

SKÖVDE KOMMUN

► Riskutredning Bangårdsgatan-Bangårdsparken, Mariesjö

Riskutredning för transport av farligt gods

Uppdragsnr.: 109 30 09 Revision: 1.0 Datum: 2025-04-02



Uppdragsgivare: SKÖVDE KOMMUN
Uppdragsgivarens kontaktperson: Denise Forsell
Konsult: Norconsult Sverige AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Evelina Skantz

Revision	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
1.0	2025-04-02	Färdig handling	Evelina Skantz	Robert Kallin	Johan Hultman
0.9	2025-03-25	Extern granskningshandling	Evelina Skantz	Robert Kallin	Johan Hultman
0.8	2025-03-05	Intern granskningshandling	Evelina Skantz	Robert Kallin	

Detta dokument är framtaget av Norconsult 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.

► Summering

Skövde kommun arbetar med detaljplan för del av fastigheten Mariesjö 7 m.fl. (Bangårdsgatan-Bangårdsparken) cirka 2 kilometer nordöst om Skövde centrum, med syfte att bygga en stadsdelspark i det tidigare banområdet. Planområdet angränsar till väg 26 och Västra stambanan som båda är transportleder för farligt gods. Syftet med denna riskutredning är att värdera olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods och därigenom verka som ett beslutsunderlag inom detaljplaneprocessen.

Riskberäkningarna för väg 26 visar att individrisken är på en acceptabel nivå inom hela planområdet, medan samhällsrisken ligger inom det område där rimliga och kostnadseffektiva åtgärder ska vidtas (ALARP-området). För Västra stambanan är samhällsrisken på en acceptabel nivå medan individrisken ligger inom ALARP-området cirka 85 meter in i planområdet vid Västra Banparken.

Tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras för samhällsrisken från väg 26 och individrisken från Västra stambanan. Utifrån de dimensionerande olyckorna, platsspecifika förutsättningarna och personer närvarande föreslås följande åtgärder.

- Aktivitetskvarteret bör disponeras så att de mer personintensiva delarna placeras längst bort från väg 26. Inga fastställda minsta mått till olika användningar finns utan detta ska ses som en planeringsprincip för planområdet.
- Tillskapa en höjdskillnad på 3-4 meter mellan planområdet och väg 26 i planområdets nordöstra del. Alternativt anlägga en bullerskärm som är minst 2 meter hög, utförs i brandklass EI30 och är tät nedtill.
- Västra Banparken ska disponeras så att mer välbesökta delar placeras 85 meter in i planområdet, cirka 100 meter från Västra stambanan.

Om dessa skyddsåtgärder genomförs bedöms riskerna på grund av transporter av farligt gods på väg 26 och Västra stambanan vara godtagbara.

► Innehåll

1	Inledning	5
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	7
3	Risker med transport av farligt gods	13
4	Områdesbeskrivning	15
5	Riskidentifiering	18
6	Riskanalys och riskvärdering	23
7	Skyddsåtgärder	33
8	Diskussion och slutsats	35
9	Referenser	36
Bilaga 1 – Beräkningar av risker transporter av farligt gods på väg		
Bilaga 2 – Beräkningar av risker transporter av farligt gods på järnväg		

1 Inledning

Skövde kommun arbetar med detaljplan för del av fastigheten Mariesjö 7 m.fl. (Bangårdsgatan-Bangårdsparken) med syfte att bygga en stadsdelspark i det tidigare banområdet och utveckla den befintliga Bangårdsgatan norrut. Planområdet ligger cirka 2 kilometer nordöst om Skövde centrum och angränsar till väg 26 (Östra leden) i öst och Västra stambanan i väst. Väg 26 är utpekad primärled för transport av farligt gods och järnvägar ska alltid betraktas som transportleder för farligt gods. Se Figur 1 för planområdets läge.



Figur 1. Planområdets läge i Skövde. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

Planområdet ligger som närmst 40 meter från väg 26 och cirka 15 meter från Västra stambanan. Länsstyrelsens riskpolicy anger att riskfrågor ska beaktas vid fysisk planering inom 150 m från transportleder för farligt gods.

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. Detta ska genomföras 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 2045.

