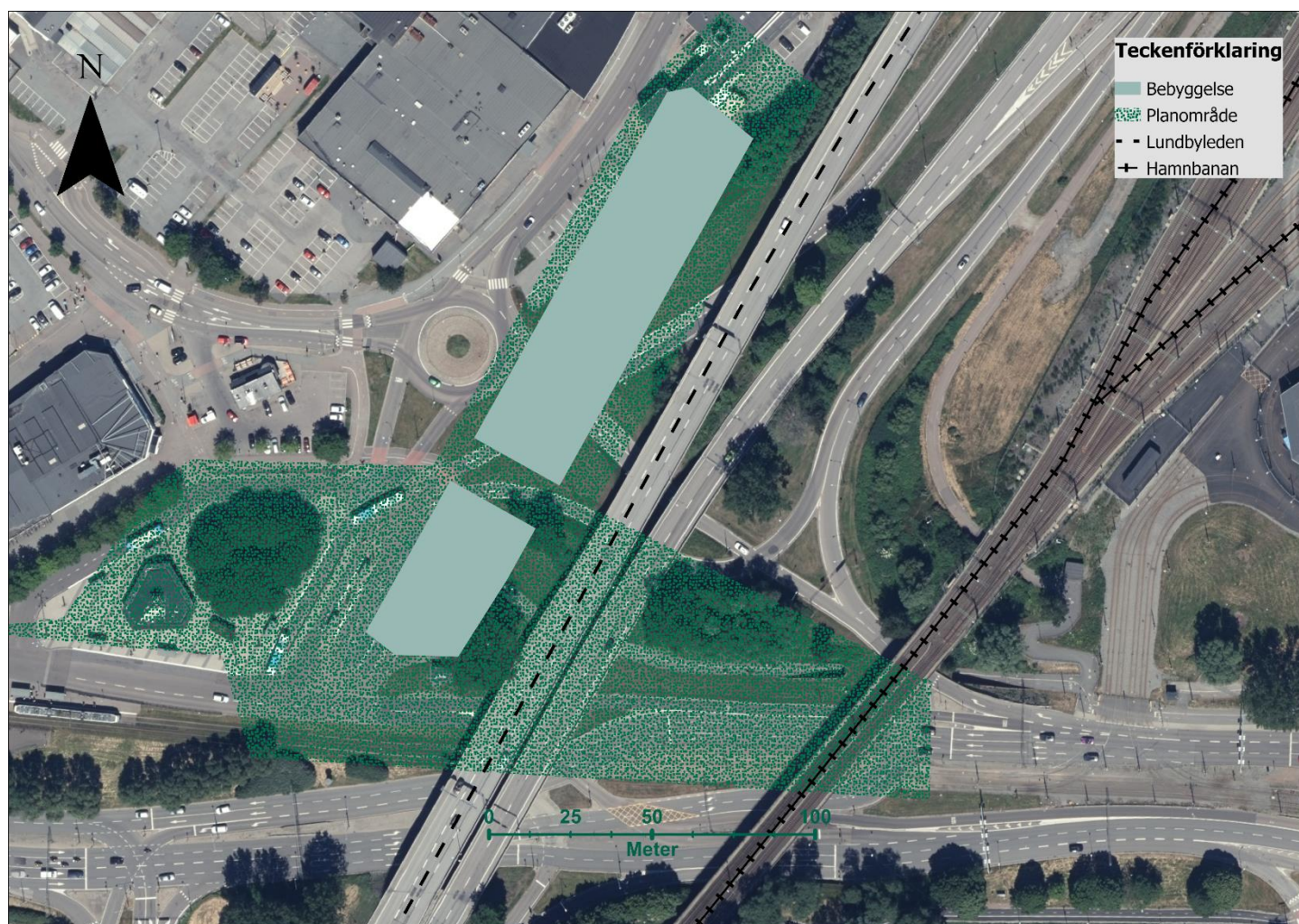


Riskutredning Backaplan DP 4

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 1086090 Version: 3 Datum: 2023-09-04



Uppdragsgivare: Göteborgs stad
Uppdragsgivarens kontaktperson: Magnus Stenberg
Konsult: Norconsult AB, Hantverkargatan 5K, 112 21 Stockholm
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Hannah Wendin

3	2023-09-04	Färdig handling	Hannah Wendin	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman
2	2023-06-26	Granskningshandling	Hannah Wendin	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman
1	2023-06-21	Arbetshandling	Hannah Wendin		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

► Sammanfattning

Göteborgs stad arbetar med att ta fram en ny detaljplan för handel, kontor och verksamheter vid Backavägen (inom fastigheten Backa 866:731 med flera) inom stadsdelarna Backa och Tingstadvassen (DP4). Området är avgränsat i öster av Lundbyleden, som för närvarande är en primär transportväg för farligt gods. Dessutom ligger Hamnbanan i nära anslutning till planområdet, inom 150 meters avstånd, och även den är en utpekad transportled för farligt gods. Mot denna bakgrund har en riskutredning genomförts med målet att bedöma om den föreslagna ändringen i markanvändningen är lämplig och för att bedöma behovet av åtgärder för att minska riskerna i samband med den nya bebyggelsen. Denna riskutredning kommer också att fungera som stöd i den pågående processen för att erhålla bygglov.

Riskberäkningarna för individrisken visar att risknivån är på acceptabla nivåer för planområdet både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Samhällsriskerna hamnar inom ALARP-området både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen. Detta innebär att skyddsåtgärder som är rimliga, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Inom planområdet föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse:

- På byggnader inom 30 meter från Lundbyleden ska fasader utformas i brandklass minst EI30. Detta gäller upp till minst 21 meter på fasader och som vetter mot Lundbyleden.
- På byggnader inom 30 meter från Lundbyleden ska fönster utformas i brandklass minst EW30. Detta gäller fönster som ligger under 21 meter från marken och som vetter mot Lundbyleden.
- Utrymning ska vara möjlig bort från Lundbyleden och Hamnbanan.
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från Lundbyleden och Hamnbanan

Om föreslagna skyddsåtgärder genomförs bedöms risknivån för planområdet vara tolerabel enligt använda riskvärderingskriterier och regelverk.

► Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	6
1.2	Avgränsningar	6
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	7
2.1	Vad är risker?	7
2.2	Riskhantering	8
2.3	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3	Risker med transport av farligt gods	12
3.1	Typer av farligt gods	12
3.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	12
4	Områdesbeskrivning	14
4.1	Området	14
4.2	Planerad bebyggelse	14
4.3	Antalet personer närvarande	16
5	Riskidentifiering	17
5.1	Lundbyleden	17
5.2	Hamnbanan	18
6	Riskanalys och riskvärdering	19
6.1	Individrisk	19
6.2	Samhällsrisk	21
6.3	Osäkerhetsanalys	24
6.4	Riskberäkning skyddsåtgärder	27
7	Diskussion och slutsats	28
8	Referenser	29
	Bilaga 1 – Beräkningar av risker transport av farligt gods på väg	
	Bilaga 2 – Beräkningar av risker transport av farligt gods på järnväg	

1 Inledning

Göteborgs stad arbetar med att ta fram en ny detaljplan för handel, kontor och verksamheter vid Backavägen (inom fastigheten Backa 866:731 med flera) inom stadsdelarna Backa och Tingstadvassen (DP4), se Figur 1 (Göteborgs stad, 2022). DP4 är en del av planprogrammet Backaplan. Syftet med planprogrammet är att skapa en hållbar stadsdel som verkar för att stadskärnan växer över älven.



Figur 1. Översiktskarta med planområde för ny planerad bebyggelse (Esri, 2023).

Området avgränsas i öster av Lundbyleden som idag är en utpekad primärlid för farligt gods. Sedan augusti 2015, när Stenas verksamhet i Frihamnen flyttades, utgör de farligt godstransporter som trafikerar Lundbyleden endast transporter till lokala målpunkter och inte genomfartstrafik (Trafikverket, 2017). Hamnbanan är också belägen i nära anslutning (<150 meter) till planområdet och även denna är en utpekad transportled för farligt gods.

Enligt länsstyrelsens riskpolicy (2006) ska risker beaktas vid all samhällsplanering som sker inom 150 meter från järnväg med farligt gods. I detta fall är avståndet närmare vilket medför att riskbilden behöver utredas för att bedöma lämpligheten för förändrad markanvändning. En kvantitativ riskberäkning har därför genomförts med hjälp av en beräkningsmetod i GIS-miljö och resultatet jämförs med kriterier från rapporten "Värdering av risk" (SRV, 1997). Risknivåerna beräknas för individ- och samhällsrisk och jämförs med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer.

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom detaljplan- och bygglovsprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods samt riskfyllda verksamheter. Detta ska genomföras gärna i ett tidigt skede och på ett betryggande sätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom bygglovsprocessen.

1.2 Avgränsningar

En olyckshändelse kan få många olika konsekvenser: materiella skador, miljöskador, skadade personer och omkomna personer. Det är svårt att beräkna skador på miljön, hus och personer. I sådana fall måste det även beaktas hur svår skadan är. Det är enklare (rent utredningsmässigt) att räkna på antalet omkomna. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast endast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods bestäms diskuteras oftast hur många som omkommer. Därför kommer beräkningar i denna riskutredning avgränsas till antalet omkomna vid en olyckshändelse kopplat till transporter av farligt gods.

Riskutredningen kommer även avgränsas till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen. Resultatet kommer redovisas utifrån prognosår 2040 utifrån Trafikverkets generella trafikuppräkningsstal.

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

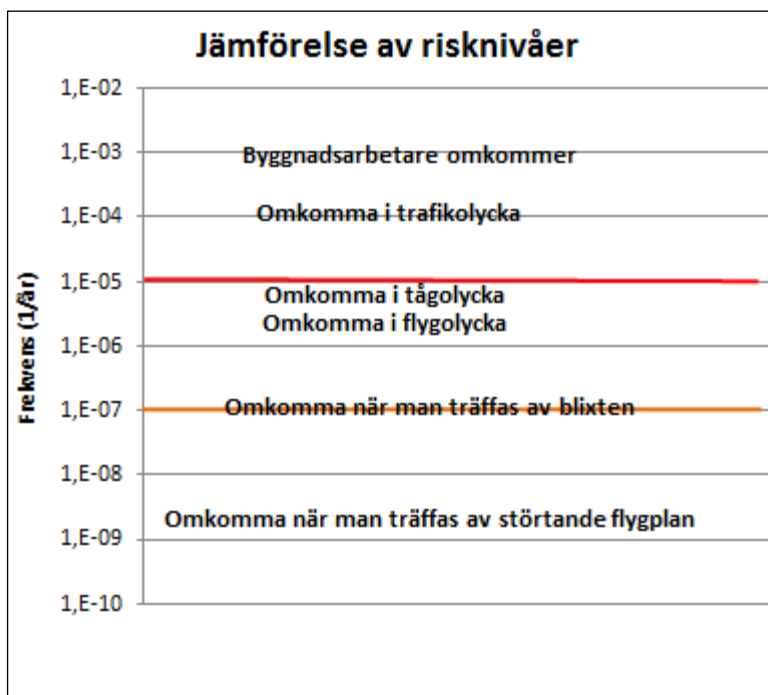
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. I kapitlet beskrivs även processen för riskhantering.

2.1 Vad är risker?

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Det handlar om sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antal gånger det förväntas att en händelse kommer att inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år).

Risker finns överallt omkring oss. Några risker och deras sannolikheter anges i Figur 2.



Figur 2. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 2.3.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. För individrisken antas att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

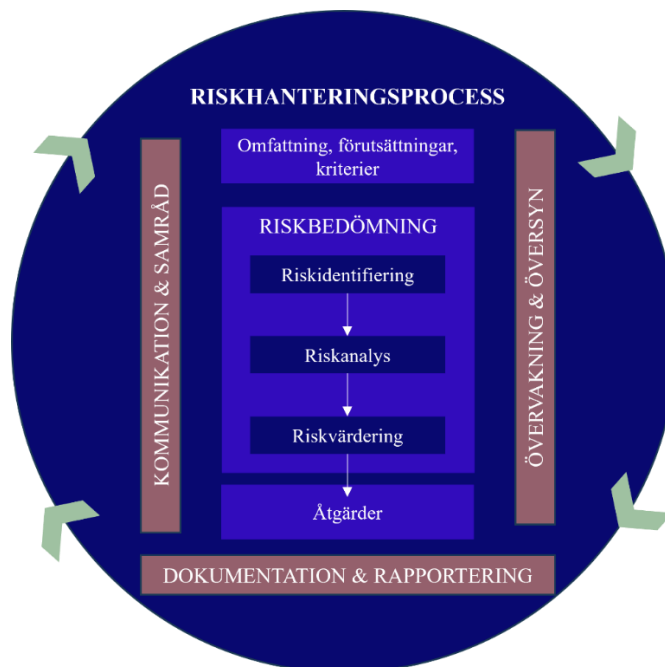
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

2.2 Riskhantering

2.2.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i Plan- och bygglagen (2010:900) och miljöbalken (1998:808). Kraven innebär att människors hälsa och säkerhet ska beaktas så tidigt som möjligt i detaljplaneprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programsamrådet för detaljplanen för att sedan bli mera detaljerat i plansamrådet. Riskfrågan bör då vara så pass utredd att den kan utgöra ett beslutsunderlag för att avgöra om risken anses tolerabel eller inte. Slutsatserna från riskbedömningen bör föras in i planhandlingarna. Om riskreducerande åtgärder krävs för att nå en tolerabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befastas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskutredningen för den planerade bebyggelsen görs enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000 (SIS, 2018), se Figur 3. Riskhanteringsprocessen delas in i olika steg; riskidentifiering, riskanalys, riskvärdering och riskreducerande åtgärder.



Figur 3. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000 (SIS, 2018).

Riskidentifieringen omfattar en utredning av riskkällor och skyddsvärden i planområdets omgivning. Riskkällor som beaktas i riskidentifieringen utgörs av både transportinfrastruktur och riskfyllda verksamheter. De skyddsvärden för denna riskutredning fokuserar på människors liv och hälsa.

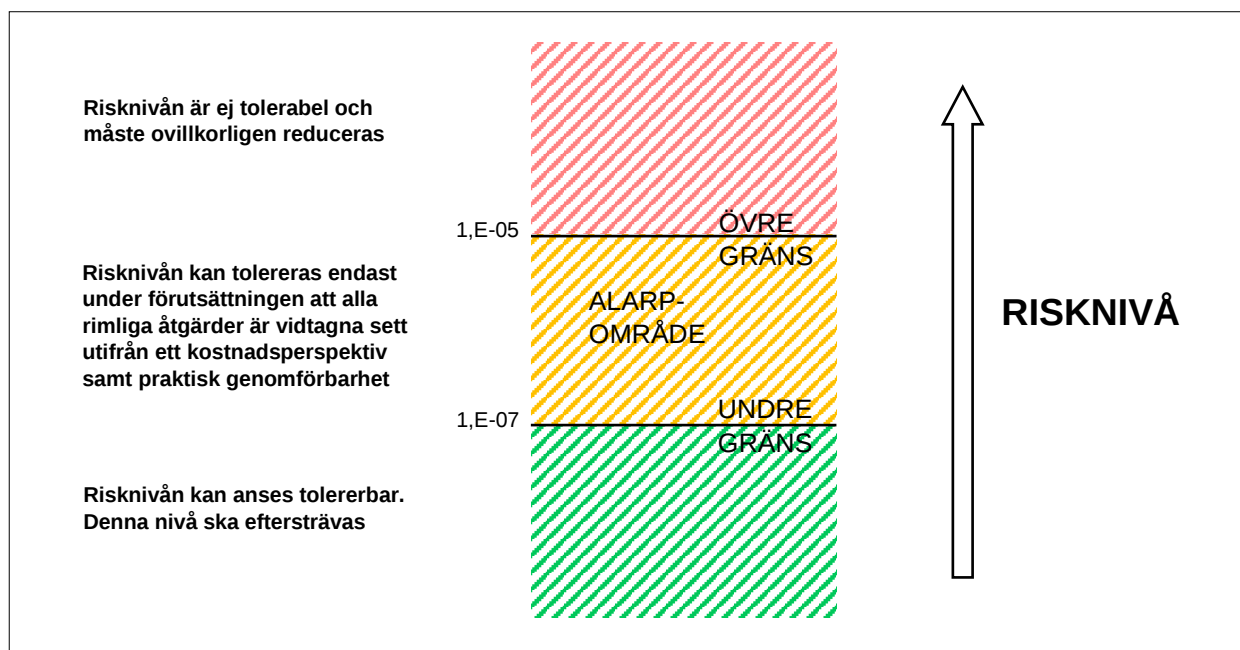
Riskanalysen utgår ifrån nuläget och år 2040 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa finns kan både individrisk och samhällsrisk användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3

Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

2.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

2.3.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV, 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se Figur 4. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 4. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg, 2004).

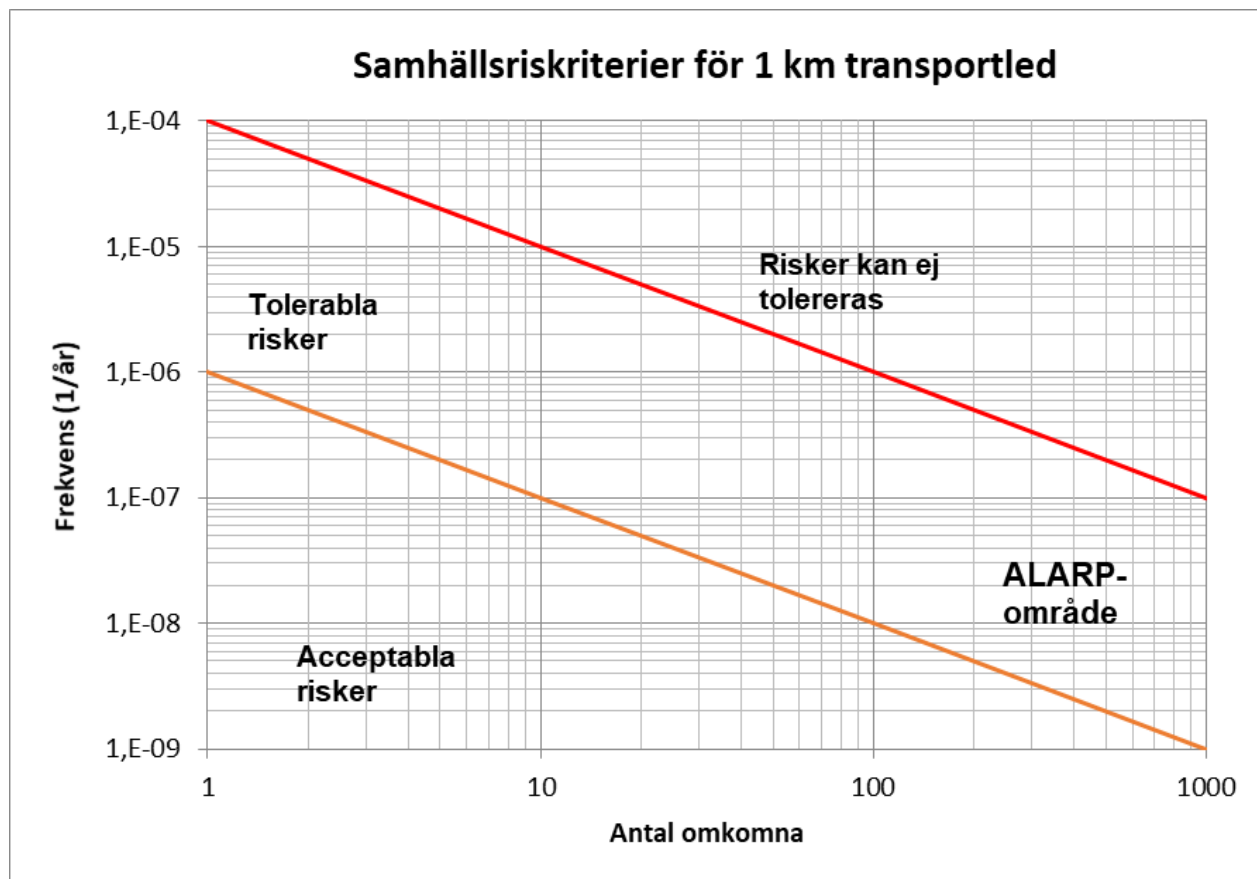
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så ska åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder ska verifieras (Länsstyrelsen, 2006).

