxiderande ämne (klass 5)	9,2E-04
Explosionsartat brandförlopp vid självantändning	
Totalt	5,1E-08
- P.g.a. fordonsbrand	2,0E-10
- P.g.a. förorening av brännbart material	5,1E-08

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Tvärbanan Kistagrenen – sträckan vid Solvalla

Uppdragsgivare

Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting

Uppdragsnummer

107756

Datum

2019-04-09

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-04-09

Internkontroll

PWT 2019-04-09

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) förknippade med farligt godstransporter på Ulvsundavägen som bedömts kunna påverka risknivån för spårvägstrafikanter:

- Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
- Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier.

I riskanalysen används riskmättet **individerisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 2). En övergripande bedömning av riskmättet samhällsrisk kommer också att göras, men detta redovisas i huvudrapporten, se avsnitt 5.

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om Ulvsundavägens utformning

Utmed den aktuella sträckan vid Solvalla har Ulvsundavägen trafikledsstandard med 2 körfiler i vardera riktningen. De båda körriktningarna är åtskilda med en barriär. Den skyltade hastigheten på vägen är 70 km/h.

Ulvsundavägen är, utmed sträckan mellan Bromma Blocks till den planskilda korsningen med Bällstavägen samt utmed sträckan från i höjd med Hästsportens hus och vidare norrut på bron över Mälarbanan, utrustad med befintligt vägräcke klassat som katastrofsäkert. Detta betyder att det klarar ett fordon på 15 ton i 50 km/h i 90 graders påkörning utan att utböjas mer än 1,2 meter. Se figur B.1 och figur B.2.



Figur B.1. Ulvsundavägen på sträckan mellan Bromma Blocks och Bällstavägen.

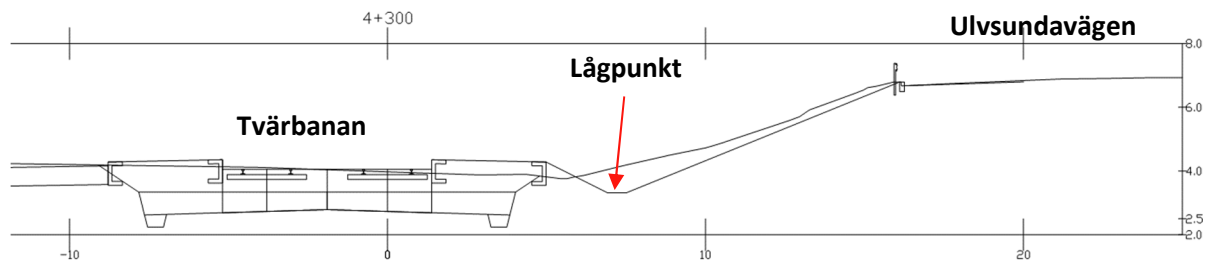


Figur B.2. Ulvsundavägen på sträckan upp på bron över Mälarbanan.

Vägräckena bedöms som tillräckligt skydd för att hindra vägfordon från att nå spårområdet trots att den skyltade hastigheten är 70 km/h. Detta på grund av att en eventuell påkörningsvinkel i de allra flesta fall är långt under 90 grader.

Vidare så är Ulvsundavägen utrustad med kantsten utmed hela den aktuella sträckan där Tvärbanan planeras löpa parallellt med vägen. Ulvsundavägen har dessutom ett fungerande system med dagvattenbrunnar.

Utmed sträckan vid Solvalla kommer Tvärbanans spår delvis att ligga något lägre än Ulvsundavägens vägbanor. Dock så placeras spåren inte i den absoluta lågpunkten i slänten utan det kommer att bildas ett dike mellan vägbanan och spår, se illustration i figur B.3. Dikets lågpunkt ligger ca 8 meter från Ulvsundavägens väggkant.



Figur B.3. Sektion Tvärbanan vid hållplats Solvalla.

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Olycka med klass 1. Explosiva ämnen

3.1.1 Metodik

Enligt bilaga A avgränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom områden runt Ulvsundavägen.

Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

500 kg (transporter med < 500 kg)

2000 kg (transporter med 500-2000 kg)

4000 kg (transporter med > 2000 kg)

16000 kg (transporter med 16000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /1/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

$$I_c / I_+ + P_c / P_+ \geq 1$$

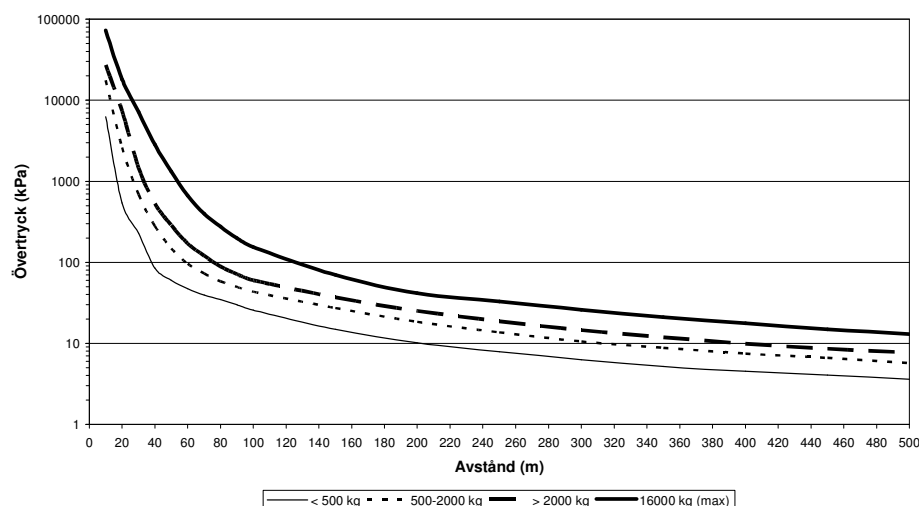
/1/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.4 och figur B.5 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

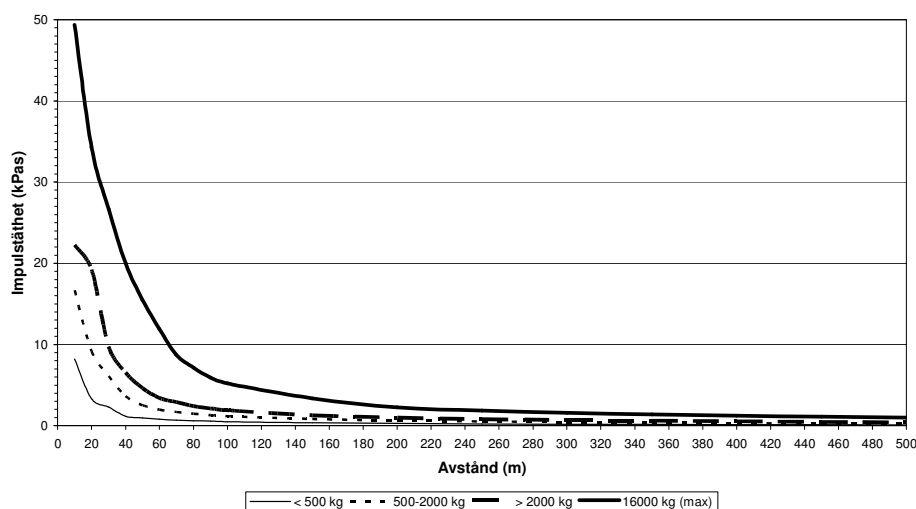
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel $/1/$:

$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$



Figur B.4. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.5. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

3.1.2 Bedömningskriterier

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /2/:

- 1 % omkomna 180 kPa
- 10 % omkomna 210 kPa
- 50 % omkomna 260 kPa
- 90 % omkomna 300 kPa
- 99 % omkomna 350 kPa

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas i avsnitt 3.1.3 uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- < 500 kg: 10 %
- 500-2 000 kg: 25 %
- > 2 000 kg: 50 %
- 16 000 kg: 100 %

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_c) och impulstäthet (I_c) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 3.1.1. I tabell B.1 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärlighet /1/.