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

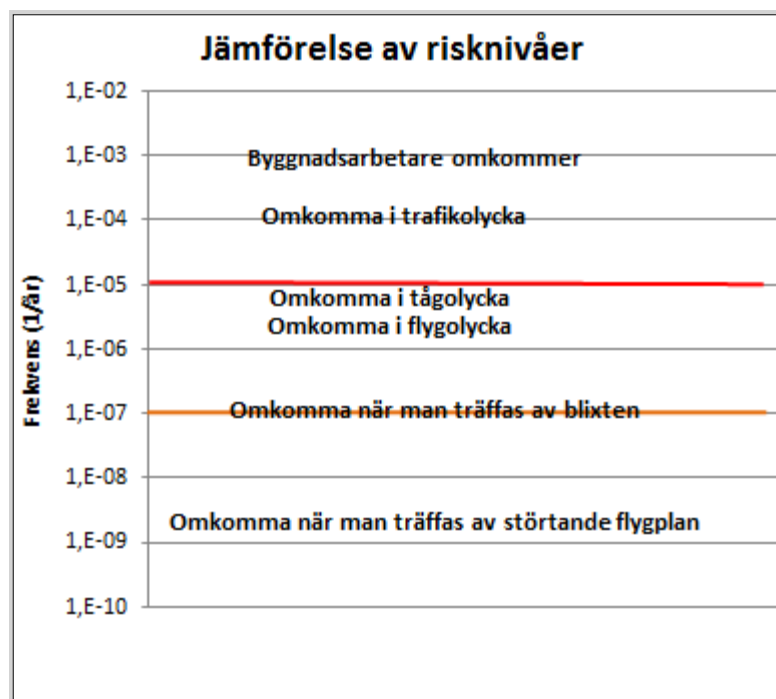
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. I kapitlet beskrivs även processen för riskhantering.

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. Det röda och orangea strecket 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.

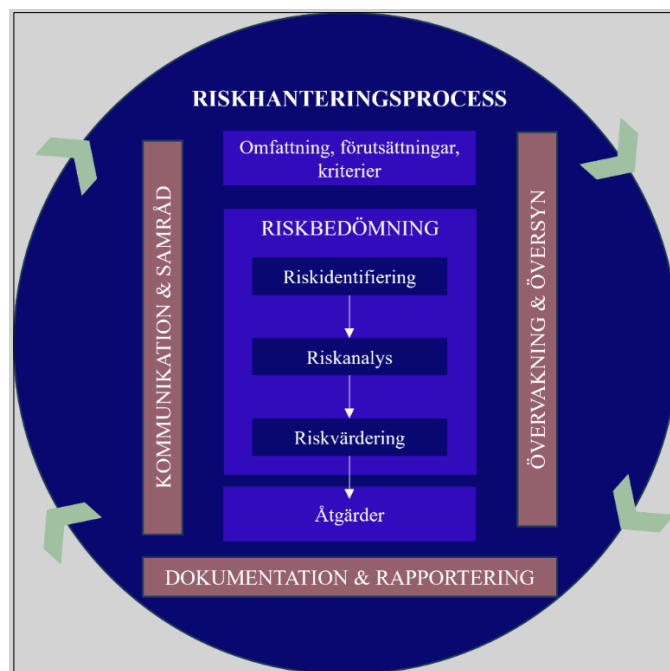
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 meter från en 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.

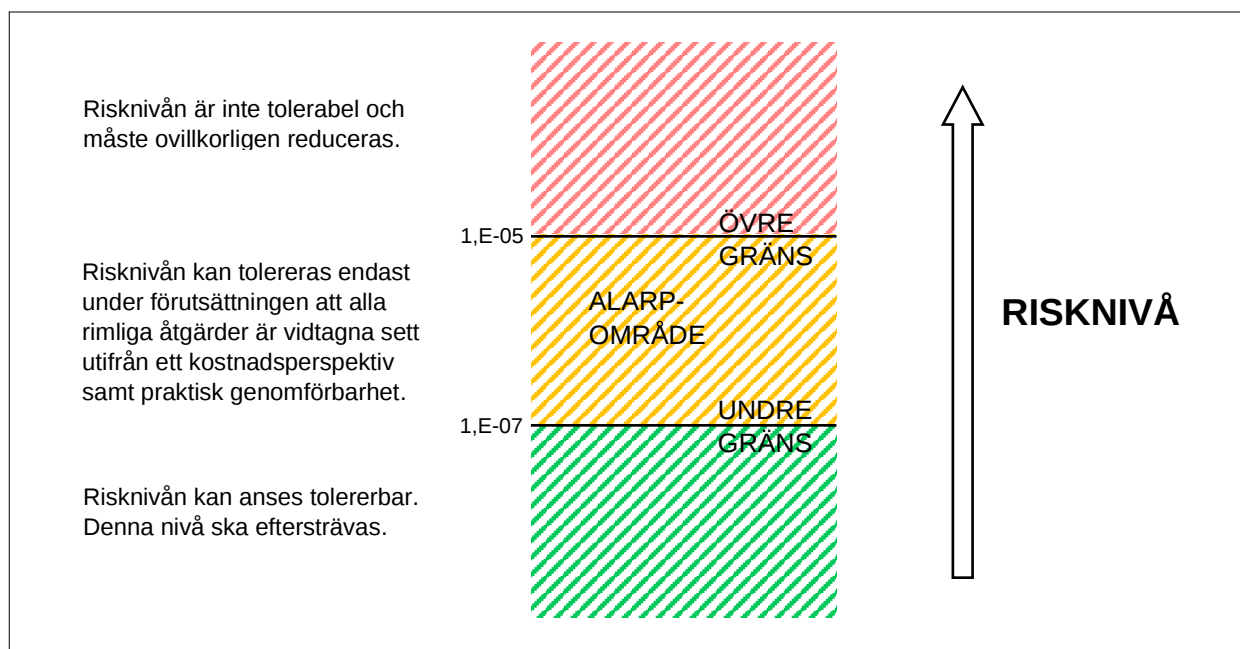
Risikanalysen utgår ifrån nuläget och år 2045 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa finns kan både individrisk och samhällsrisk användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3.