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen, det så kallade ALARP-området så ska alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Beräkningar av effekten på risknivåer krävs normalt inte.

2.3.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se Figur 5.

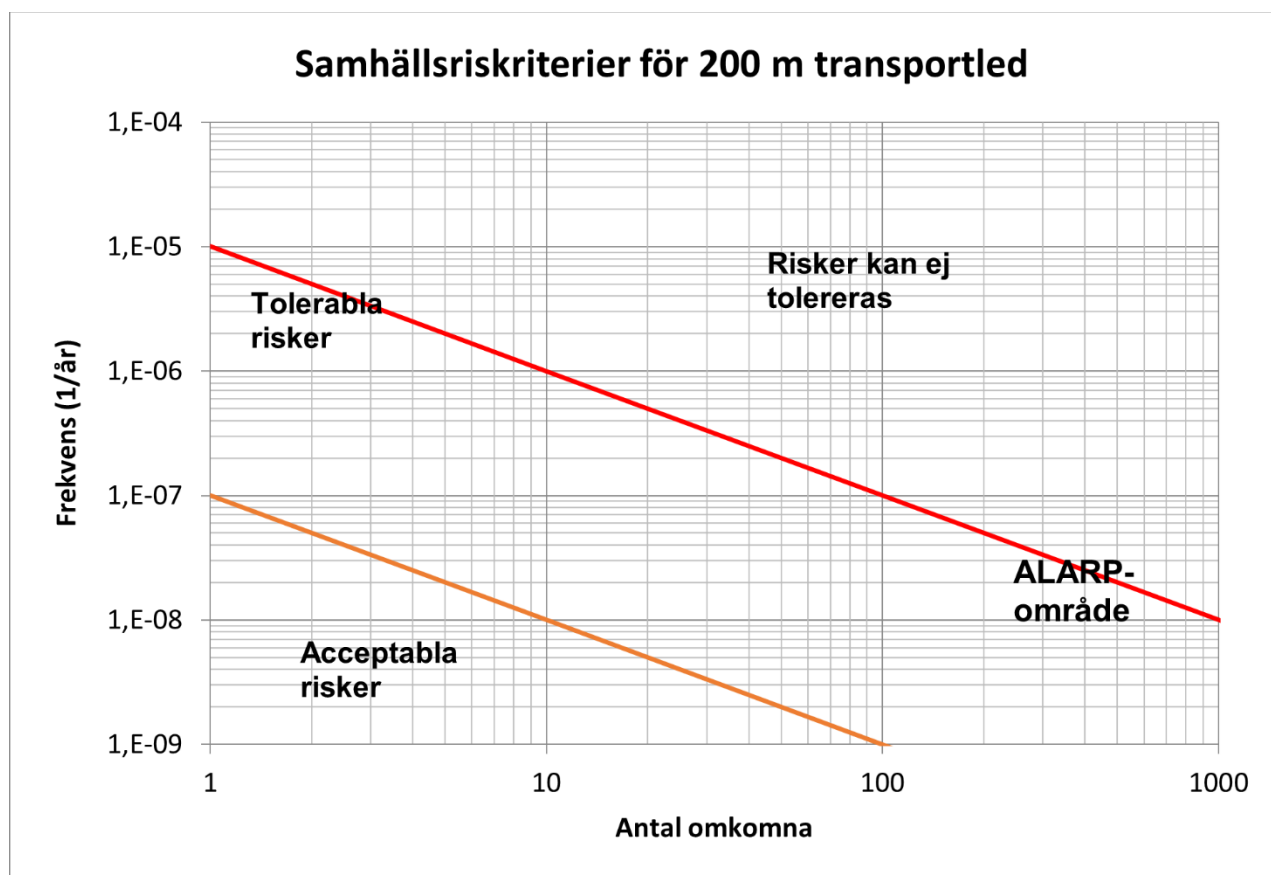


Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i Figur 5 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer än 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så ska rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs Lundbyleden och Hamnbanan samt att området ligger på en sida av leden. Omräknade kriterier visas i Figur 6. Planområdets genomsnittliga längd utmed transportlederna är cirka 200 meter.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 200 meter enkelsidig bebyggelse.

2.3.3 ALARP-området

ALARP-området är området där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP är en förkortning av As Low As Reasonably Practicable. På svenska betyder detta att risknivån ska göras så lågt som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, är vidtagna.

3 Risker med transport av farligt gods

3.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) delas farligt gods in i nio klasser, se Tabell 1.

Tabell 1. Indelning av farligt gods.

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvikksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

3.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna för aktuella klasser beskrivs mer utförligt i *Bilaga 1* och *Bilaga 2*.

Klass 1. Explosiva ämnen

En explosion av så kallade massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till cirka 100 meter från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en så kallad jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 meter.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter. Om ett utsläpp av brandfarliga vätskor kan rinna ner mot bebyggelsen finns risk för att en brand uppstår i det bebyggda området.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, karbid.

Dessa ämnen är fasta och skadar endast i olycksplatsens direkta omgivning.

Klass 5: Oxiderande ämnen

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan vara lika kraftiga som för ämnen i klass 1.

Klass 6: Giftiga ämnen.

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Dessa ämnen transporteras normalt endast i små mängder på väg och järnväg. Risken att omkomma är därför försumbar.

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.

Risk för skador är normalt störst inom cirka 20 meter eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

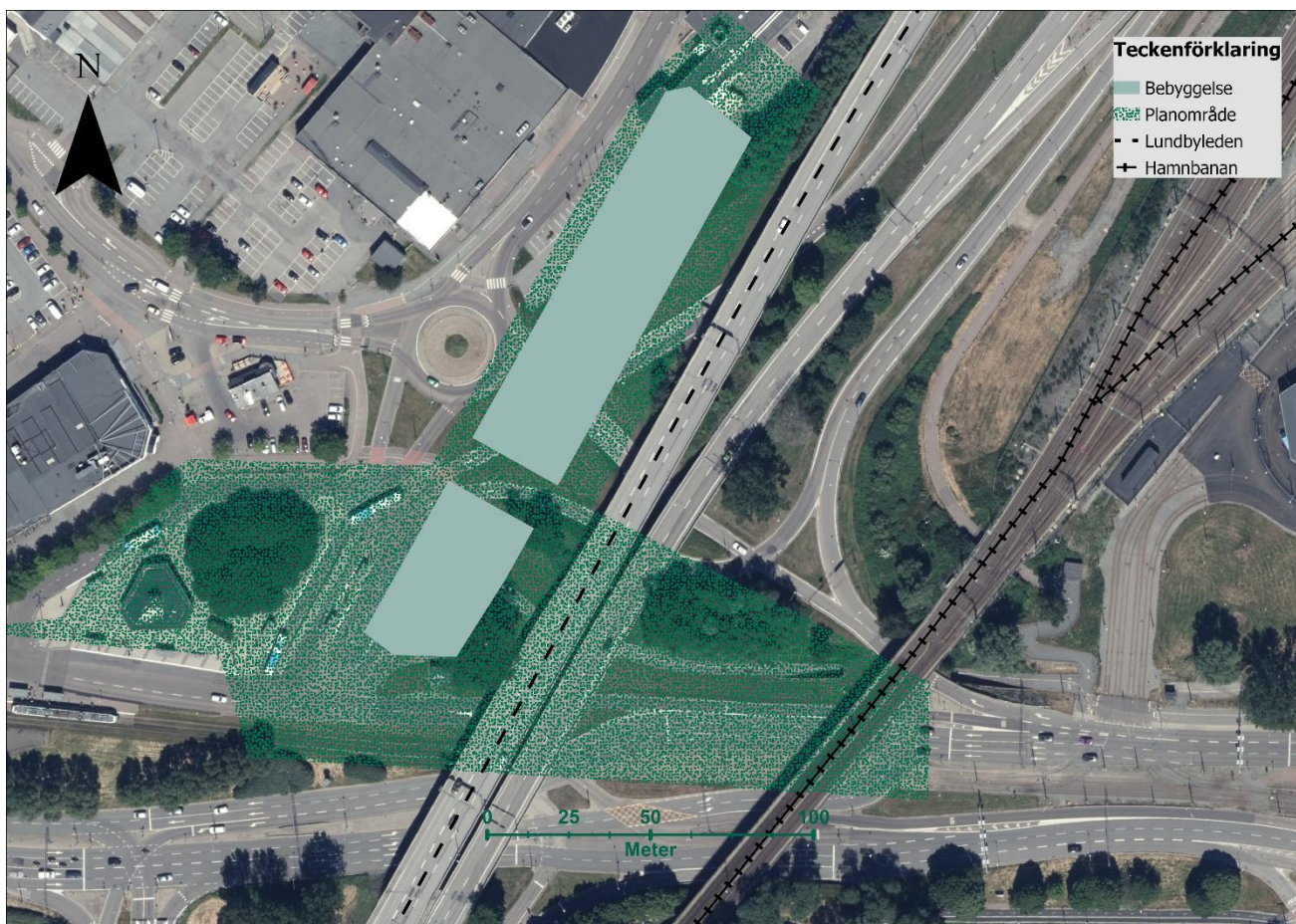
Denna klass omfattar bland annat miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

4 Områdesbeskrivning

I följande kapitel beskrivs området, planerad bebyggelse och antalet personer närvarande i området.

4.1 Området

I Figur 7 illustreras planområdet i relation till sin omgivning. I dagsläget utgörs det planerade planområdet mestadels av asfalterade ytor och gräsbeklädda vägkanter. Lundbyleden ligger utefter den planerade bebyggelsen på en högre nivå än planområdet då Lundbyleden utanför planområdet utgörs av en bro. Bebyggelse planeras cirka 15 meter från transportleden. Hamnbanan ligger också i nära anslutning till den planerade bebyggelsen också på en högre nivå än planområdet. Bebyggelse planeras cirka 115 meter från Hamnbanan.



Figur 7. Karta över område omkring planområdet (Esri, 2023).

4.2 Planerad bebyggelse

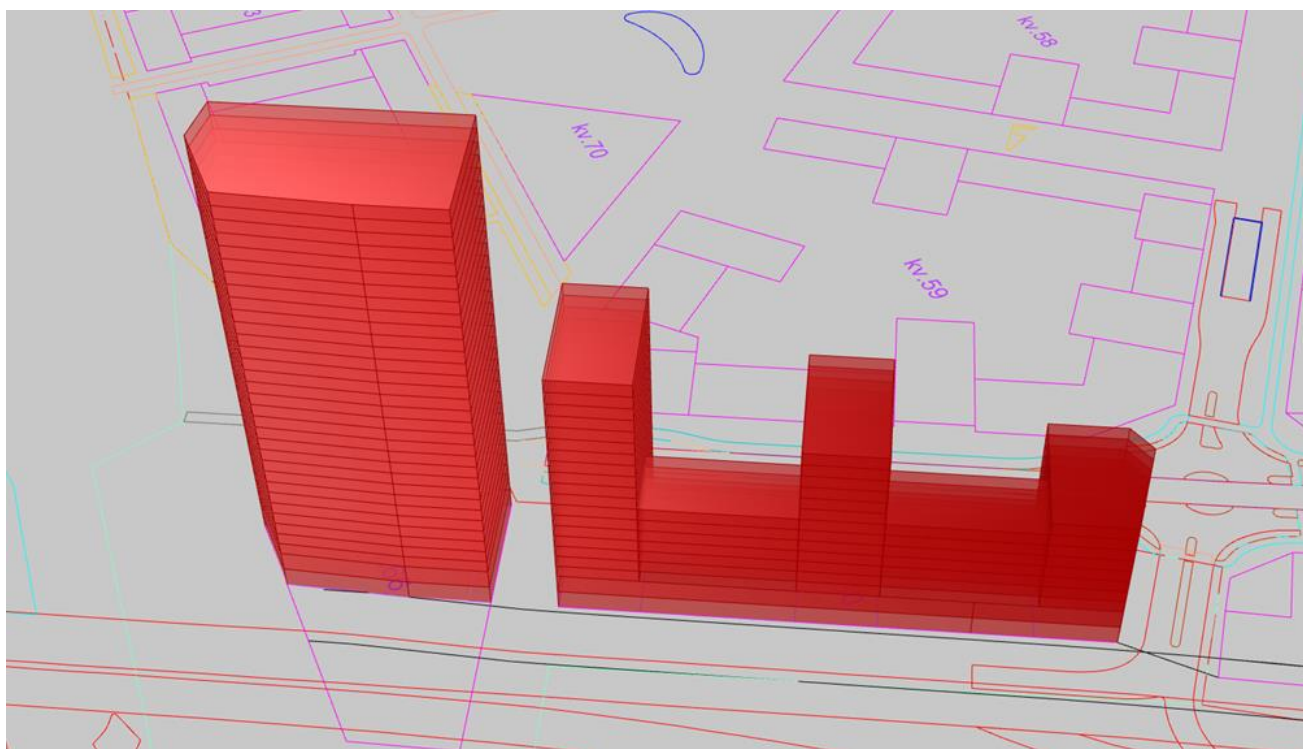
Detaljplanen som studeras i detta uppdrag, DP4, omfattar endast en del av programområdet Backaplan. Den planerade markanvändningen innefattar bebyggelse med kontor, handel och verksamheter samt allmän plats med bland annat spårvagnsområde.

Bebyggelsen som planeras för kontor, handel och verksamheter utgör en total yta på cirka 85 000 m². Den yta som nyttjas för vistelse och uppehålle beräknas vara cirka 80% av den totala ytan, vilket uppmäts till cirka 68 000 m². Denna yta har planerats och fördelats för olika typer av lokalslag, se Tabell 2.

Tabell 2. Yta per användningsområde för olika lokalslag.

Lokalslag	Yta (m ²)
Resecentrum	1 500
Restaurang	2 500
Gym	1 000
Hotell	10 000
Logistik	3 000
Kommunal service	4 000
Kontor	46 000

Planerad bebyggelse illustreras i Figur 8, vilken representerar en möjlig utformning av området. Det planeras en fristående byggnad (till vänster i figuren) och tre punkthus som byggs samman med en lamell (till höger i figuren). I den möjliga utformningen beräknas den fristående byggnaden ha 33 våningar, medan de sammanlänkade punkthusen har 20, 15 och 10 våningar från i fallande skala från vänster till höger. Lamellen är planerad att ha 9 våningar. Varje våning förväntas vara cirka 3,2 meter hög, vilket innebär att den högsta byggnaden till vänster i figuren skulle bli cirka 105 meter hög.



Figur 8. Illustration av möjlig utformning av planerad bebyggelse.

Yta som planeras för allmän plats inkluderar yta för uppehålle och spårvagnshållplats på en yta bakom bebyggelse, sett från Lundbyleden och Hamnbanan. Total yta för uteområdet, inklusive yta utanför entré och för promenadstråk uppmäts till cirka 8 000 m².

4.3 Antalet personer närvarande

Antal personer som antas vistas i det planerade området beräknas olika beroende på vilket användningsområde bebyggelsen syftar till. Hänsyn i beräkningar av persontäthet tas till att de olika användningsområdena har olika närvaro på dagtid (kl 06-18) och kvälls- och nattetid (kl 18-06).

För persontäthet gällande hotell har underlaget baserats på statistik från SCB (2022) och uppgifter från Göteborgs stad. Antal hotellrum planeras till 250 och det antas att två personer befinner sig i respektive rum. Enligt statistik från SCB (2022) har nyttjandegrad av hotellrum i Stor-Göteborg mellan år 2013 och år 2019 varit i snitt cirka 65%, vilket antas i denna analys. Hänsyn i beräkningar av persontäthet tas till att hotellet har olika närvaro på dagtid och kvälls- och nattetid. Under nattetid förväntas cirka 325 gäster cirka 100 gäster under dagtid. Bemanning av personal antas vara cirka 20 personer under dagtid och cirka 10 personer under nattetid, vilket baseras på uppgifter från en tidigare riskutredning om hotellverksamhet (Norconsult, 2020). På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus. Under nattetid i området antas 99% att befinna sig inomhus och 1% utomhus.

Antaganden om persontäthet i restaurangen har gjorts i relation till persontäthet för hotellet samt genom att ta höjd för ytterligare gäster. Hänsyn i beräkningar har även gjorts till restaurangens öppettider, gästers uppehållstid och personal. Det antas att restaurangen har 500 gäster per dag, vilket innebär att persontätheten under dagtid förväntas vara cirka 40 personer och under nattetid cirka 10 personer. På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus. Under nattetid i området antas 99% att befinna sig inomhus och 1% utomhus.

För persontäthet gällande kontor och kommunal service antas 30 personer/1 000 m² dagtid, vilket baseras på uppgifter från Göteborgs stad (2011). Det innebär cirka 1 500 personer. Under nattetid förväntas inga personer att befinna sig på kontor eller kommunal service. På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus.

Persontätheten i lokalerna som avser logistik/last mile baseras på uppgifter hämtade från en tidigare riskutredning (Norconsult, 2020). Det antas vara 6 personer/1 000 m² dagtid. Det innebär cirka 20 personer. Under nattetid förväntas inga personer att befinna sig på kontor eller kommunal service. På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus.