Tabell B.1. Karaktäristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att 100 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

3.1.3 Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.2 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B.2. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

/2/ Våldautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
< 500 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	20
	15 % <u>inomhus</u>	80
	10 % <u>utomhus</u>	30
500–2 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	35
	15 % <u>inomhus</u>	175
	25 % <u>utomhus</u>	50
> 2 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	50
	15 % <u>inomhus</u>	200
	50 % <u>utomhus</u>	50
16 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	80
	15 % <u>inomhus</u>	300
	100 % <u>utomhus</u>	70

3.2 Olycka med klass 2.1. Brännbara Gaser

3.2.1 Metodik

För brännbara gaser kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning samt transportsätt:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck (tankbil och gasflaskor)
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck (tankbil och gasflaskor)
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid. (tankbil)

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol /3/** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.3 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.3. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Luftryck	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)
Tankdiameter	2,0 m
Tanklängd	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket

/3/ Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps informationsbank, RIB Xm, 2009

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /4/:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Medelstort utsläpp: 0,9 kg/s
- Stort utsläpp: 17,8 kg/s

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion beror utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Skadeområdena för gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

3.2.2 Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

Utomhus: I tabell B.4 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /2/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. I riskberäkningarna uppskattas det grovt att ca 50-100 % av de människor som vistas inom belyst skadeområde enligt tabell B.4 riskerar att omkomma.

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. För jetflamma uppskattas det grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada.

Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadeområde enligt tabell B.4 förväntas omkomma.

3.2.3 Resultat

I tabell B.4 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer pplymformat, varför dess bredder även presenteras.

Beräkningarna i **Gasol** utgår från fri spridning av gas och tar ingen hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera jetflammans längd, spridningen av gasmoln respektive BLEVE m.m. vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

/4/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Tabell B.4. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus	6	5
	50 % utomhus	6	5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	2	5
	50 % utomhus	2	5
Medelstor jetflamma	5 % inomhus	15	15
	50 % utomhus	15	15
Medelstor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	50	70
	50 % utomhus	50	70
Stor jetflamma	5 % inomhus	60	55
	50 % utomhus	60	55
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	215	185
	50 % utomhus	215	185
BLEVE	5 % inomhus	440	220
	50 % utomhus	440	220

3.3 Olycka med klass 2.3. Giftiga Gaser

3.3.1 Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad ammoniak**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på vägarna i Sverige. Giftigare gaser, som t.ex. klor transporteras normalt i begränsade mängder på väg, medan de större transporterarna går på järnväg. Beräkningar har även utförts för **tryckkondenserad svaveldioxid** som förväntas bli allt vanligare vid farligt godstransporter på väg.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** /3/ beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus).

Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil rymmandes ca 24 ton.

I tabell B.5 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B.5. Indata till Spridning i Luft 1.2 för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Tankbil
Kemikalie	Ammoniak / Svaveldioxid
Emballage	Tankbil (24 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad (p = 1,0)
Lagringstemperatur	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart

Följande utsläppsscenarioer finns fördefinierade i **Spridning i Luft 1.2** /3/ och har använts i simuleringarna:

	Ammoniak	Svaveldioxid
• Litet utsläpp (packningsläckage):	0,31 kg/s	0,23 kg/s
• Medelstort utsläpp (brott på rör):	8,8 kg/s	4,0 kg/s
• Stort utsläpp (stort hål på tank):	77 kg/s	57 kg/s

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar 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. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

3.3.2 Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

3.3.3 Resultat

I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Skadeavstånden utgör en sammanvägning av respektive skadescenario med ammoniak respektive svaveldioxid, där avstånden som redovisas utgör de största enligt simuleringarna.

Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5
	50%	0	0	6	10
	5%	0	0	10	20
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0	20	30
	50%	10	20	30	60
	5%	20	35	50	90
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160
	50%	25	55	130	225
	5%	40	100	150	275

3.4 Olycka med klass 3. Brandfarliga vätskor

3.4.1 Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pöljar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande brandscenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /5/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradie)

Konsekvensberäkningarna utgår generellt från cirkulära pölbränder, d.v.s. en jämn utbredning av utsläppet runt olycksplatsen. Detta innebär att utsläppet förväntas spridas obehindrat i alla riktningar kring olycksplatsen, även mot det studerade planområdet, vilket ger en hög strålningsnivå. I försök har det påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av vägens utformning och lutningar /6/. Det krävs relativt små lutningar och nivåskillnader för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

Ulvundavägens befintliga kantsten och dagvattensystemet minskar sannolikheten för att ett utsläpp av brandfarlig vätska lämnar vägbanan och rinner mot spårområdet. Det nya diket som bildas mellan vägbanan och Tvärbanans spår kommer dessutom förhindra ett eventuellt utsläpp som sprider sig utanför vägbanan att hamna inom spårområdet eller hållplatsområdet vid Solvalla.

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /7/:

$$H_f = 0,23 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D$$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 8$.

/5/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/6/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/7/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/8/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /9/:

$$I_0 = 58 \times 10^{-0,00823 \times D}$$

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.6). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

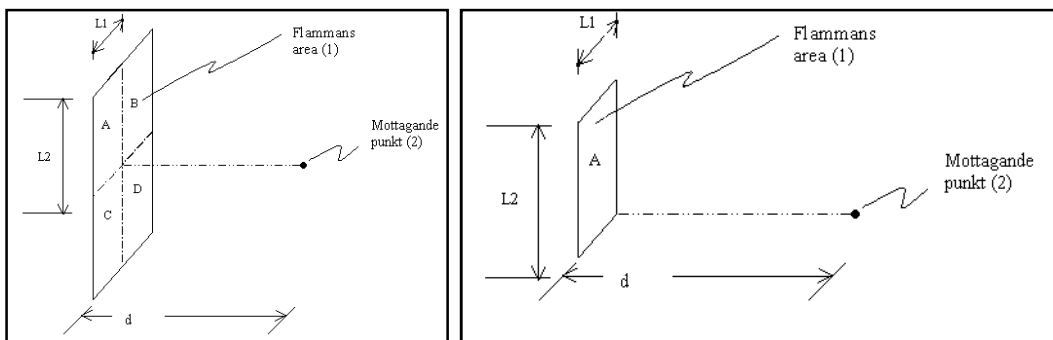
Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /10/:

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

där $F_{A1,2}$, $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos\theta_1 \times \cos\theta_2}{\pi \times d^2} \times dA_1 \quad \text{där}$$

$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.6.



Figur B.6. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /11/:

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \times \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \times \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \times \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

Där $X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$ enligt figur B.6.

Om ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att den mest kritiska punkten på avståndet d från branden studeras.

/9/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/10/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/11/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m²) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom:

$$I = F \times I_0$$

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter (för cirkulär brand) samt flammhöjden beräknats för de olika brandscenarierna (se tabell B.7).

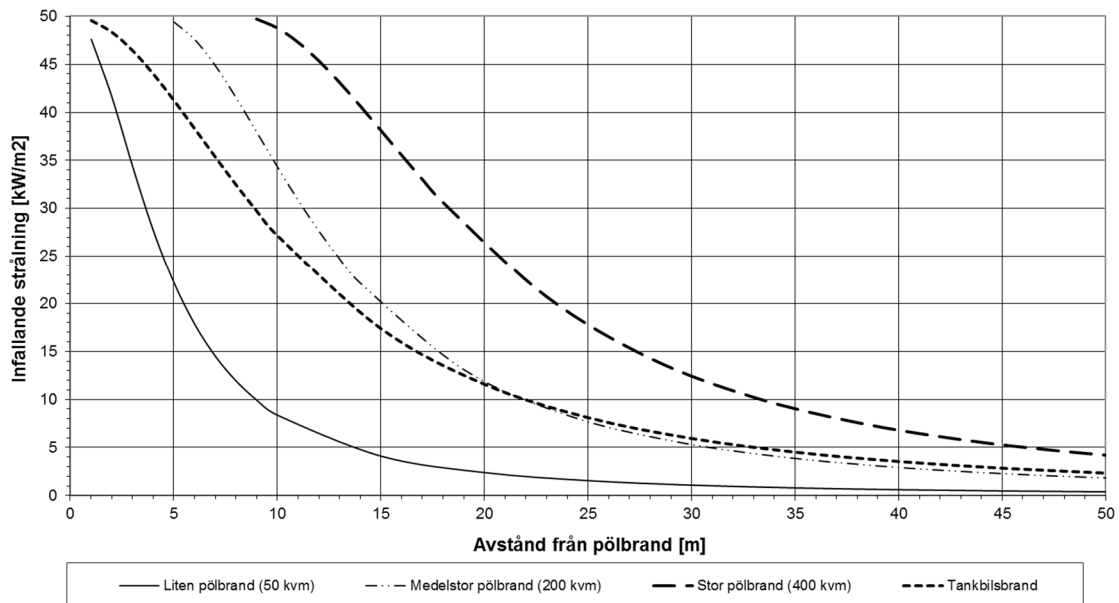
Tabell B.7. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens storlek och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _F (m)	Flammhöjd H _F (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.7. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd.