För persontäthet gällande resecentrum har uppgifter hämtats från en tidigare riskutredning av Norconsult (2018). Under dagtid förväntas cirka 100 personer att uppehålla sig i resecentrumet och under nattetid cirka 50 personer. 50% förväntas att befinna sig ute och 50% inne under både dag och nattetid.

Antalet personer som uppskattas närvara vid gymverksamheten baseras på underlag från en tidigare riskutredning av Norconsult (2016). Cirka 40 personer antas under dagtid och cirka 20 personer under nattetid. På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus. Under nattetid i området antas 99% att befinna sig inomhus och 1% utomhus.

I osäkerhetsanalysen antas 25% fler personer närvarande. En sammanställning över antalet personer närvarande kan ses i Tabell 3.

Tabell 3. Antal personer närvarande.

Personer dagtid	Personer nattetid	Osäkerhetsanalys – Personer dagtid	Osäkerhetsanalys – Personer nattetid
1 800	400	2 300	500

5 Riskidentifiering

I följande kapitel redovisas de riskkällor som kan utgöra risker för den planerade verksamheten. Riskkällorna utgörs av transportinfrastruktur.

5.1 Lundbyleden

Lundbyleden cirka 20 meter öster om planområdet och är utpekad som rekommenderad primär transportled för farligt gods. Transportleden ligger på ett avstånd på inom 150 meter från planområdet, vilket innebär att denna riskutredning tar hänsyn till farligt gods som passerar Lundbyleden (Länsstyrelsen, 2006).

För större delen av Lundbyleden finns restriktioner för farligt gods i form av lokala trafikföreskrifter (Trafikverket, 2017). Detta gäller exempelvis Lundbytunneln. Restriktioner saknas dock för sträckan Brantingsmotet-Ringömotet, som passerar Backaplan, varvid alla typer av farligt gods tillåts trafikera det aktuella vägnittet. Sedan augusti 2015, när Stenas verksamhet i Frihamnen flyttades, utgör de farligt godstransporter som trafikerar Lundbyleden endast transporter till lokala målpunkter och inte genomfartstrafik.

I Tabell 1 under avsnitt 3.1 presenteras de nio klasser som farligt gods delas in i enligt internationella bestämmelser (ADR/RID). De angivna klasserna omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna. Detta görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA, 2004). För klass 2 är det klass 2:1 brandfarliga gaser och klass 2:3 giftiga gaser som utgör de mest betydande riskerna. Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (exempelvis bensin) sätts till 75 %. För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

De mängder som antas transporteras på Lundbyleden baseras på uppgifter från COWI (2022) och Trafikverkets (2023) trafikuppräkningsstatistik 1,48. Detta gäller för ämnen i klasserna 2:1 och 3. Inom resterande klasser antas 10 transporter passera på Lundbyleden för att inte utesluta möjligheten att dessa transporter förekommer. En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i Tabell 4.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i Tabell 4.

Tabell 4. Farligt gods på Lundbyleden som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	27
2.3 Giftiga gaser	10
3. Mycket brandfarliga vätskor	1 706
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	3

5.1.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket, 2020). Risken för olyckor på en statlig väg med en högsta tillåten hastighet på 70 km/h anges till 0,158 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,58 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 30% (SRV, 1996), vilket innebär att det vid 70% av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,58 \times 10^{-7} \times (2-0,3) \times 1,1 = 2,95 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

5.2 Hamnbanan

Öster om planområdet ligger även järnvägen Hamnbanan. Bebyggelse planeras inom 150 meter från järnvägen, vilket innebär att en riskutredning med hänsyn till farligt gods ska genomföras.

De angivna klasserna omfattar, som tidigare nämnt, var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. Det är ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna.

Antal transporter av farligt gods hämtas från en tidigare genomförd utredning (COWI, 2016) och Trafikverkets (2023) trafikuppräkningsstatistik 1,48. En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i Tabell 5.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i Tabell 5, se avsnitt 6.3.

Tabell 5. Farligt gods på Hamnbanan som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	3
2.1 Brandfarliga gaser	4 140
2.3 Giftiga gaser	1 040
3. Mycket brandfarliga vätskor	17 600
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	800

5.2.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi aktuellt område har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna visas i Bilaga 2. Sannolikheten för en olycka har beräknats till $7,8 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningar har hänsyn tagits till att det är förekommer 21 växlar på spåren.

Enligt nationell järnvägsdatabas (Trafikverket, 2019) är högsta tillåtna hastighet för tåg på sträckan 60 km/h för A-tåg (majoriteten av godstågen är A-tåg).

Sannolikheten är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras men på järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara.

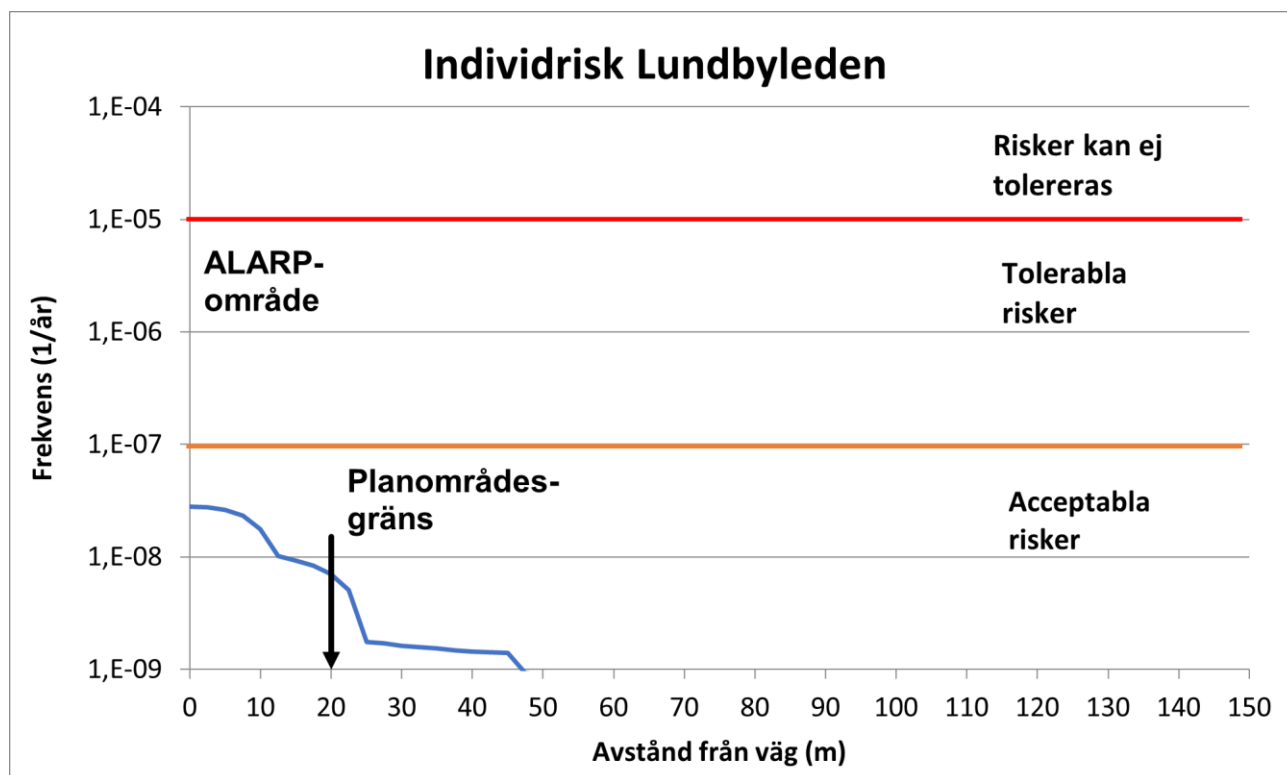
6 Riskanalys och riskvärdering

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk för och samhällsrisk samt beräkningar för skyddsåtgärder gällande transporter av farligt gods på Lundbyleden och Hamnbanan. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys för individ- och samhällsrisk. För individrisken i osäkerhetsanalysen ökas antalet transporter av farligt gods med 25%. För samhällsrisk i osäkerhetsanalysen ökas både antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i området med 25%. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området redovisas i Kapitel 4 & 5.

Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *Bilaga 1* och *Bilaga 2*.

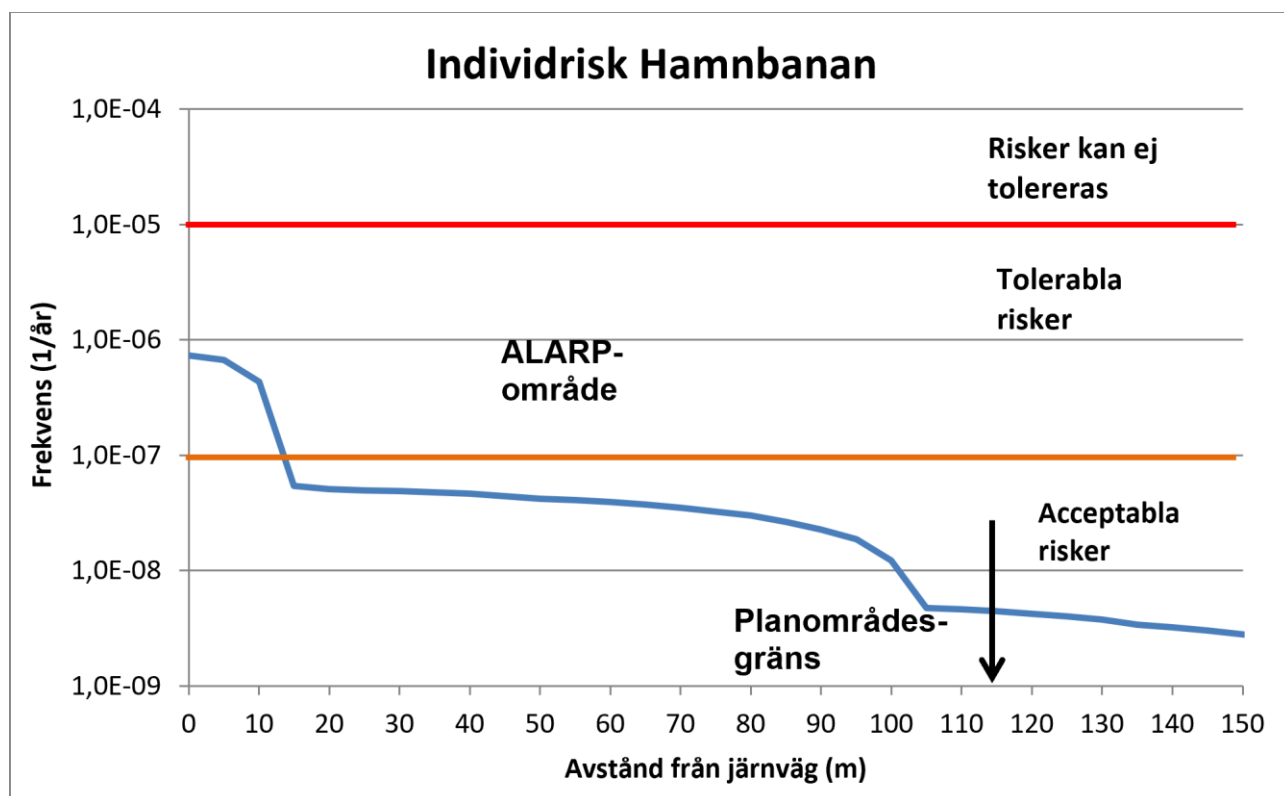
6.1 Individrisk

I Figur 9 visas individrisken i området på grund av farligt gods på Lundbyleden. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå. Planområdet ligger cirka 20 meter från Lundbyleden, vilket innebär att risknivån anses som acceptabel. Detta innebär att inga riskreducerande åtgärder måste vidtas.



Figur 9. Individrisken vid planområdet längs Lundbyleden.

I Figur 10 visas individrisken i området på grund av farligt gods på Hamnbanan. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå cirka 15 meter från järnvägen. Planområdet ligger cirka 115 meter från Hamnbanan, vilket innebär att risknivån anses som acceptabel. Detta innebär att inga riskreducerande åtgärder måste vidtas.

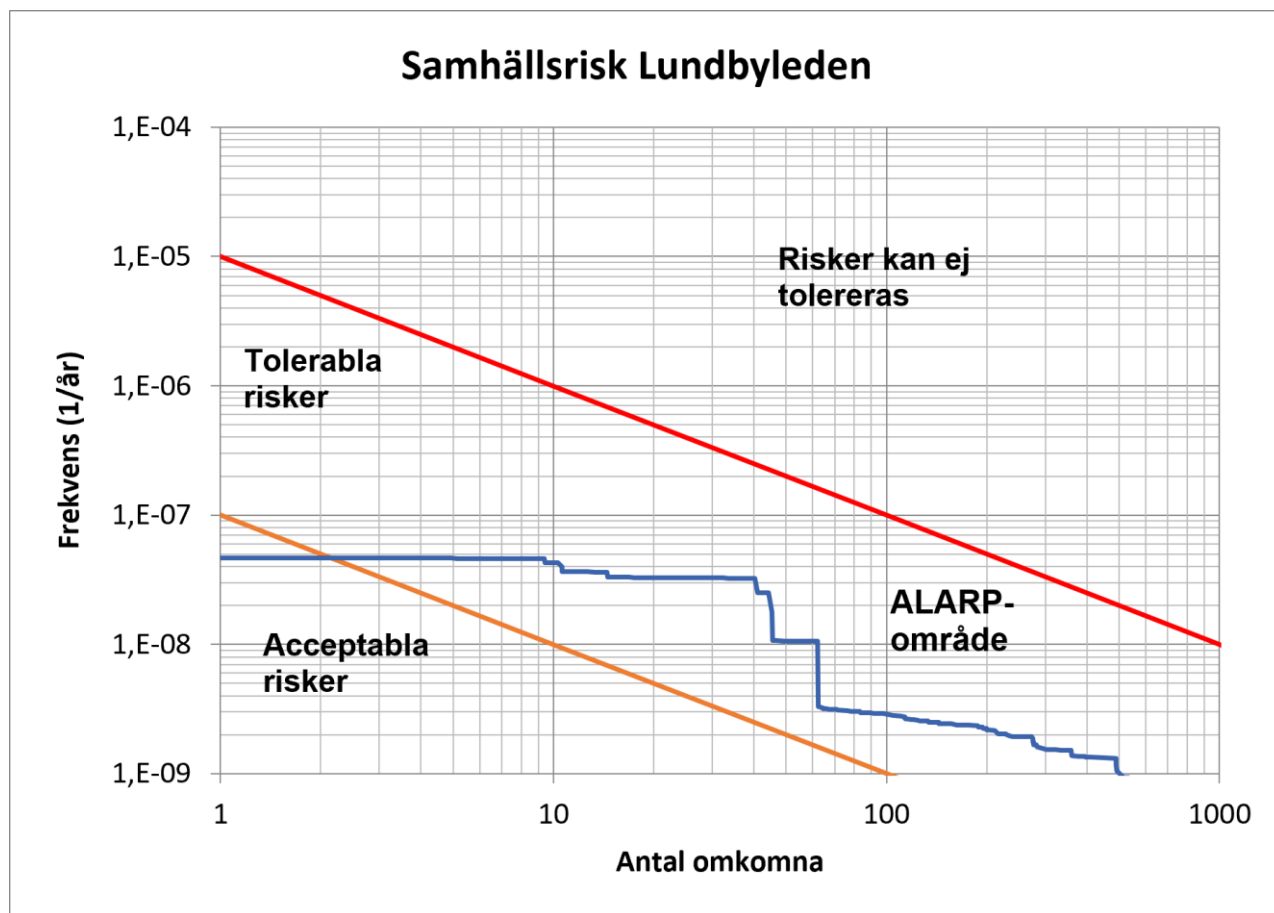


Figur 10. Individrisken vid planområdet längs Hamnbanan.

6.2 Samhällsrisk

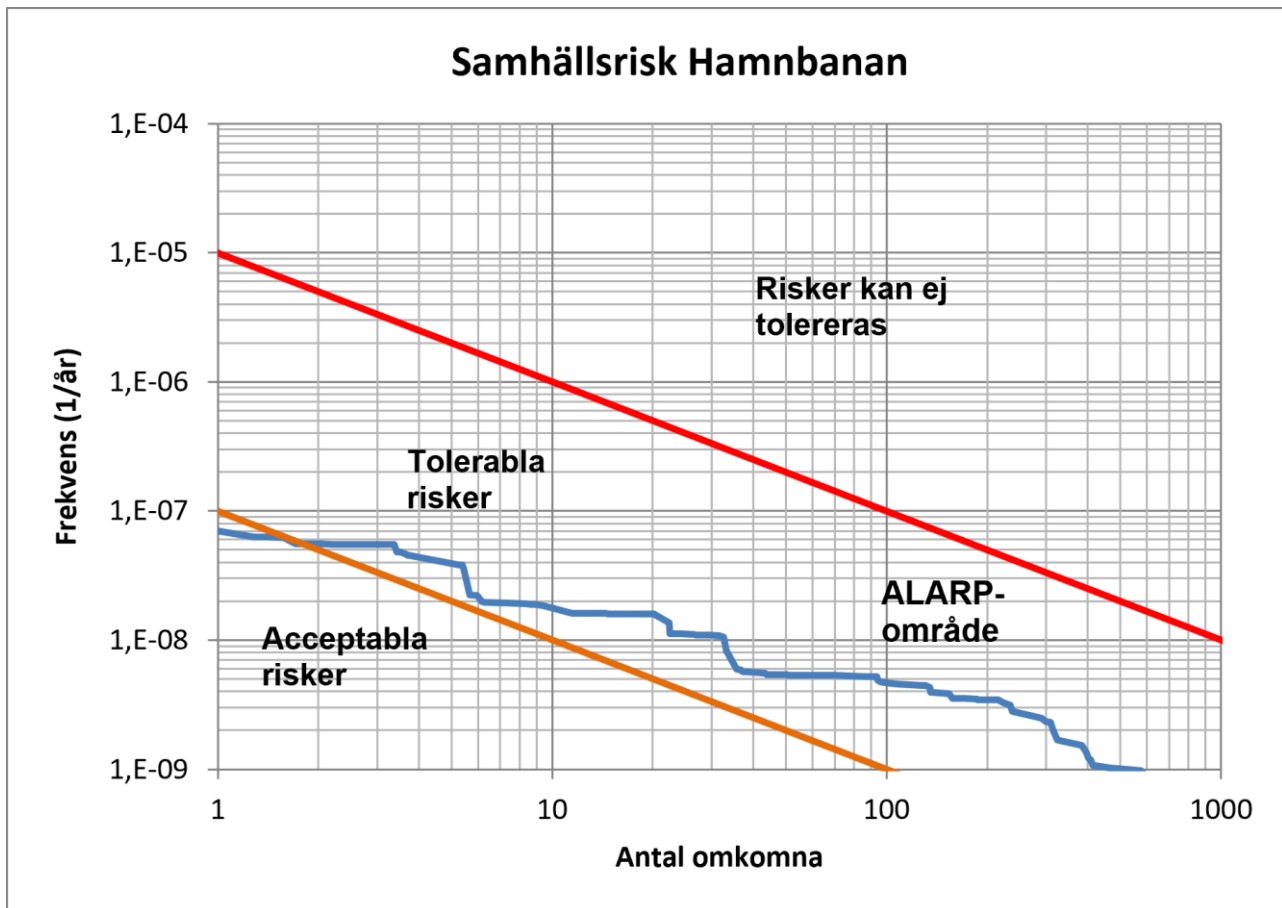
I följande avsnitt redovisas först samhällsrisk för Lundbyleden och Hamnbanan separat. Efter följer en redovisning av en sammanslagen beräkning som utgör den samlade samhällsrisk för planområdet.