Enligt tabell B.7 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större pölbränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

I figur B.7 beaktas även utbredning av pölarna utanför vägbanan (ej för scenariot tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området. Enligt ovan innebär Ulvsundavägens befintliga kantsten och dagvattensystemet en minskad sannolikheten för att ett utsläpp av brandfarlig vätska lämnar vägbanan och rinner mot spårområdet. Det nya diket som bildas mellan vägbana och Tvärbanans spår kommer dessutom förhindra spridningen av ett eventuellt utsläpp vidare. Med hänsyn till utsläppens storlek så görs bedömningen att en liten pölbrand kommer att begränsas till vägbanan (d.v.s. pölen hamnar 0 meter från vägkant). Vidare bedöms spridningen av en medelstor pölbrand reduceras till ungefär hälften jämfört med vid cirkulär fri spridning (d.v.s. pölen hamnar högst 4 meter från vägkant). Utbredningen av en stor pölbrand begränsas av lågpunkten i det nya dike (d.v.s. pölen hamnar högst 8 meter från vägkant).



Figur B.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från cirkulär pölbrand respektive tankbilsbrand vid spridning som begränsas av kantsten, dagvattensystem samt dike.

3.4.2 Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån uppgifter avseende effekten av olika strålningsnivåer beroende på varaktighet /2, 8/. Outhärdlig smärta kan uppnås vid mycket kortvarig bestrålning (< 5-10 sekunder) med strålningsnivåer över 20 kW/m². Vid bestrålning under 1 minut innebär denna strålningsnivå även mycket hög sannolikhet för andra gradens brännskada. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /12/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

3.4.3 Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.7 och figur B.8 ovan.

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	7
	100 % <u>utomhus</u>	3
	50 % <u>utomhus</u>	7
	5 % <u>utomhus</u>	9
Medelstor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	18
	100 % <u>utomhus</u>	9
	50 % <u>utomhus</u>	18
	5 % <u>utomhus</u>	22
Stor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	27
	100 % <u>utomhus</u>	14
	50 % <u>utomhus</u>	27
	5 % <u>utomhus</u>	33
Tankbilsbrand	5 % <u>inomhus</u>	18
	100 % <u>utomhus</u>	7
	50 % <u>utomhus</u>	18
	5 % <u>utomhus</u>	22

3.5 Olycka med klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

3.5.1 Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensen, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Vid transport på väg kan ett utsläpp innebära att det oxiderande ämnet blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material). Denna blandning kan motsvara ca 3 ton trotyl /13/.

/12/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

/13/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggandskontoret i Göteborg, 1996

Det genomförs inga detaljerade konsekvensberäkningar för detta skadescenario. De fortsatta riskberäkningarna kommer istället att utgå från resultatet som redovisas i avsnitt 3.1 med avseende på explosion med 2000-4 000 kg massexplosivämne. Detta är ett konservativt antagande.

3.5.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.1.2.

3.5.3 Resultat

I tabell B.9 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.9. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	100 % <u>inomhus</u>	50
	15 % <u>inomhus</u>	200
	50 % <u>utomhus</u>	50

Bilaga C – Underlag för bedömning av samhällsrisk

Uppdragsnamn

Tvärbanan Kistagrenen – sträckan vid Solvalla

Uppdragsgivare

Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting

Uppdragsnummer

107756

Datum

2019-04-09

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-04-09

Internkontroll

PWT 2019-04-09

1. Inledning

I tabell C.1 görs en grov rangordning av studerade skadescenarier med avseende på potentiella konsekvenser vid en olycka på den aktuella vägsträckan. I tabellen redovisas den kumulativa frekvensen för de studerade skadescenarierna, vilket sedan jämförs med acceptanskriterierna. Utifrån detta görs en bedömning av hur stora konsekvenserna behöver bli för att risknivån ska hamna inom ALARP respektive över oacceptabel risknivå. Eftersom riskkriterierna avser en 1 km lång sträcka så utgår bedömningen av olycksfrekvensen för en 1 km lång sträcka.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsrisk, framförallt med avseende på konsekvensernas storlek vid händelse av en olycka:

- Respektive skadescenario antas bl.a. inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet.
- Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom planområdet och kringliggande bebyggelse kommer att variera kraftigt under dygnet. Detta gäller i synnerhet för det aktuella planområdet eftersom markanvändningen är spårväg. Under stora delar av dygnet så kommer det därför inte att vistas någon, eller ett mycket begränsat antal, inom planområdet, medan det under andra delar av dygnet (och året kan komma att vistas ett relativt stort personantal:

Planområdet

- Trafiken på Kistagrenen börjar relativt glest utifrån befintligt resandeunderlag samt för att köra in den nya linjen. Turtätheten ökas successivt därefter. Körtiden från Alvik till Helenelund är beräknad till ca 24 min baserat på maximal turtäthet, 6-minuterstrafik (år 2030). Detta motsvarar 150 avgångar i varje riktning och medför således 300 spårvagnspassager per dygn år 2030. Utifrån tidtabellen beräknas större delen av spårvagnarna trafikera sträckan mellan klockslagen 05:00-00:00. Detta innebär att under åtminstone ca 20 % av dygnet (5/24 timmar) så förväntas det inte vistas någon inom planområdet (Nattetid).

Under dagtid så blir spårvagnstätheten i medeltal, då hänsyn tas till att trafiken främst förekommer under 19 av dygnets 24 timmar = $300/19 = 15,8$ tåg per timme (summerat i båda riktningar), vilket motsvarar ett tåg per var 3,8:e minut.

Maxfarten på den studerade sträckan är 80 km/h. Med hänsyn till hållplatsen vid Solvalla så uppskattas genomsnittshastigheten vara 50 km/h. Att passera en sträcka på 1 km tar 1,2 minuter (1 minut och 12 sekunder).

Givet att det under en genomsnittlig timme passerar 15,8 tåg per timme så kommer det att befinna sig en spårvagn på den aktuella sträckan under sammanlagt ca 19 minuter ($15,8 \times 1,2$) av denna timme. Sannolikheten att en spårvagn befinner sig på den aktuella sträckan är därmed $ca 19 / 60 = 31,5 \%$ av de timmar då det förekommer spårtrafik (05:00-00:00), d.v.s. sammanlagt ca 25 % av dygnet ($31,5 \% \times 19/24$) – (Dagtid – passerande tåg). Detta innebär att under ytterligare ca 50 % av dygnet ($((68,5 \% \times 19/24$ timmar) så förväntas det inte vistas någon inom planområdet (Dagtid – ej passerande tåg).

Under vardagsdygn uppskattas antalet personer som vistas vid en hållplats ungefär motsvara antalet personer på en spårvagn. Med hänsyn till närliggande verksamheter (Solvalla) så kan det dock vistas fler personer vid hållplatsen under begränsade tider, d.v.s. inför och efter evenemang. Mycket grovt antas detta högst kunna inträffa i genomsnitt ca 2 h per vecka, vilket motsvarar sammanlagt ca 1 % av ett år.

Kringliggande områden

- Även inom kringliggande områden utmed den aktuella vägsträckan förväntas personantalet variera relativt kraftigt över dygnet och året. På samma sida som Tvärbanan är kringliggande idag utmed en längre sträcka relativt obebyggda. Markanvändningen utgörs av markparkering samt travbana med tillhörande läktare. Stockholm Stad har dock påbörjat ett planarbete (planprogram Södra Solvallastaden) för delar av dessa områden, vilket syftar till att bygga en ny stadsdel med relativt mycket bostadsbebyggelse. Planarbetet är i ett mycket tidigt skede och det har ännu inte redovisats någon situationsplan för området. Programförslaget för området Södra Solvallastaden innebär ett avstånd på minst 40 meter mellan Ulvsundavägen och ny bebyggelse.

På motsatt sida av Ulvsundavägen utgörs bebyggelsen av bostäder, först villabebyggelse inom ca 25-75 meter från vägen och därefter flerbostadshus.

BRANDSKYDDSLAGET

Tabell C.1. Sammanställning skadescenarier ordnade utifrån uppskattat största konsekvenser med kritiskt antal omkomna för respektive kumulerad frekvensnivå. Grov bedömning av samhällsrisken i aktuellt projekt.

Scenario	Tid på dygnet	Max skadeavstånd (meter)	Frekvens	Kumulerad frekvens	Kritiskt antal omkomna	
					Undre gräns	Övre gräns
Brännbar gas - Liten jetflamma	Nattetid, 20,8 %	5	3,6E-08	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Liten jetflamma	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	5	9,3E-08	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Liten jetflamma	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	5	4,2E-08	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Liten jetflamma	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	5	2,0E-09	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - liten gasmolnexplosion	Nattetid, 20,8 %	5	1,8E-07	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - liten gasmolnexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	5	4,6E-07	6,6E-05	<1	1-2
Brännbar gas - liten gasmolnexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	5	2,1E-07	6,5E-05	<1	1-2
Brännbar gas - liten gasmolnexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	5	1,0E-08	6,5E-05	<1	1-2
Brandfarliga vätskor - Liten pölbrand	Nattetid, 20,8 %	9	3,2E-06	6,5E-05	<1	1-2
Brandfarliga vätskor - Liten pölbrand	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	9	8,5E-06	6,2E-05	<1	1-2
Brandfarliga vätskor - Liten pölbrand	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	9	3,8E-06	5,3E-05	<1	1-2
Brandfarliga vätskor - Liten pölbrand	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	9	1,8E-07	5,0E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Medelstor jetflamma	Nattetid, 20,8 %	15	1,8E-08	4,9E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Medelstor jetflamma	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	15	4,6E-08	4,9E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Medelstor jetflamma	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	15	2,1E-08	4,9E-05	<1	1-2
Brännbar gas - Medelstor jetflamma	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	15	1,0E-09	4,9E-05	<1	1-2
Giftig gas - Litet utsläpp	Nattetid, 20,8 %	20	4,9E-09	4,9E-05	<1	1-2
Giftig gas - Litet utsläpp	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	20	1,3E-08	4,9E-05	<1	1-2
Giftig gas - Litet utsläpp	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	20	5,8E-09	4,9E-05	<1	1-2
Giftig gas - Litet utsläpp	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	20	2,8E-10	4,9E-05	<1	1-2

BRANDSKYDDSLAGET

Tabell C.1. Forts.

Scenario	Tid på dygnet	Max skadeavstånd (meter)	Frekvens	Kumulerad frekvens	Kritiskt antal omkomna	
					Undre gräns	Övre gräns
Brandfarliga vätskor - Medelstor pölbrand	Nattetid, 20,8 %	22	3,2E-06	4,9E-05	<1	1-2
Brandfarliga vätskor - Medelstor pölbrand	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	22	8,5E-06	4,6E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Medelstor pölbrand	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	22	3,8E-06	3,8E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Medelstor pölbrand	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	22	1,8E-07	3,4E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Tankbilsbrand	Nattetid, 20,8 %	22	7,7E-08	3,4E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Tankbilsbrand	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	22	2,0E-07	3,4E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Tankbilsbrand	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	22	9,1E-08	3,3E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Tankbilsbrand	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	22	4,4E-09	3,3E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Stor pölbrand	Nattetid, 20,8 %	33	6,5E-06	3,3E-05	<1	2-3
Brandfarliga vätskor - Stor pölbrand	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	33	1,7E-05	2,7E-05	<1	3-4
Brandfarliga vätskor - Stor pölbrand	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	33	7,7E-06	9,8E-06	<1	10-20
Brandfarliga vätskor - Stor pölbrand	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	33	3,7E-07	2,2E-06	<1	40-50
Brännbar gas - Stor jetflamma	Nattetid, 20,8 %	55	1,9E-08	1,8E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Stor jetflamma	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	55	4,9E-08	1,8E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Stor jetflamma	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	55	2,2E-08	1,7E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Stor jetflamma	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	55	1,1E-09	1,7E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Medelstor gasmolnexplosion	Nattetid, 20,8 %	70	7,7E-08	1,7E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Medelstor gasmolnexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	70	2,0E-07	1,6E-06	<1	60-70
Brännbar gas - Medelstor gasmolnexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	70	9,1E-08	1,4E-06	<1	70-80
Brännbar gas - Medelstor gasmolnexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	70	4,4E-09	1,3E-06	<1	70-80

BRANDSKYDDSLAGET

Tabell C.1. Forts.