I Figur 11 visas samhällsrisk i planområdet från transporter av farligt gods på Lundbyleden. Resultatet visar att samhällsrisk är inom ALARP- området vilket indikerar att riskreducerande åtgärder, som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga, bör vidtas för att risknivån ska tolereras.



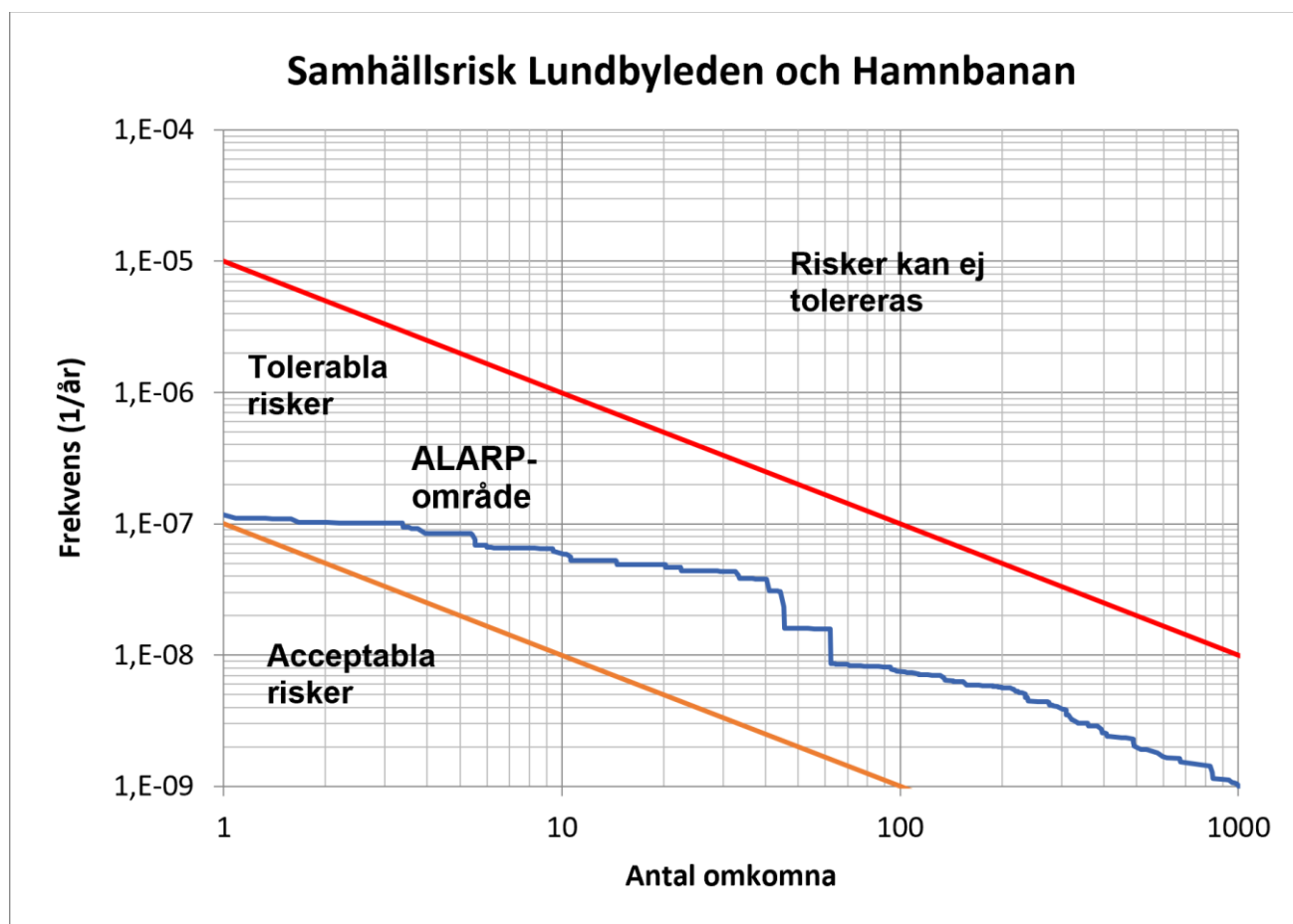
Figur 11. Samhällsrisk för planområdet från Lundbyleden.

I Figur 12 visas samhällsrisken i planområdet från transporter av farligt gods på Hamnbanan. Resultatet visar att samhällsrisken också hamnar inom ALARP- området här vilket ytterligare indikerar att riskreducerande åtgärder, som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga, bör vidtas för att risknivån ska tolereras.



Figur 12. Samhällsrisken för planområdet från Hamnbanan.

Den sammanslagna beräkningen för samhällsriskerna från Lundbyleden och Hamnbanan presenteras i Figur 13, vilket utgör den samlade samhällsrisk för planområdet. Resultatet visar att samhällsriskerna är inom ALARP-området vilket indikerar att riskreducerande åtgärder, som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga, bör vidtas för att risknivån ska tolereras.



Figur 13. Sammanslagen beräkning av samhällsriskerna för planområdet från Lundbyleden och Hamnbanan.

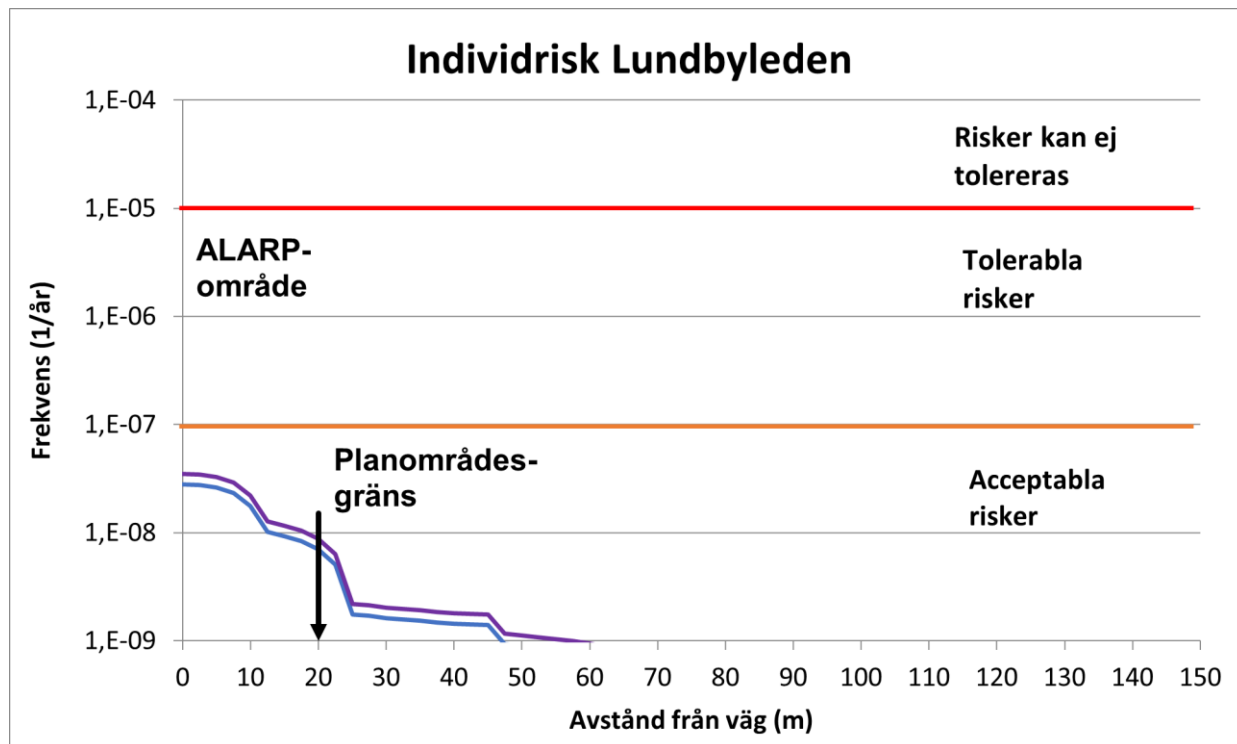
6.3 Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Osäkerhetsanalysen studerar vilka resulterande risknivåer det blir om antal transporter av farligt gods ökas med 25 %.

Ytterligare en källa till osäkerhet för samhällsriskerna kan vara att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. I osäkerhetsanalysen studeras därför risknivåerna om det är 25 % fler personer på plats i planområdet.

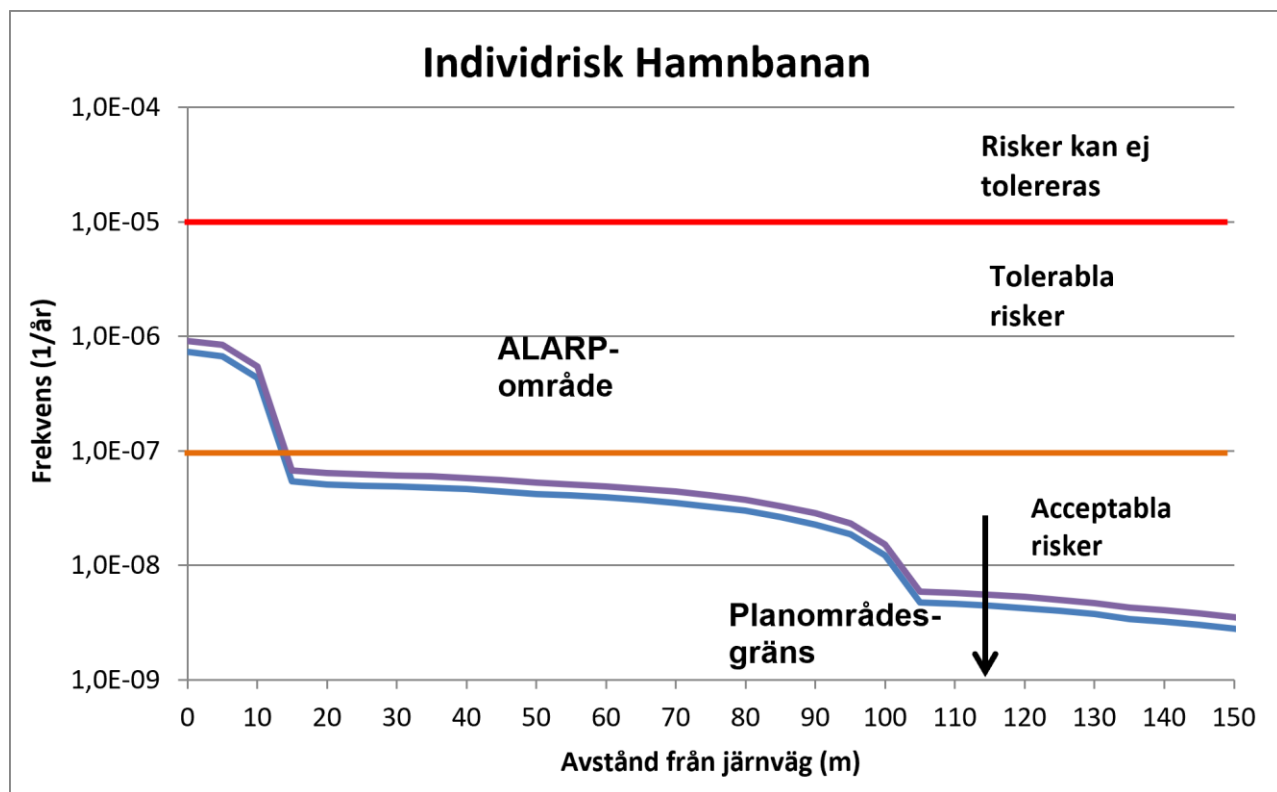
6.3.1 Individrisk

Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods på Lundbyleden presenteras i Figur 14. Enligt beräkningarna ökar risknivån, men den ses fortfarande som acceptabel.



Figur 14. Individrisken vid planområdet längs Lundbyleden. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

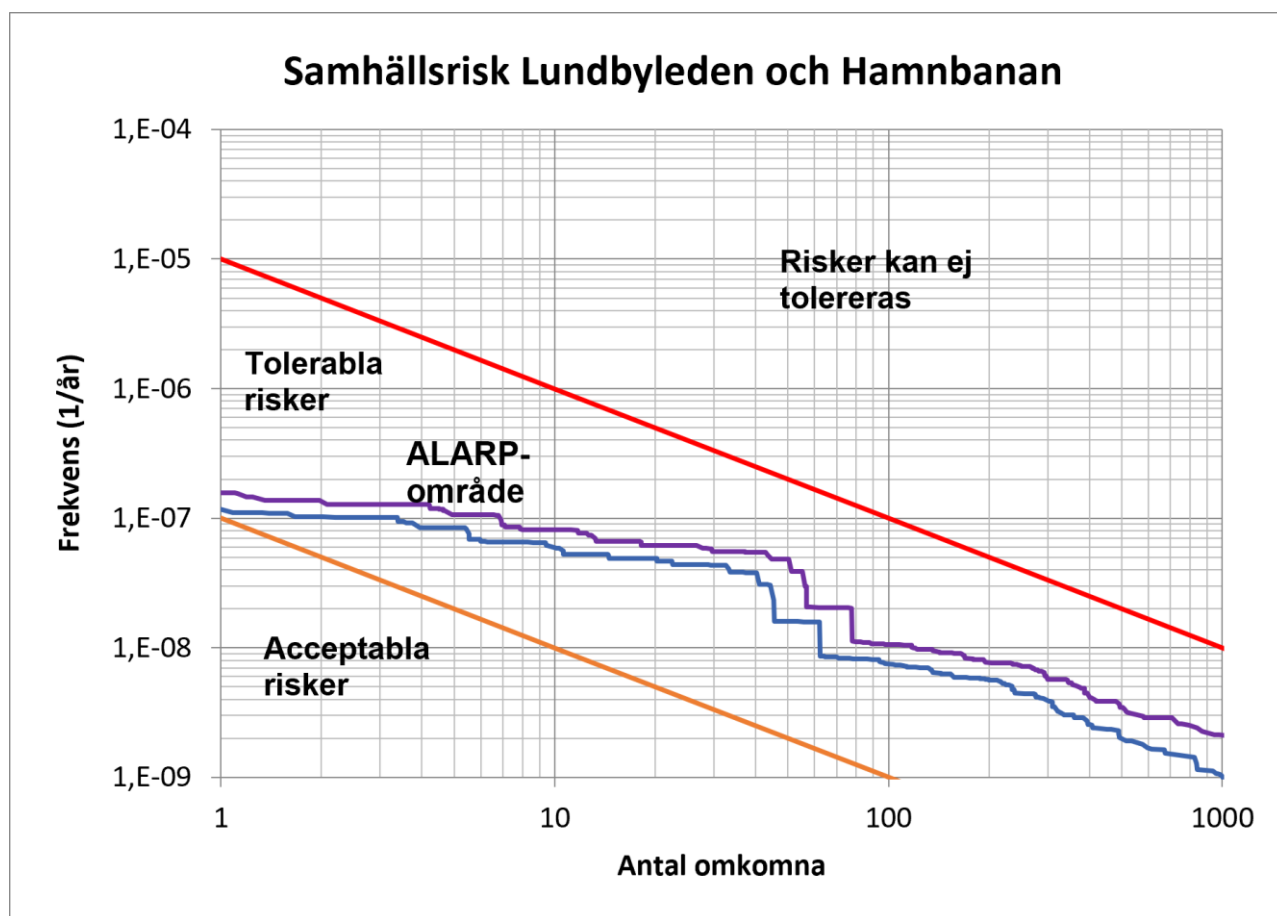
Individriska vid 25 % fler transporter av farligt gods på Hamnbanan presenteras i Figur 15. Enligt beräkningarna ökar risknivån, men den ses fortfarande som acceptabel.



Figur 15. Individriska vid planområdet längs Hamnbanan. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

6.3.2 Samhällsrisk

Figur 16 visar att samhällsrisken i den sammanslagna beräkningen ökar, men risknivån beräknas att fortfarande hamna innanför ALARP-området. I osäkerhetsanalysen har antalet transporter av farligt gods samt att antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %. Resultatet av osäkerhetsanalysen visar på fortsatt tolerabla nivåer med avseende på risker för transporter av farligt gods. Det stärker att de antaganden som legat till grund för beräkningar av riskbilden är robusta.



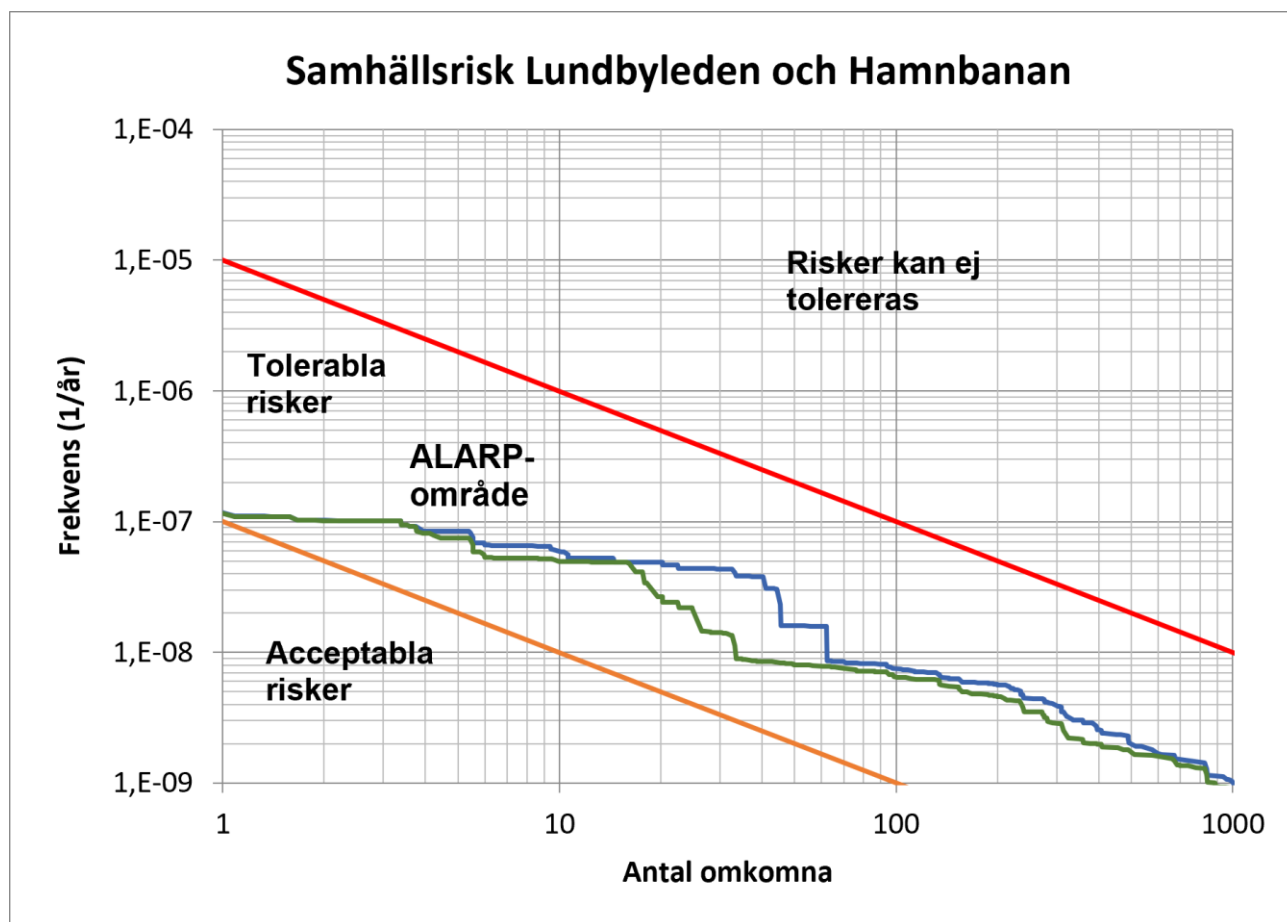
Figur 16. Sammanslagna beräkning av samhällsrisk för planområdet från Lundbyleden och Hamnbanan. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

6.4 Riskberäkning skyddsåtgärder

Boverket (2013) anger att byggnader bör utformas så att strålningsnivån mot närliggande byggnad understiger 15 kW/m^2 i minst 30 minuter. Vid brandteknisk klassning av glas och fasad, särskilt för bebyggelse mot Lundbyleden, bör dimensionerande scenarion övervägas. För att säkerställa säkerheten bör fasaden uppföras i minst brandklass EI30 upp till minst 21 meters höjd på bebyggelse som vetter mot Lundbyleden (ÅF, 2017). Utöver detta bör även fönster som vetter mot Lundbyleden, och som befinner sig under 21 meters höjd, upprättas i minst brandklass EW30. Skyddsåtgärder i form av brandklassade och obrännbara fasader innebär ett skydd mot en del av brandscenariona men inte alla. Med bakgrund av detta antas en skyddseffekt på mellan 30% och 95% för brandscenariona beroende på scenario och vindriktning i beräkningarna.

Utöver skyddsåtgärd som skyddar mot brandscenarion så föreslås också åtgärder som möjlighet till utrymning bort från transportleden samt ventilationsåtgärder. Dessa åtgärders skyddseffekter är svårkvantifierade och således görs ingen beräkning av dess skyddande effekt.

Figur 17 visar samhällsriskerna där brandskydd som skyddsåtgärd är inkluderat. I figuren kan det utläsas att risknivån sjunker om fasad i minst brandklass EI30 och fönster i EW30 uppförs.



Figur 17. Samhällsriskerna för planområdet med brandskydd som skyddsåtgärd. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och beräkning av brandskydd illustreras med grön linje.

7 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna för individrisken visar att risknivån är på acceptabla nivåer för planområdet både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Samhällsriskerna hamnar inom ALARP-området både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen. Detta innebär att skyddsåtgärder som är rimliga, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Inom planområdet föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse:

- På byggnader inom 30 meter från Lundbyleden ska fasader utformas i brandklass minst EI30. Detta gäller upp till minst 21 meter på fasader och som vetter mot Lundbyleden.
- På byggnader inom 30 meter från Lundbyleden ska fönster utformas i brandklass minst EW30. Detta gäller fönster som ligger under 21 meter från marken och som vetter mot Lundbyleden.
- Utrymning ska vara möjlig bort från Lundbyleden och Hamnbanan.
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från Lundbyleden och Hamnbanan

Om föreslagna skyddsåtgärder genomförs bedöms risknivån för planområdet vara tolerabel enligt använda riskvärderingskriterier och regelverk.

8 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
- Boverket. (2013). *BFS 2013:12. BBRAD 3. Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Omtryck.
- COWI. (2016). *Risikanalys för detaljplan för Backaplan*. Göteborg: COWI.
- COWI. (2022). *Kvalitativ riskutredning för Backaplan DP3*. Göteborg: COWI.
- Göteborgs stad. (2011). *Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov*. Göteborg.
- Göteborgs stad. (2022). *Ävstaden*. Göteborg: Göteborgs stad.
- Länsstyrelsen. (2006). *Risikhantering i detaljplaneprocessen*. Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län.
- Miljöbalken. (1998:808).
- Norconsult. (2016). *Detaljplan för Fixfabriksområdet. Riskanalys transport av farligt gods och gastankstation*. Göteborg: Norconsult.
- Norconsult. (2018). *Riskutredning Stenungsunds resecentrum*. Göteborg: Norconsult.
- Norconsult. (2020). *Risikanalys farligt gods. Detaljplan för Lisebergs utbyggnad öster om Nellickevägen*. Göteborg: Norconsult.
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Rtj Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.
- SCB. (2022). *Kapacitetsutnyttjande för hotell, stugbyar och vandrarhem efter region och övernattningsstyp. År 2008 - 2021*. Hämtat från SCB Statistikdatabasen:
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV1701__NV1701A/NV1701T4Ar/
- SIS. (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Stockholm: Utgåva 2, ICS: 03.100.01.
- SRV. (1996). *Farligt gods – Riskbedömning vid transport*. Räddningsverket.
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- Trafikverket. (2017). *E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet - Ringömotet*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2019). *Nationell Järnvägsdatabas, NJDB*. Hämtat från Trafikverket:
<https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>
- Trafikverket. (2020). *Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2020-06-15*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2023). *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från Trafikverket.
- ÅF. (2017). *Riskutredning Ullared 1:21 m.fl.* Malmö: ÅF.

ØSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Øresund Safety Advisers AB.

Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg

Innehåll

	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
	Händelseträd	5
1	Händelseträd från RBM II	5
2	Klass 2.1	5
2.1	Klass 2.3	6
2.1.1	Klass 3	6
2.1.2		
2.1.3	Klass 1	7
2.2	Klass 5.1	8
2.3		
3	Konsekvenser av scenario	10
3.1	Klass 1	11
3.1.1		
3.1.2	Skador på bebyggelsen	13
3.2	Skador utomhus	14
3.3	Klass 5.1	15
	Individrisk	15
	Referenser	16

Riskberäkningsmetoden bygger på den GIS-modell som beskrivs i Kallin (2019). För en fullständig beskrivning av modellen hänvisas till den rapporten. Denna bilaga är en sammanfattning av de mest väsentliga delarna och vad dessa baseras på.

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg. Steg 1, 2 samt 4 genomförs i excelblad och steg 3 genomförs i GIS-programmet QGIS.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelseträd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Beräkning av sannolikhet för olycka

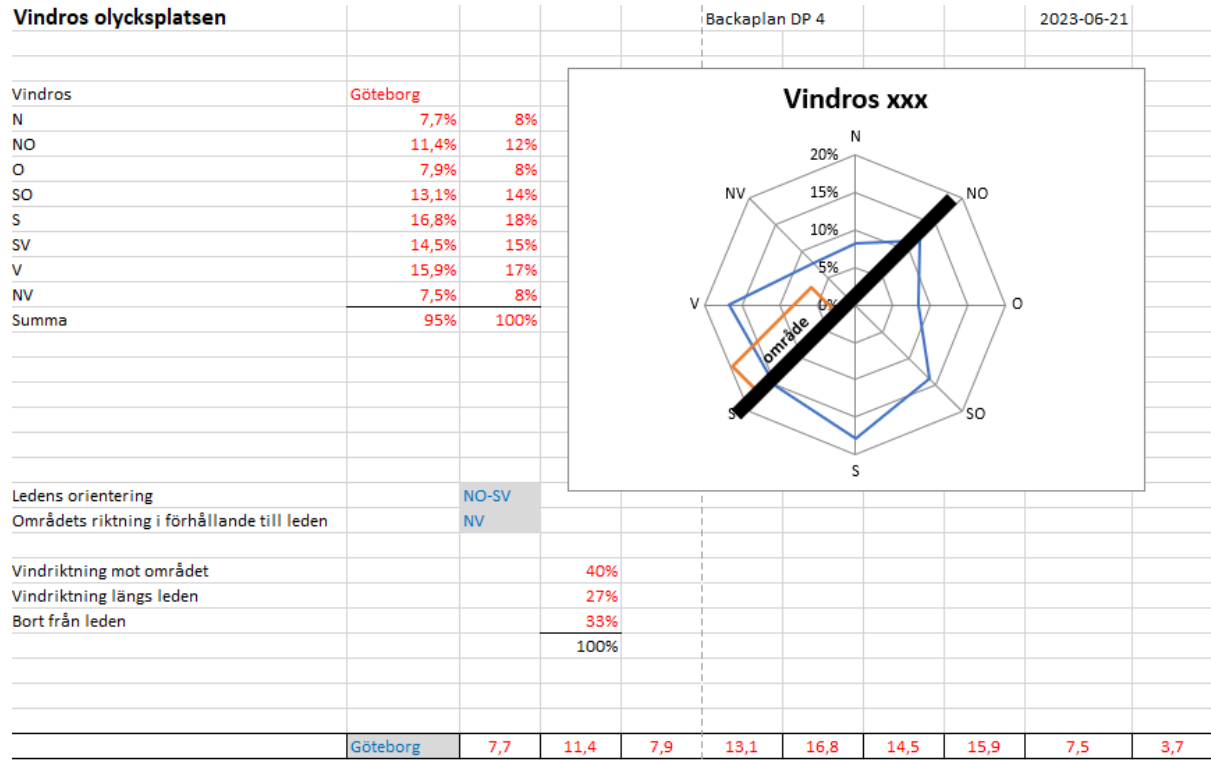
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt. Ingångsdata och beräkningsresultaten för sannolikhet för olyckor finns i *figur 1*. I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn: Backaplan DP 4		2023-06-21	
Olycksrisk					
Risk för olycka	1,58E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,30				
Olycksrisk fordon	2,95E-07	1/km, år			
Område enl nedan	3	ange siffervärde			
Sannolikhet utströmning > 100 kg					
Område		Kondenserade gaser	Vätskor		
Motorväg	1	0,052	0,101		
Utanför tätort	2	0,034	0,077		
Inom tätort	3	0,006	0,021		
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089		
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
Andel transporter dagtid	0,7				
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid o	1				
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplosiv	1,0	1	2,1E-07	8,9E-08	
Klass 2.1	27,0	0,006	3,4E-08	1,4E-08	
Klass 2.3	10,0	0,006	1,2E-08	5,3E-09	
Klass 3, bensin	1705,5	0,021	7,4E-06	3,2E-06	
Klass 5.1, explosionsrisk	3,3	0,021	1,4E-08	6,2E-09	
Bredd på hus första raden [m]	30				
Medelavstånd till område inne [m]	17				
Medelavstånd till område ute [m]	52				
Områdets längd längs leden [m]	200				

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

I figur 2 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.

Händelseträäd

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*. Händelseträden för klasserna 1.1 och 5.1 är till viss del baserade på uppgifter från RBM II och beskrivs mer i detalj under deras underkategori. I beräkningsmodellen finns händelseträd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

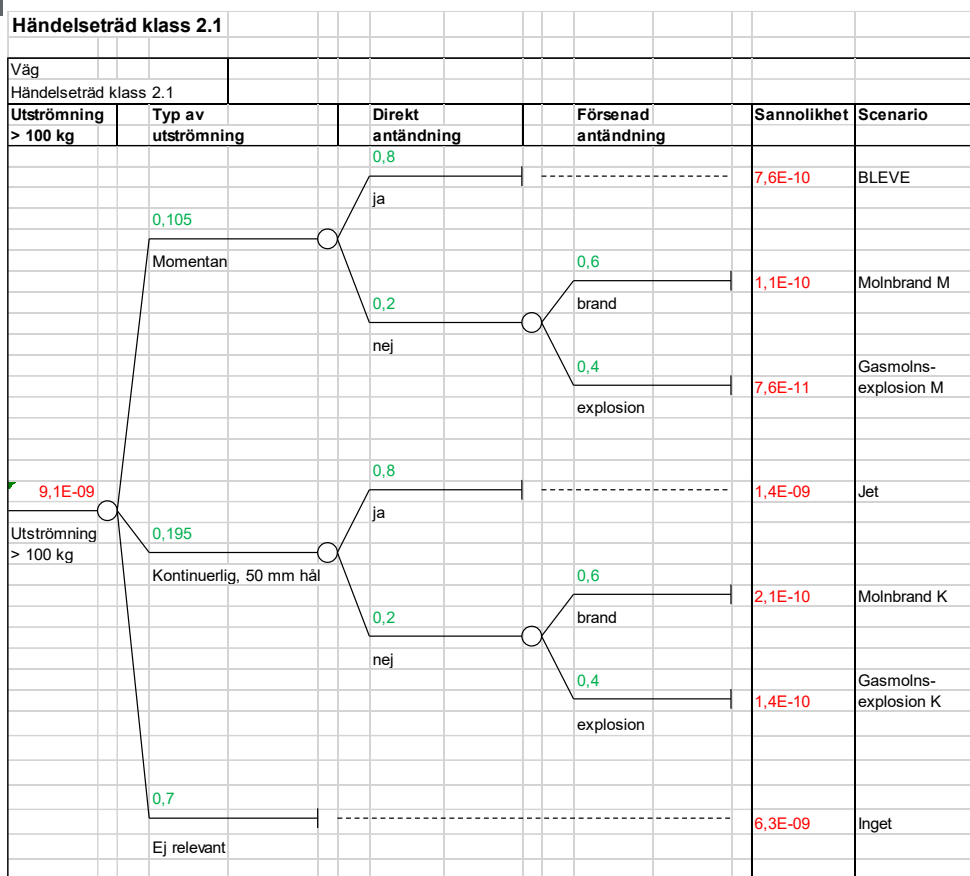
2

Händelseträd från RBM II

- Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet av det farliga godset ut på en gång. Om utsläppet däremot sker kontinuerligt släpps innehållet ut över en längre tid och baseras på att ett hål på 5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. För klass 3 skiljer man på utsläppets storlek istället för om utsläppet är momentant eller kontinuerligt. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3 – figur 5*.

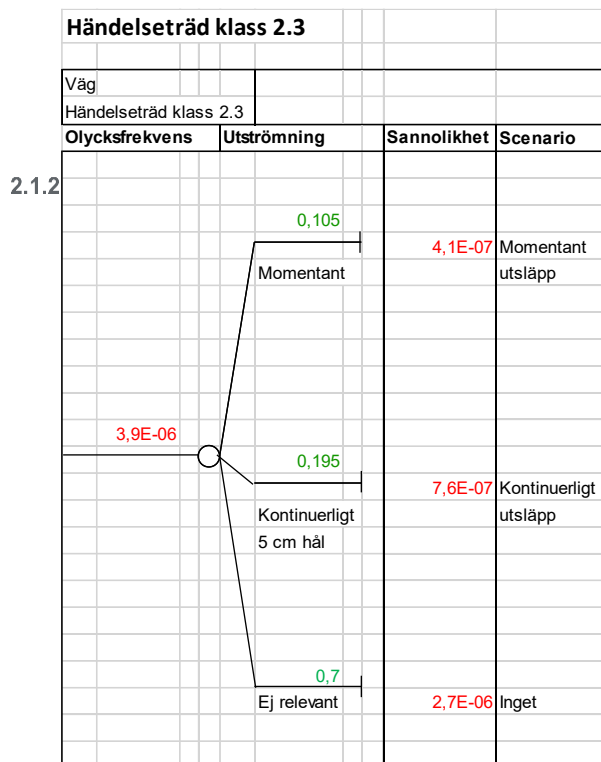
Klass 2.1

2.1.1



Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas.

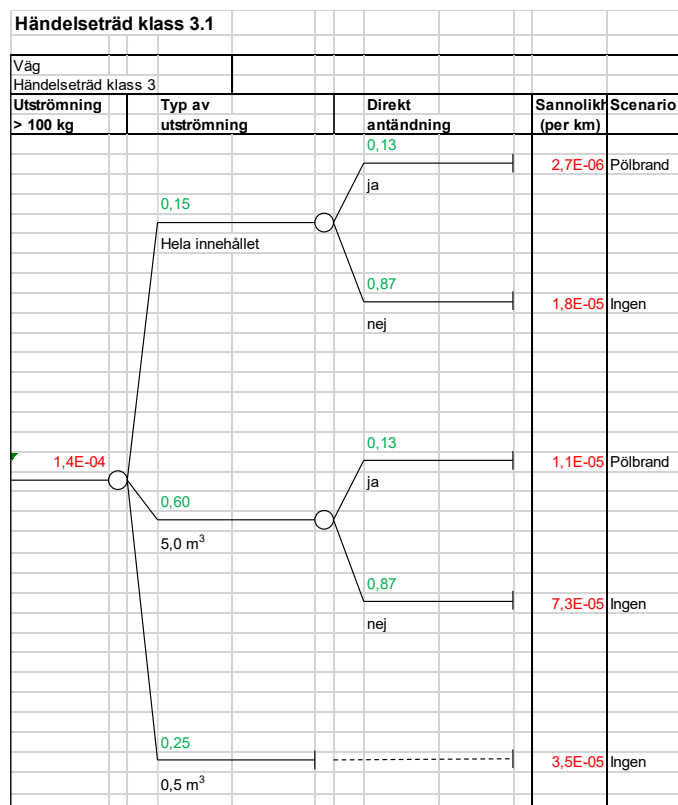
Klass 2.3



Figur 4. Händelseträd för olycka giftiga gaser.

2.1.3

Klass 3



Figur 5. Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

Klass 1

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 1*.

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- 2.2 • explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordon som inte leder till explosion,
- brand i fordon som leder till explosion.