Scenario	Tid på dygnet	Max skadeavstånd (meter)	Frekvens	Kumulerad frekvens	Kritiskt antal omkomna	
					Undre gräns	Övre gräns
Explosiva ämnen - 500 kg massexplosion	Nattetid, 20,8 %	80	1,5E-07	1,3E-06	<1	70-80
Explosiva ämnen - 500 kg massexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	80	4,0E-07	1,2E-06	<1	70-80
Explosiva ämnen - 500 kg massexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	80	1,8E-07	7,7E-07	1-2	100-200
Explosiva ämnen - 500 kg massexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	80	8,7E-09	5,9E-07	1-2	100-200
Giftig gas - Medelstort utsläpp	Nattetid, 20,8 %	90	1,6E-09	5,8E-07	1-2	100-200
Giftig gas - Medelstort utsläpp	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	90	4,3E-09	5,8E-07	1-2	100-200
Giftig gas - Medelstort utsläpp	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	90	1,9E-09	5,8E-07	1-2	100-200
Giftig gas - Medelstort utsläpp	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	90	9,4E-11	5,8E-07	1-2	100-200
Explosiva ämnen - 2 000 kg massexplosion	Nattetid, 20,8 %	175	1,8E-08	5,8E-07	1-2	100-200
Explosiva ämnen - 2 000 kg massexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	175	4,7E-08	5,6E-07	1-2	100-200
Explosiva ämnen - 2 000 kg massexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	175	2,1E-08	5,1E-07	1-2	100-200
Explosiva ämnen - 2 000 kg massexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	175	1,0E-09	4,9E-07	2-3	200-300
Brännbar gas - Stor gasmolnexplosion	Nattetid, 20,8 %	185	7,6E-08	4,9E-07	2-3	200-300
Brännbar gas - Stor gasmolnexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	185	2,0E-07	4,1E-07	2-3	200-300
Brännbar gas - Stor gasmolnexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	185	9,0E-08	2,1E-07	4-5	400-500
Brännbar gas - Stor gasmolnexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	185	4,3E-09	1,2E-07	8-9	800-900
Explosiva ämnen - 4 000 kg massexplosion	Nattetid, 20,8 %	200	9,0E-09	1,2E-07	9-10	900-1000
Explosiva ämnen - 4 000 kg massexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	200	2,4E-08	1,1E-07	9-10	900-1000
Explosiva ämnen - 4 000 kg massexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	200	1,1E-08	8,8E-08	10-20	>1000
Explosiva ämnen - 4 000 kg massexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	200	5,1E-10	7,7E-08	10-20	>1000

BRANDSKYDDSLAGET

Tabell C.1. Forts.

Scenario	Tid på dygnet	Max skadeavstånd (meter)	Frekvens	Kumulerad frekvens	Kritiskt antal omkomna	
					Undre gräns	Övre gräns
Oxiderande ämnen - Explosionsartad brandförlopp (motsvarar 4 000 kg massexplosion)	Nattetid, 20,8 %	200	1,1E-08	7,6E-08	10-20	>1000
Oxiderande ämnen - Explosionsartad brandförlopp (motsvarar 4 000 kg massexplosion)	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	200	2,8E-08	6,6E-08	10-20	>1000
Oxiderande ämnen - Explosionsartad brandförlopp (motsvarar 4 000 kg massexplosion)	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	200	1,3E-08	3,8E-08	20-30	>1000
Oxiderande ämnen - Explosionsartad brandförlopp (motsvarar 4 000 kg massexplosion)	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	200	6,0E-10	2,6E-08	30-40	>1000
Brännbar gas - BLEVE	Nattetid, 20,8 %	220	3,3E-09	2,5E-08	40-50	>1000
Brännbar gas - BLEVE	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	220	8,6E-09	2,2E-08	40-50	>1000
Brännbar gas - BLEVE	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	220	3,9E-09	1,3E-08	70-80	>1000
Brännbar gas - BLEVE	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	220	1,9E-10	9,2E-09	100-200	>1000
Giftig gas - Stort utsläpp	Nattetid, 20,8 %	275	1,3E-09	9,0E-09	100-200	>1000
Giftig gas - Stort utsläpp	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	275	3,4E-09	7,7E-09	100-200	>1000
Giftig gas - Stort utsläpp	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	275	1,6E-09	4,3E-09	200-300	>1000
Giftig gas - Stort utsläpp	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	275	7,5E-11	2,7E-09	400-500	>1000
Explosiva ämnen - 16 000 kg massexplosion	Nattetid, 20,8 %	300	5,4E-10	2,6E-09	400-500	>1000
Explosiva ämnen - 16 000 kg massexplosion	Dagtid - ej spårvagn, 54,5 %	300	1,4E-09	2,1E-09	500	>1000
Explosiva ämnen - 16 000 kg massexplosion	Dagtid – spårvagn, 24,6 %	300	6,4E-10	6,7E-10	> 1000	>1000
Explosiva ämnen - 16 000 kg massexplosion	Dagtid - fullsatt område, 1,2 %	300	3,1E-11	3,1E-11	> 1000	>1000