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

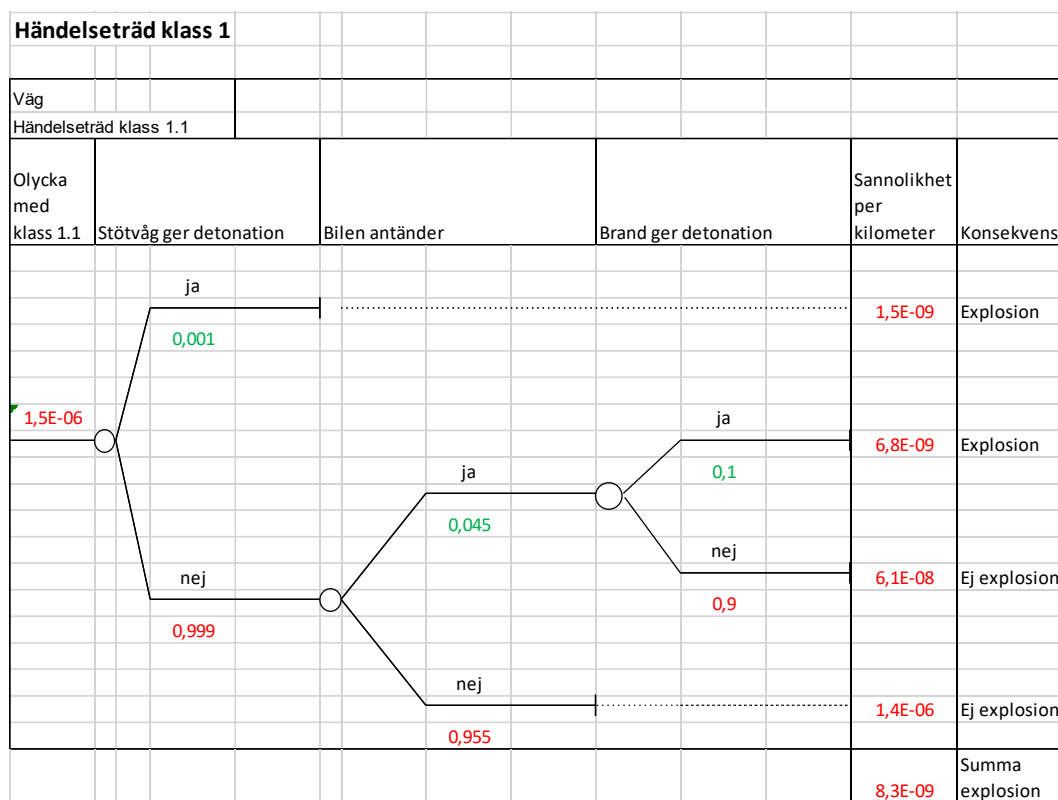
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA 2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005–2009 ca 52,7 miljoner trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005–2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således $72\,600 / 1\,600\,000 = 4,5\%$ under 2005–2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



Figur 6. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

2.3

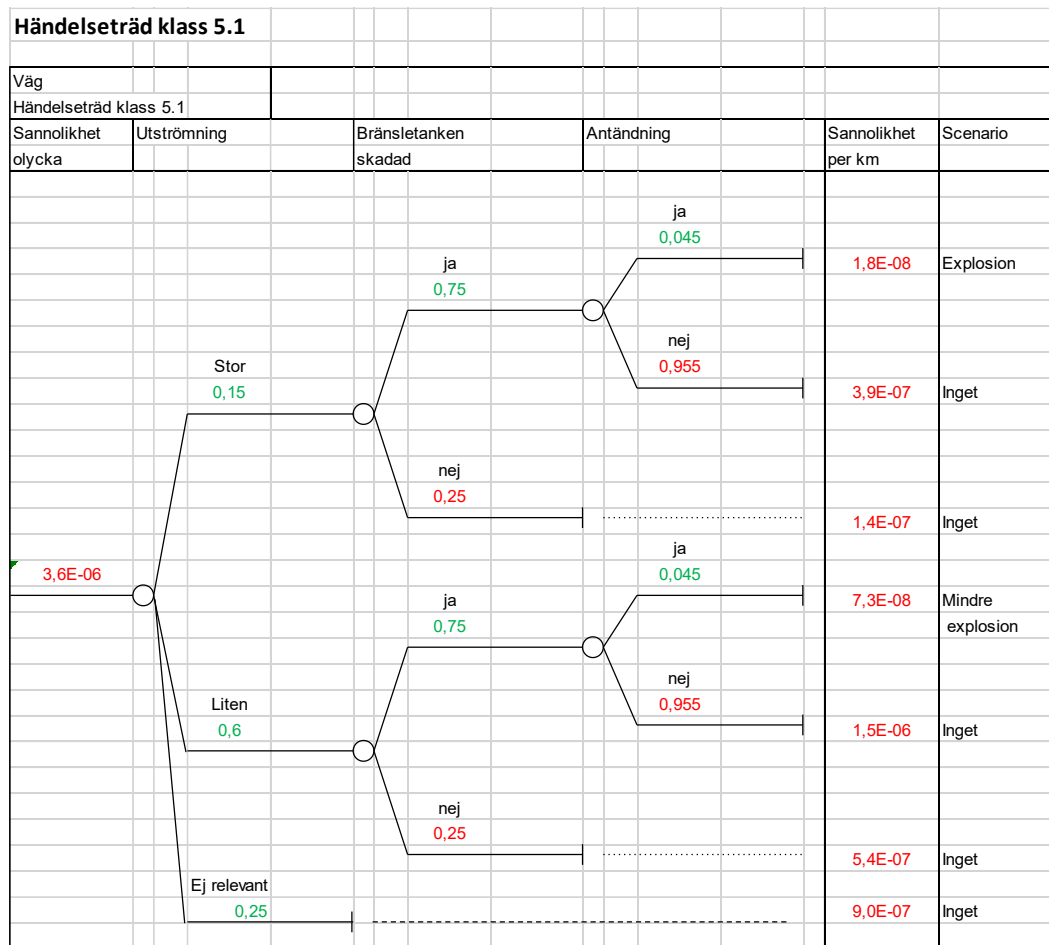
Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transporterna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 3 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med dieselolja och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 7* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 7. Händelsesträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av scenarierna beräknas med ekvationen nedan.

$N = \text{Överlappande område} \times \text{sannolikhet omkomna} \times \text{befolkningstäthet}$

- 3 Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) samt effektområdets form och storlek kan ses i *figur 8*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBM II. För klass 1.1 och klass 5.1 beskrivs mer i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats i *avsnitt 3.1* respektive *3.2*.

Klass 1 och klass 5



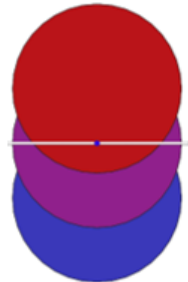
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



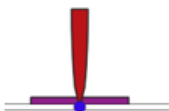
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



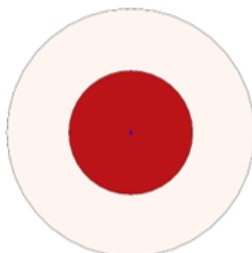
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



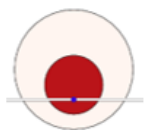
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



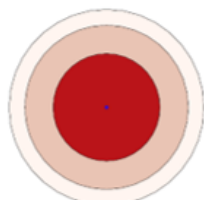
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



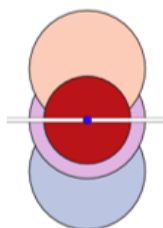
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



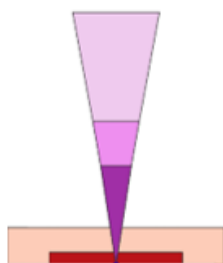
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



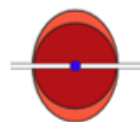
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

Giftiga gaser kontinuerligt



	Vind mot (lila yta), effektområde 1	Vind mot (lila yta), effektområde 2	Vind mot (lila yta), effektområde 3	Vind längs (röd yta), effektområde 1	Vind längs (röd yta), effektområde 2
Maximala längd	100 meter	145 meter	255 meter	135 meter	220 meter
Maximala bredd	31 meter	47 meter	88 meter	13 meter	38 meter
P (inne)	0,1	0,06	0,03	0,1	0,03
P (ute)	1	0,6	0,3	1	0,3

Pölbrand



	Pölbrand stor		Pölbrand liten	
	Effektområde 1	Effektområde 2	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (Halva längd)	24 meter	32 meter	11 meter	16 meter
Minor axis (Halva bredd)	23 meter	24 meter	10 meter	12 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,12	1	0,4

3.1

Figur 8. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både oreflekterade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 9 och 10* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

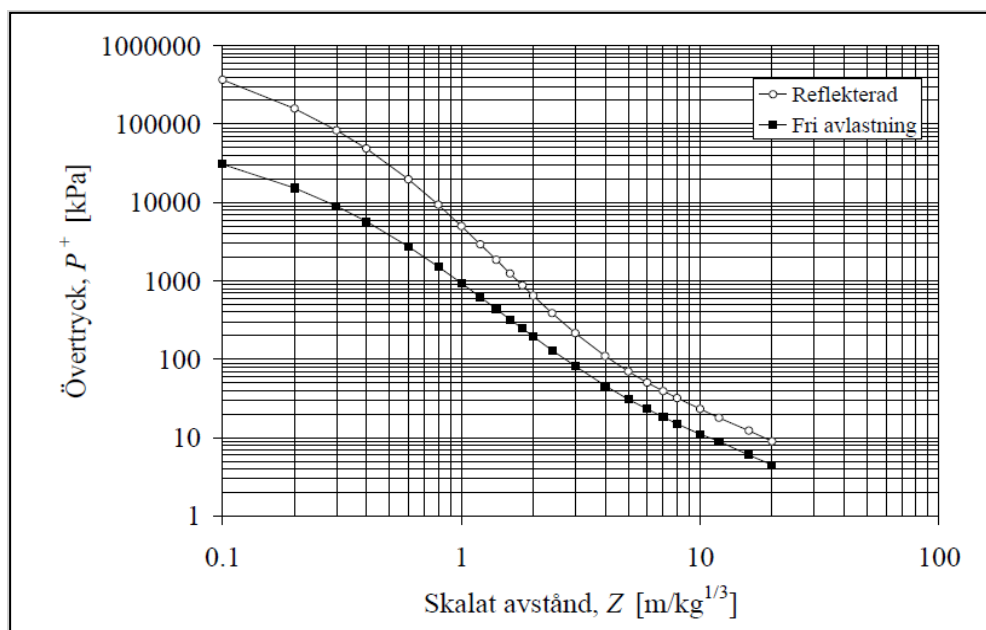
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

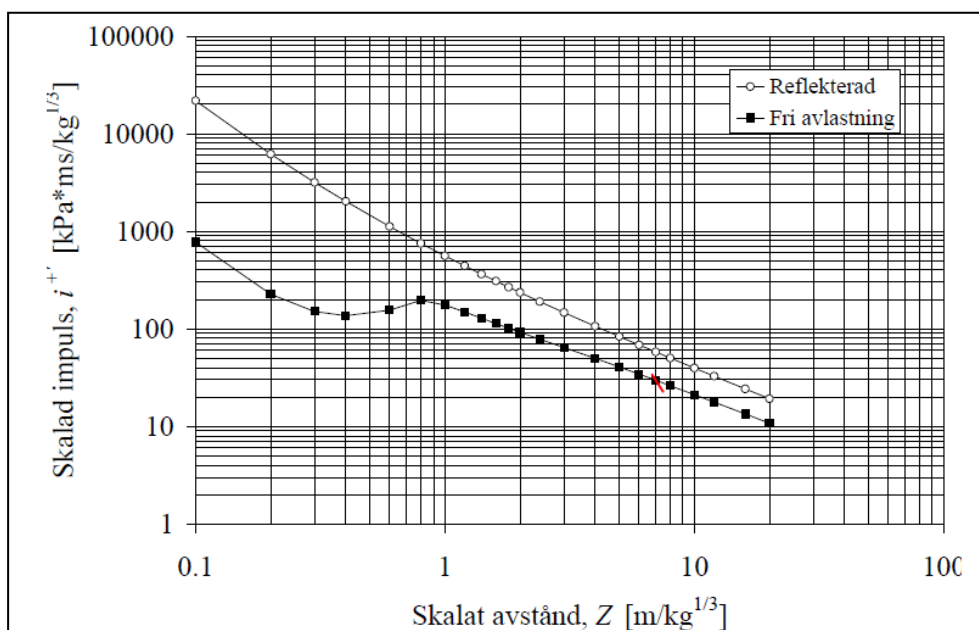
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



Figur 9. Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 10 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne: $i_+/M^{1/3}$. Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$.



Figur 10. Reflekterat och oreflekterat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekterat och oreflekterat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	p^+	p_r	i^+	i_r
m	m/kg ^{1/3}	kPa	kPa	kPas	kPas
25	1,0	900	5000	4,8	14,0
50	2,0	200	750	2,3	6,3
63	2,5	120	400	1,8	4,3
75	3,0	80	220	1,6	3,3
100	4,0	45	110	1,3	2,6
125	5,0	33	70	1,0	2,0
150	6,0	23	50	0,9	1,8
175	6,9	20	40	0,8	1,5
200	7,9	15	33	0,7	1,3

3.1.1

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen. Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen

Skador utomhus

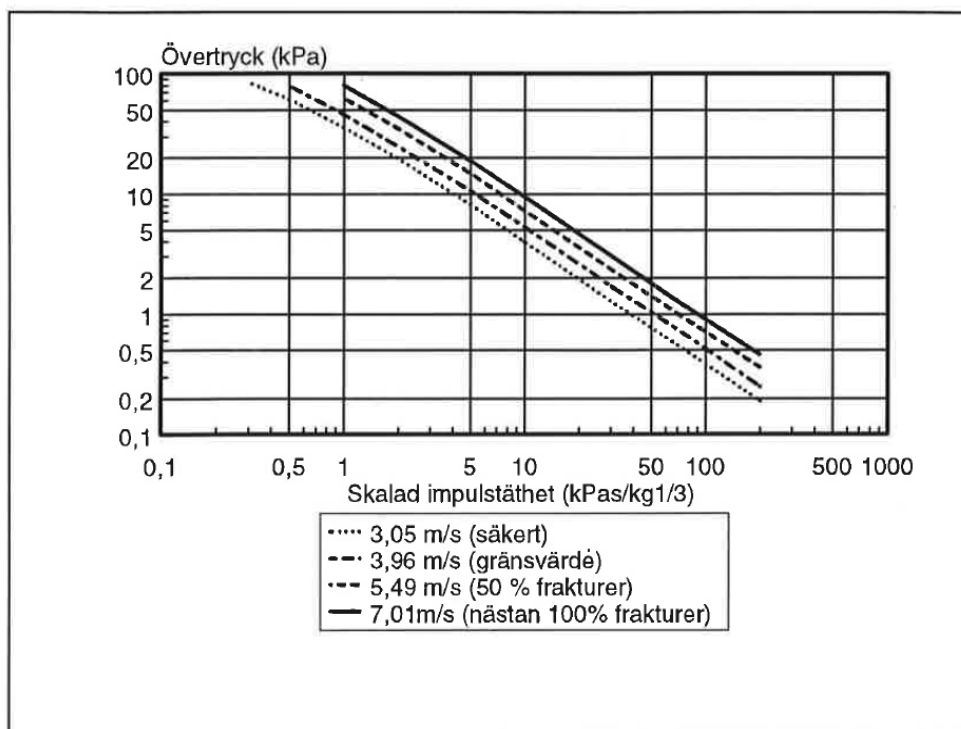
Direkta skador pga. tryck

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen (FOA 1997).

Indirekta skador

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna. Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

Klass 5.1

3.2 Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne).

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 3 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk beräknas på samma sätt som i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara hälften av konsekvenserna av en stor explosion.

Individrisk

3.3

Individriska beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$IR(x) = F_{olycka} \times vind \times b(x) \div andel$$

I individriska beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i *figur 8*. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirkelarna inte är på transportvägen räknades bredden $b(x)$ som maximala bredd fram till centrum.

Eftersom bredden $b(x)$ baseras på distans från transportvägen så beräknas individriska med 2,5 meters mellanrum.

Referenser

EAI 1997	High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
ERM 2008	SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
FEMA 2008	Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
FOA 1997	Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
FOA 2000	Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
Kallin 2019	Risk assessment of transport of dangerous goods with GIS, Chalmers tekniska högskola, 2019. https://hdl.handle.net/20.500.12380/300121 (Hämtad 2019-08-20)
NFPA 2010	National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
SMHI 2006	Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996
SRV 2005	Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
SRV 2007	Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
USCB 2012	United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11

Bilaga 2 – Beräkning av risker transport av farligt gods på järnväg

Innehåll

	Beräkning av sannolikhet för olycka	Fel! Bokmärket är inte definierat.
	Händelseträd	Fel! Bokmärket är inte definierat.
1	Händelseträd från RBM II	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2	Klass 2.1	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1	Klass 2.3	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1.1	Klass 3	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1.2	Klass 1	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1.3	Klass 5.1	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.2		
2.3		
3	Konsekvenser av scenario	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.1	Klass 1	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.1.1	Skador på bebyggelsen	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.1.2	Skador utomhus	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.2	Klass 5.1	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.3	Individrisk	Fel! Bokmärket är inte definierat.
	Referenser	Fel! Bokmärket är inte definierat.

Riskberäkningsmetoden bygger på den GIS-modell som beskrivs i Kallin (2019). För en fullständig beskrivning av modellen hänvisas till den rapporten. Denna bilaga är en sammanfattning av de mest väsentliga delarna och vad dessa baseras på.

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg. Steg 1, 2 samt 4 genomförs i excelblad och steg 3 genomförs i GIS-programmet QGIS.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelseträd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Beräkning av sannolikhet för olycka

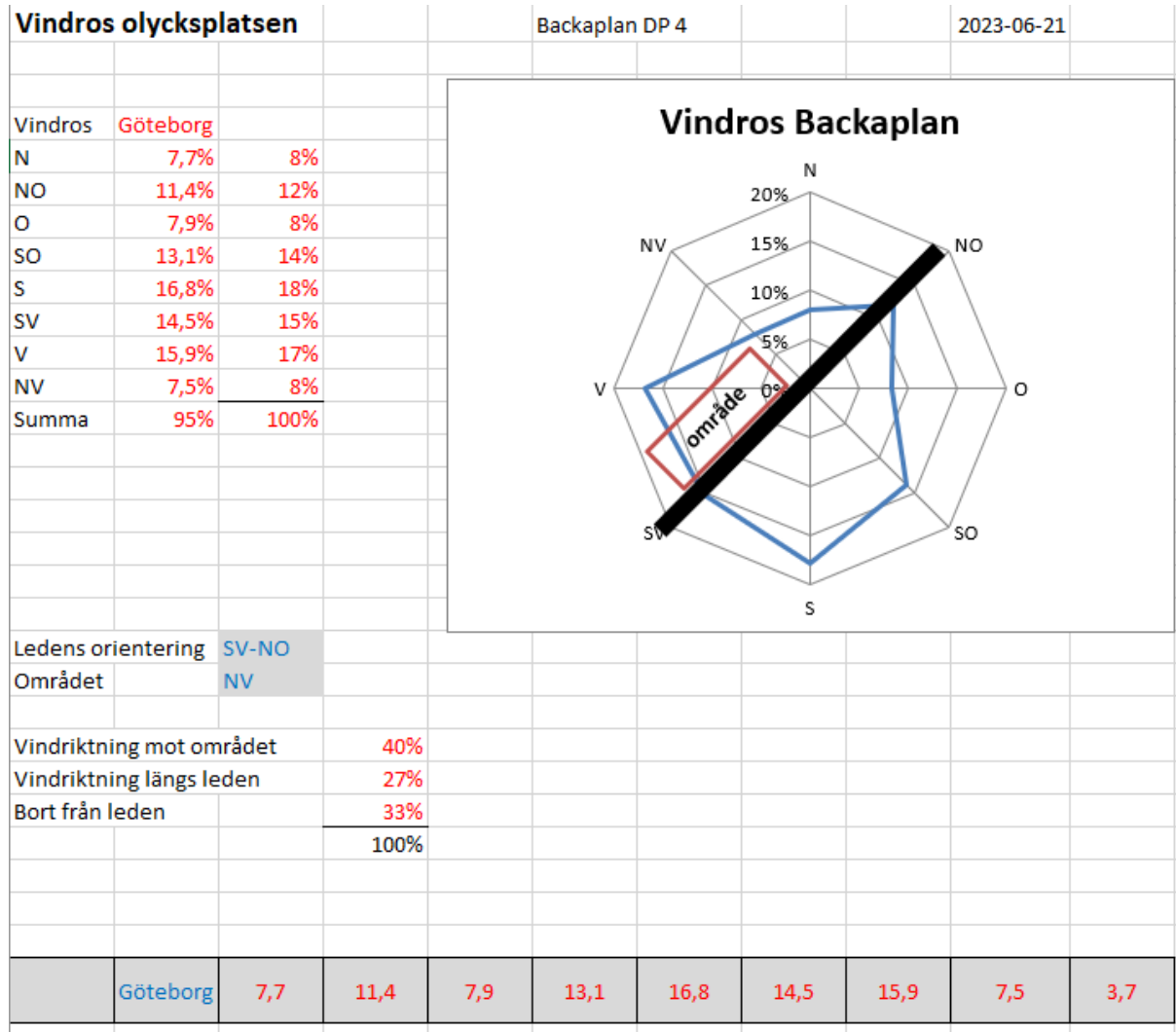
1 Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår i *figur 1*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Hamnbanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata 1(2)		Uppdrag snamn: Backaplan DP 4	2023-06-21
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5			
Ingångsdata			
Sträcka	1 km	Färgernas betydelse:	Fylls i
Vagnaxel/vagn	2,75		Standard
Tåglängd	580 m		Beräknas
Vagnlängd	20 m		
Godståg/dag	40		
Persontåg/dag	0		
Pendeltåg/dag	0		
Antal vagnar/tåg	29,0		
Antal tåg/dag	40		
Antal tåg/år	14600		
Antal tåg/v	281		
Antal växlar	21		
Plankorsn. bommar	0		
Plankorsn. ljus	0		
Plankorsn. Kryss	9		
Vagnaxelkm/år	1,2E+06		
Vagnkm	4,2E+05		
Beräkning olycksrisken			
		Intensitet	Frekvens
Orsak	Parameter	Spårklass	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	5,8E-05
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	1,0E-05
Spårslägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,7E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	1,5E-03
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	2,1E-02
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,6E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,7E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,6E-03
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,9E-03
Summa	Olyckor per år/km		3,3E-02
Antal tågkm/år			1,5E+04
Olyckor per tågkm, år			2,3E-06
Antal vagnkm/år			4,2E+05
Olyckor per vagnkm, år			7,8E-08
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid			
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olyckorsrisk dagtid/km,år
Klass 1, masseexplosiv	3,0	0,8	5,86E-08
Klass 2.1	4143	1035,8	8,10E-05
Klass 2.3	1036	259,0	2,03E-05
Klass 3, bensin	17582	4395,5	3,44E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	797	199,3	1,56E-05
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg			
antal godståg	14600		
andel m bensinvagnar	120%		
Områdesinfo			
Områdets storlek			
	Inne	Ute	
Planområdets avstånd lade	115	150	m
Bredd på hus första raden	30		m
Områdets längd längs lade	200		m

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

I figur 2 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs järnvägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.

Händelseträd

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*. Händelseträden för klasserna 1.1 och 5.1 är till viss del baserade på uppgifter från RBM II och beskrivs mer i detalj under deras underkategori. RBM II skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträd för var och en av klasserna.

2

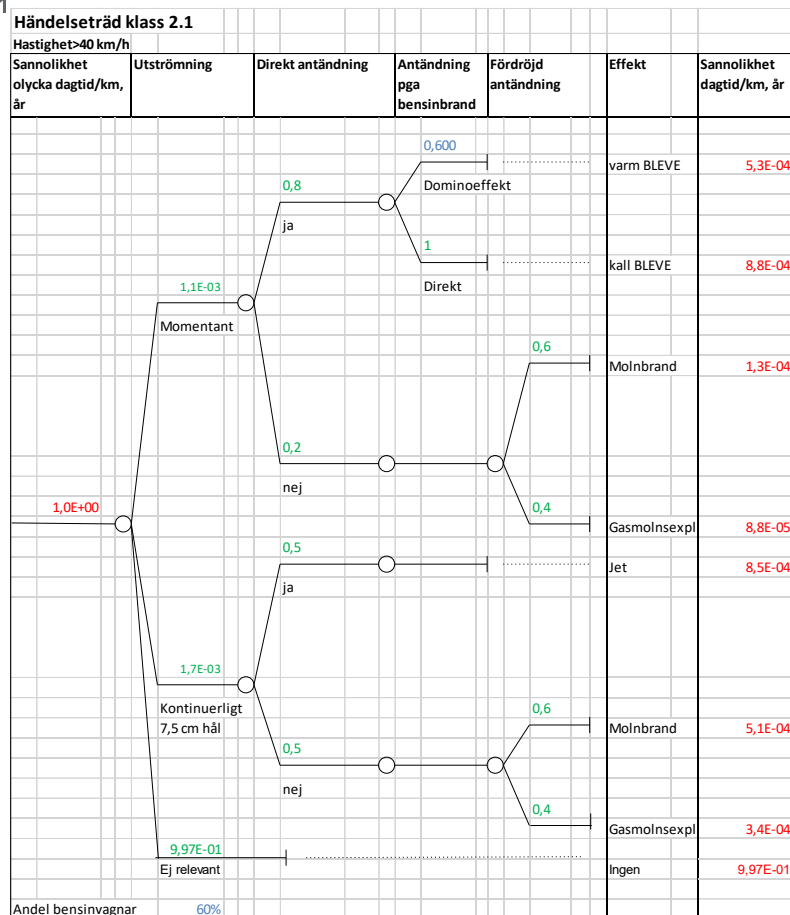
Händelseträd från RBM II

Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker

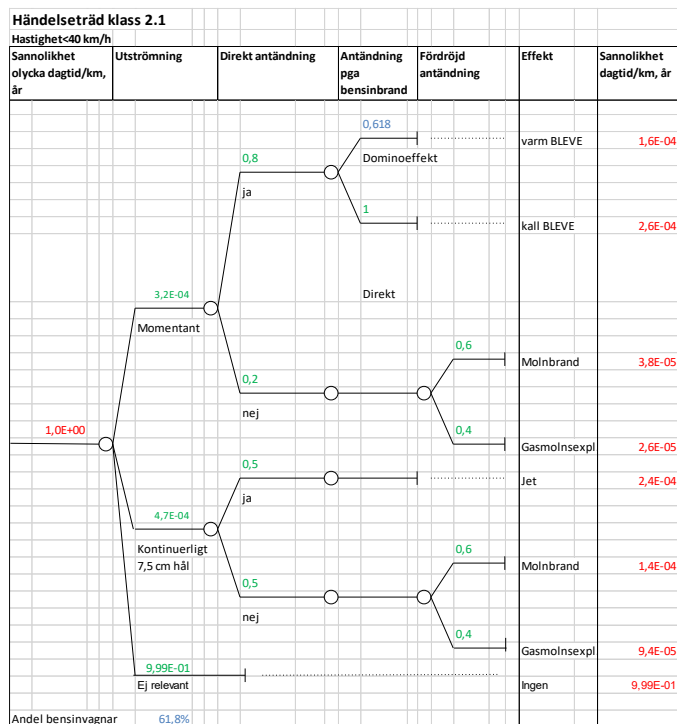
- 2.1 momentant eller kontinuerligt för alla de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet av det farliga godset ut på en gång. Om utsläppet däremot sker kontinuerligt släpps innehållet ut över en längre tid och baseras på att ett hål på 7,5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3 – figur 8*.

Klass 2.1

2.1.1

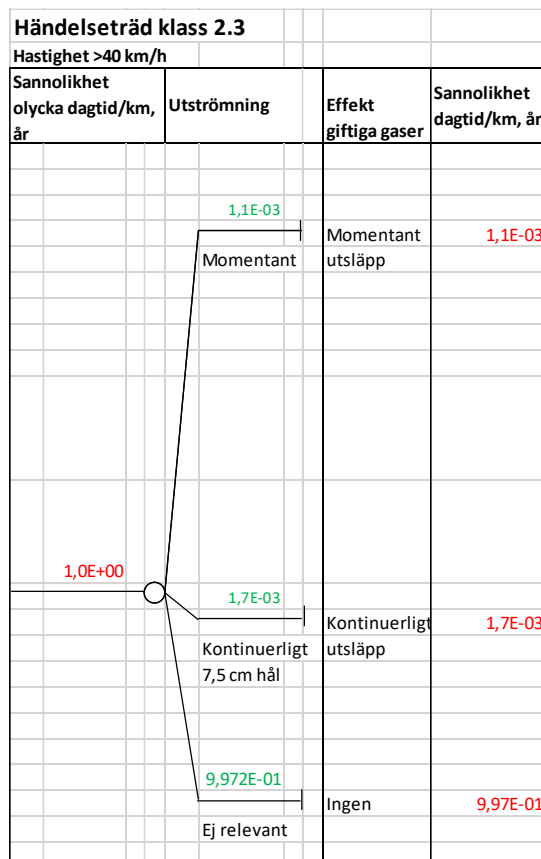


Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h

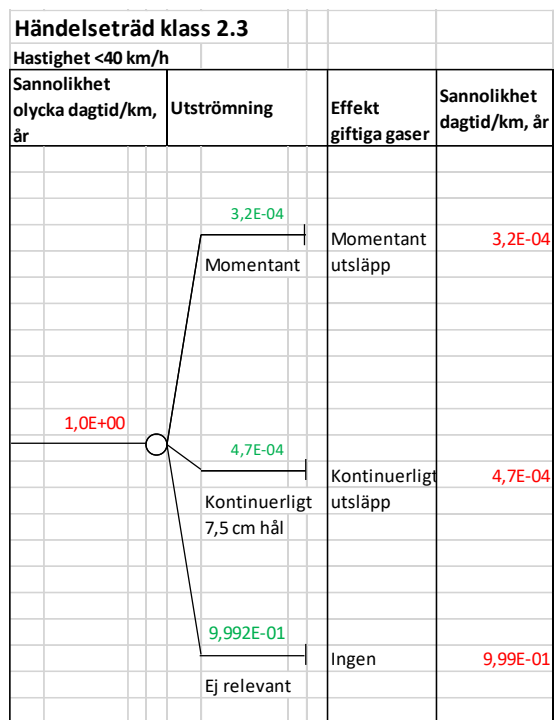


Figur 4. Händelsesträd olycka brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3

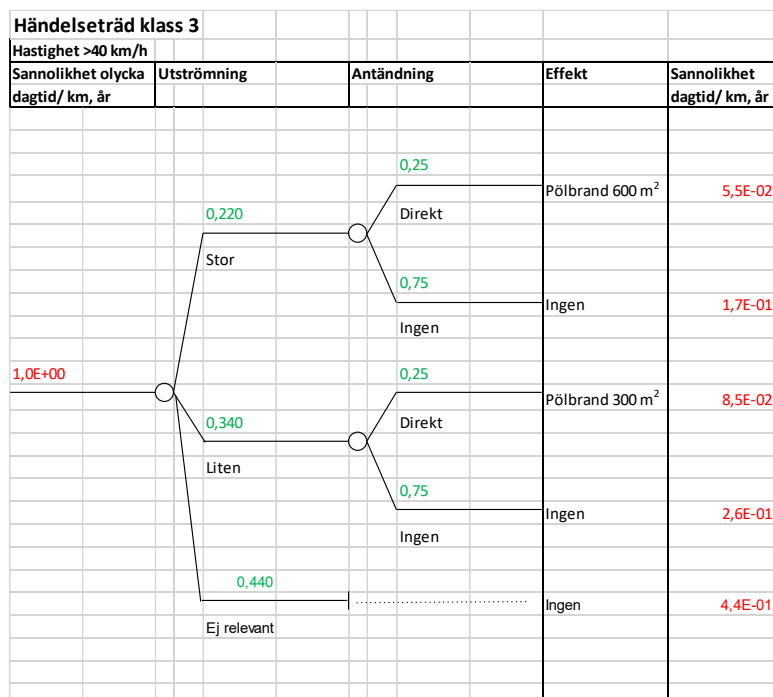


Figur 5. Händelsetråd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h



Figur 6. Händelsesträd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.1.3 Klass 3



Figur 7. Händelsesträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet över 40 km/h

Händelseträd klass 3				
Hastighet <40 km/h	Utströmning	Antändning	Effekt	Sannolikhet
Sannolikhet olycka dagtid/ km, år				dagtid/ km, år
1,0E+00	Stor	0,25 Direkt	Pölbrand 600 m ²	8,0E-03
		0,75 Ingen	Ingen	2,4E-02
	Liten	0,25 Direkt	Pölbrand 300 m ²	1,2E-02
		0,75 Ingen	Ingen	3,5E-02
	Ej relevant		Ingen	9,2E-01

Figur 8. Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet under 40 km/h

2.2 Klass 1

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplösiva sprängämnen framgår av *figur 1*.

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordon som inte leder till explosion,
- brand i fordon som leder till explosion.

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

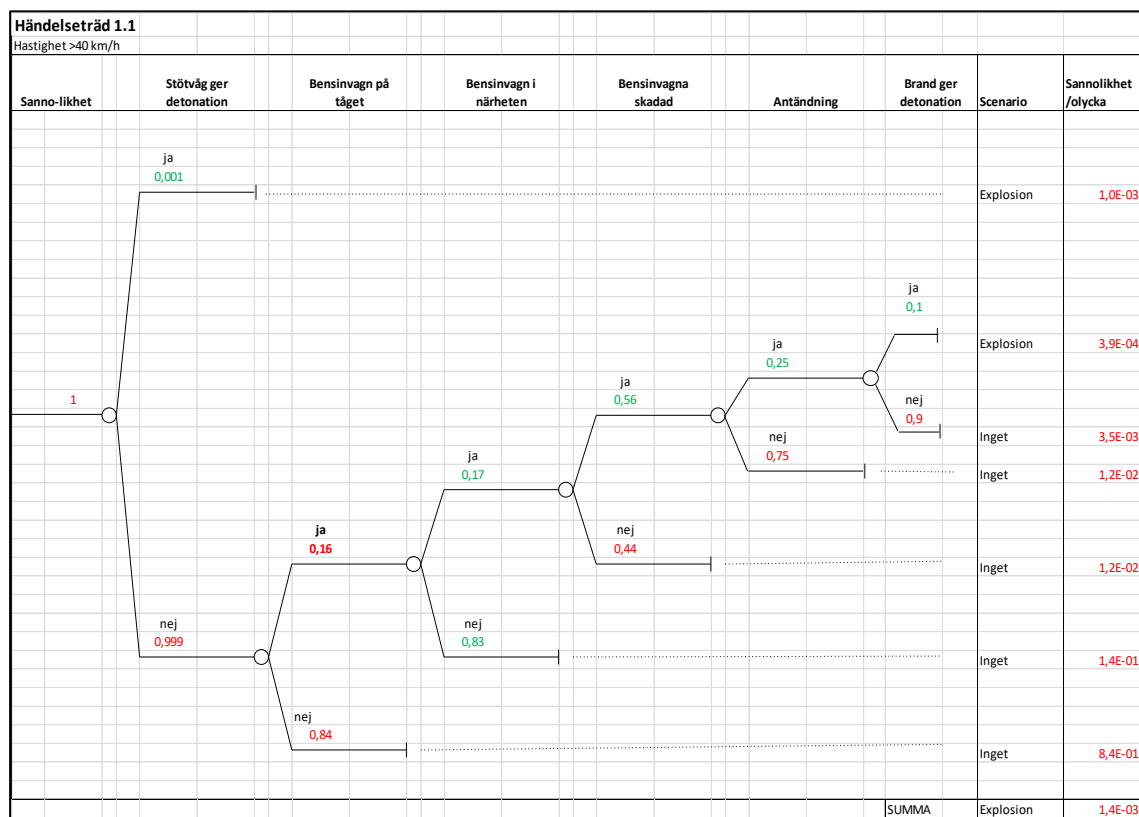
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

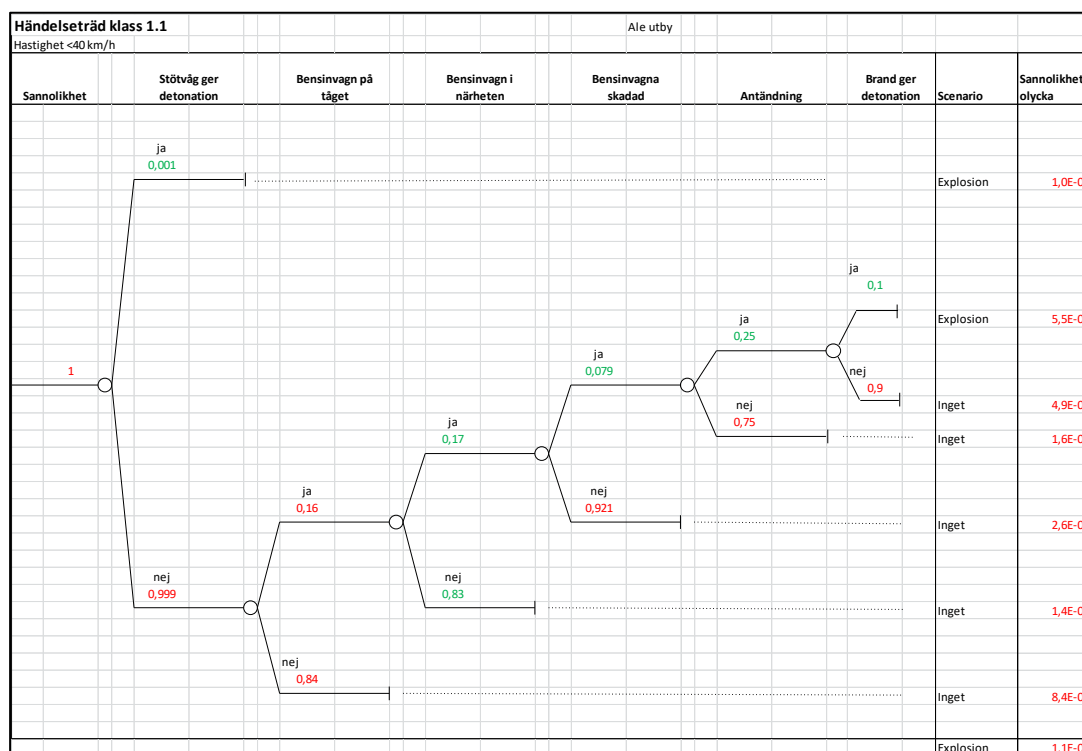
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i *figur 9 och 10* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBM II.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 9* för tåghastigheter över 40 km/h och i *figur 4* för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 9. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 10. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 1. (I figur 9 och 10 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock används i beräkningarna.)

2.3

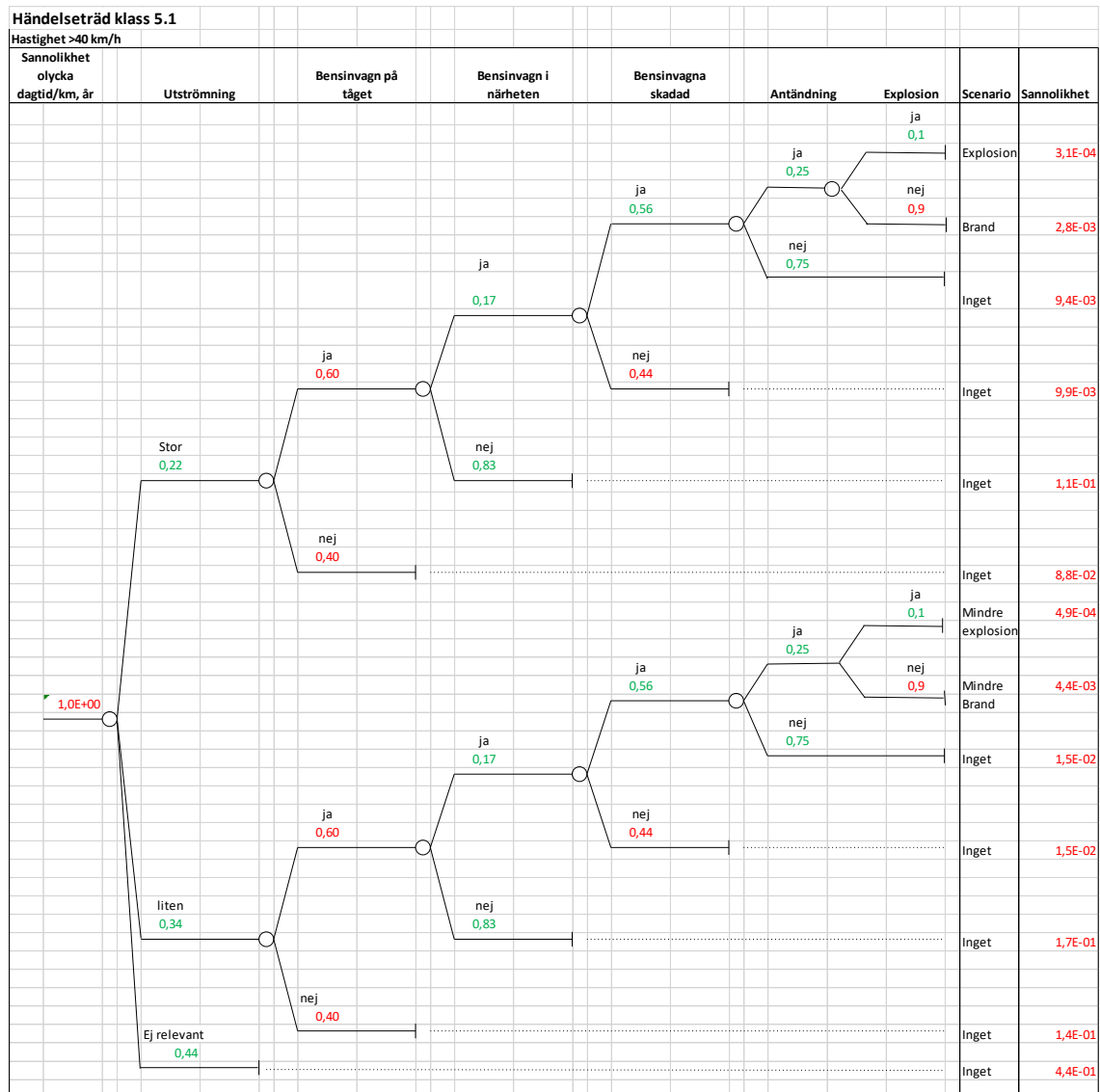
Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

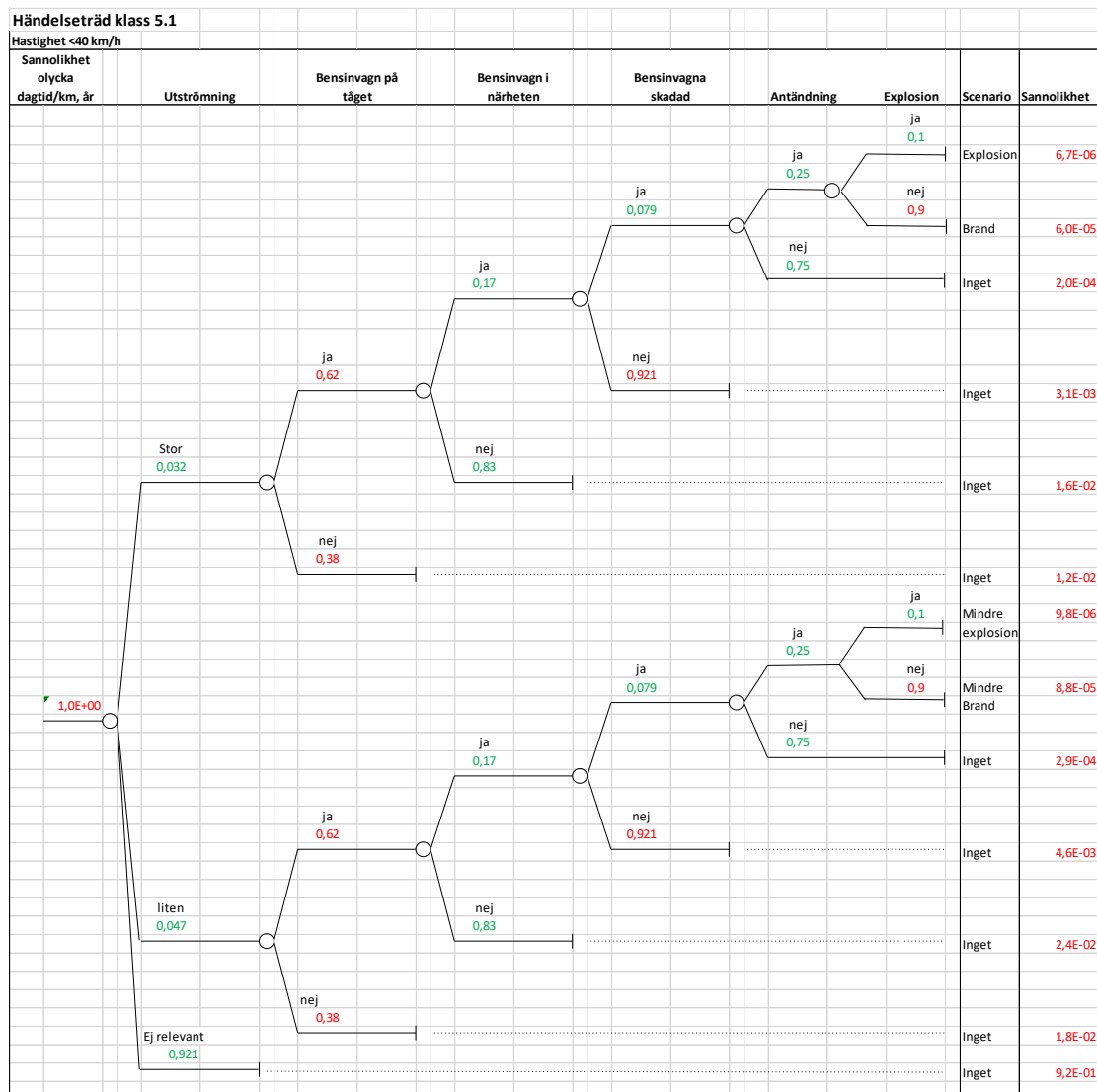
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensen och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Det måste finnas en tankvagn med bensen eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp.
4. Vätskan måste antändas.
5. Blandningen oxiderande ämne/brandfarlig vätska kan antingen brinna som en pölbrand eller explodera.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i figur 11 och 12 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgår från att en vagn med mycket brandfarlig vätska finns med på 16 % av tågen. Denna siffra är tagen från ett äldre projekt och används här endast som exempel. I beräkningarna har den rätta siffran använts som finns i figur 1.



Figur 11. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



Figur 12. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

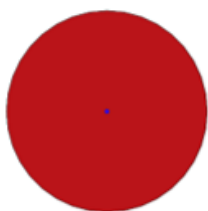
Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av scenarierna beräknas med ekvationen nedan.

$N = \text{Överlappande område} \times \text{sannolikhet omkomna} \times \text{befolkningstäthet}$

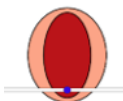
- 3 Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i *figur 13*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBM II. För klass 1.1 och klass 5.1 beskrivs mer i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats i *avsnitt 3.1* respektive *3.2*.

Klass 1 och klass 5



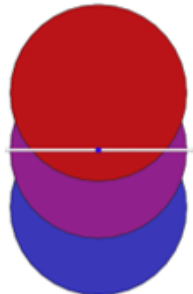
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längden)	47 meter	52,6 meter
Minor axis (halva bredden)	23 meter	45,9 meter
Avstånd centrum	39 meter	39 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



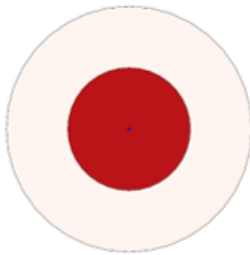
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



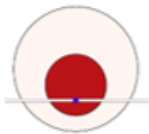
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



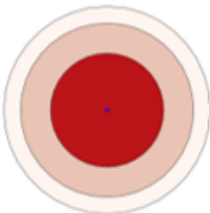
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



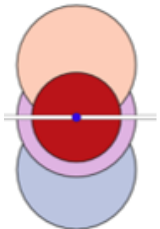
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



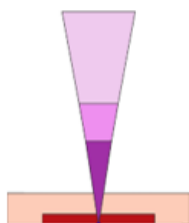
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



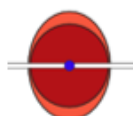
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

Giftiga gaser kontinuerligt



	Vind mot (lila yta), effektområde 1	Vind mot (lila yta), effektområde 2	Vind mot (lila yta), effektområde 3	Vind längs (röd yta), effektområde 1	Vind längs (röd yta), effektområde 2
Maximala längd	174 meter	232 meter	374 meter	240 meter	374 meter
Maximala bredd	51,3 meter	70,5 meter	121 meter	18 meter	61 meter
P (inne)	0,1	0,06	0,03	0,1	0,03
P (ute)	1	0,6	0,3	1	0,3

Pölbrand



	Pölbrand stor		Pölbrand liten	
	Effektområde 1	Effektområde 2	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis	14,5 meter	17,7 meter	11 meter	16 meter
Minor axis	13,9 meter	14,4 meter	10 meter	11 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,4	1	0,4

Figur 13. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgås från en explosion av 25 ton TNT. Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

- 3.1 Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 14* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

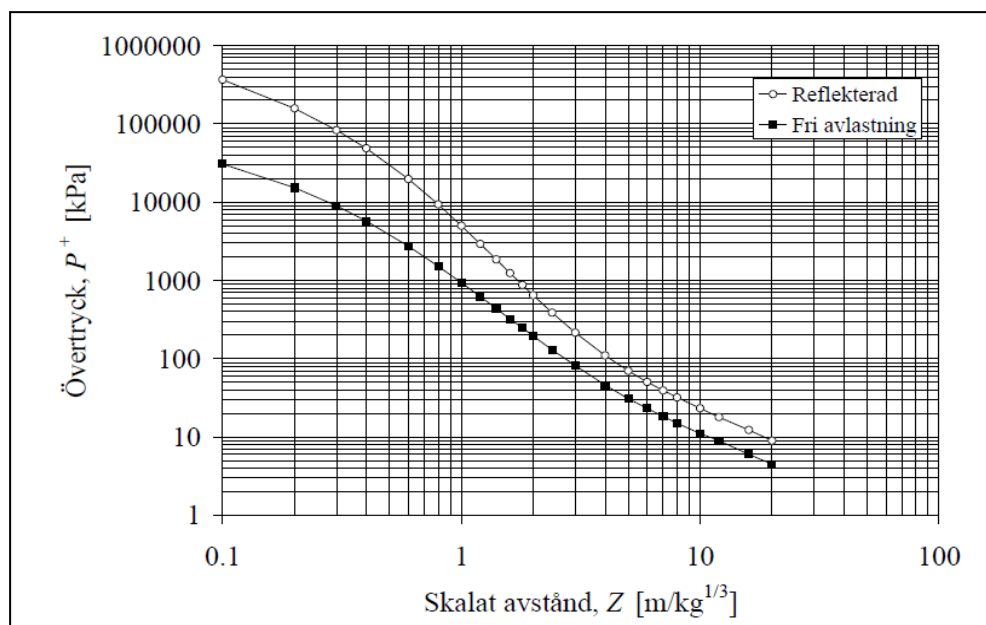
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 14 ger övertrycket p_+



Figur 14. Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ (kg ^{1/3})		23,2	29,2
Z	p^+		
m/kg ^{1/3}	kPa	avstånd (m)	avstånd (m)
1	900	23	29
2	200	46	58
2,5	120	58	73
3	80	70	88
4	45	93	117
5	33	116	146
5,2	30	121	152
6	23	139	175
6,9	20	160	202
7,9	15	183	231

Skador på bebyggelsen

3.1.1

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 152 m från platsen för explosionen vid en explosion av 25 ton TNT. (För en explosion med 12,5 ton TNT, se avsnitt 2.5 Scenarier med oxiderande ämnen, ämnen, är detta avstånd ca 121 m.)

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 152 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997).

3.1.2

Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen. Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast järnvägen

Skador utomhus

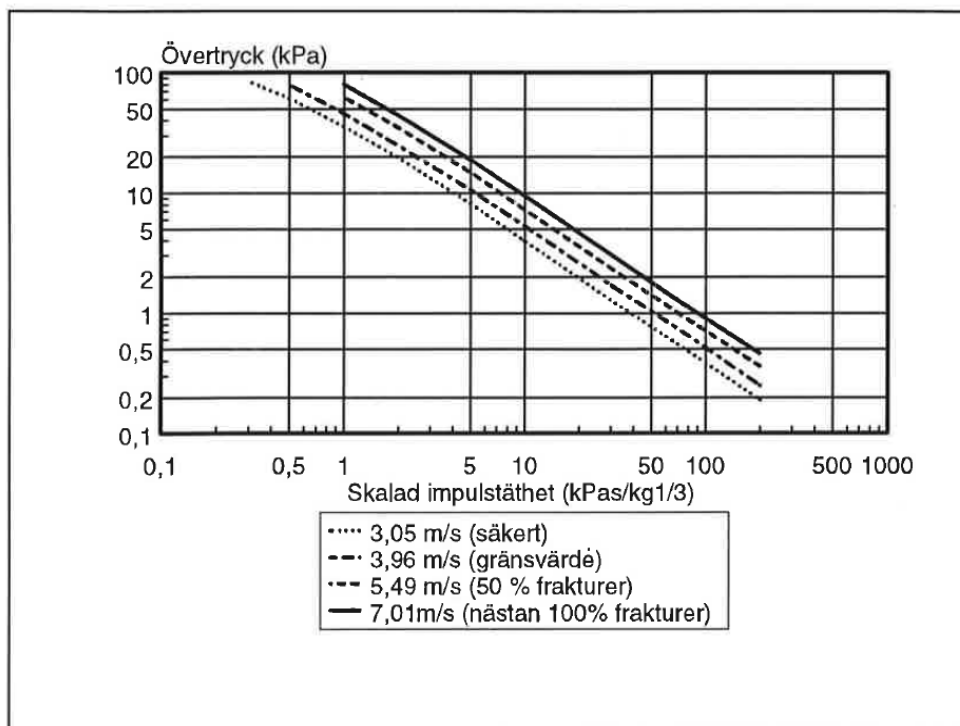
Direkta skador pga. tryck

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen. (FOA 1997)

Indirekta skador

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 15* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 15. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna. Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

3.2

Klass 5.1

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne).

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 12,5 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns också beskriven i scenariot för klass 1.1.

De scenarier där ingen explosion sker men det oxiderande ämnen deltar i branden av den brandfarliga vätskan ingår i beräkningarna för konsekvenserna av olyckor med klass 3.

Individrisk

Individrisk beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$IR(x) = F_{olycka} \times vind \times b(x) \div andel$$

3.3 I individrisk beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i *figur 13*. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirkelarna inte är på transportvägen räknades bredden $b(x)$ som maximala bredd fram till centrum.

Eftersom bredden $b(x)$ baseras på distans från transportvägen så beräknas individrisk med 5 meters mellanrum.

Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22
EAI 1997	High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
ERM 2008	SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
FOA 1997	Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
FOA 2000	Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
Kallin 2019	Risk assessment of transport of dangerous goods with GIS, Chalmers tekniska högskola, 2019. https://hdl.handle.net/20.500.12380/300121 (Hämtad 2019-08-20)
SMHI 2006	Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
SRV 2005	Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
SRV 2007	Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007