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, används 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).

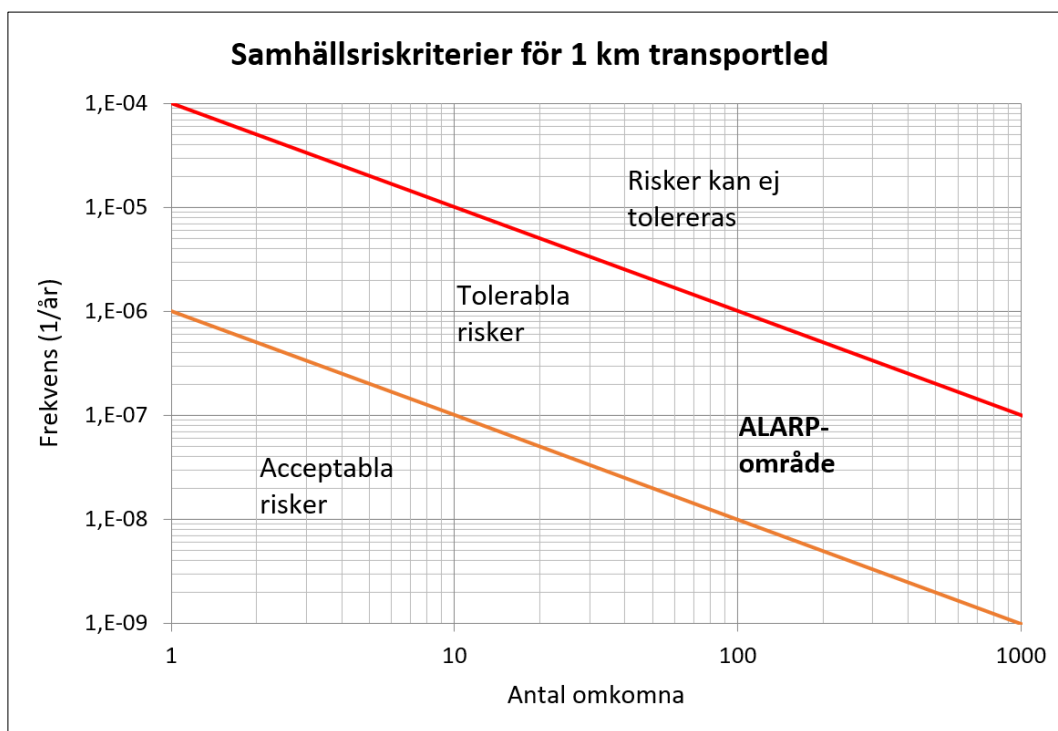
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under 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 ovan nämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor av en 1 kilometer lång sträcka längs transportleden för farligt gods, se Figur 5.

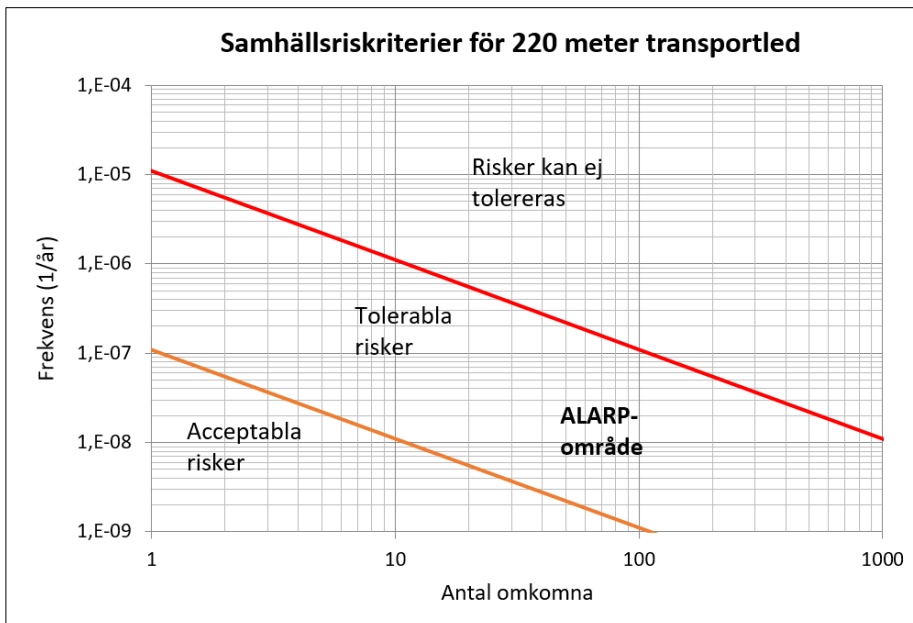


Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

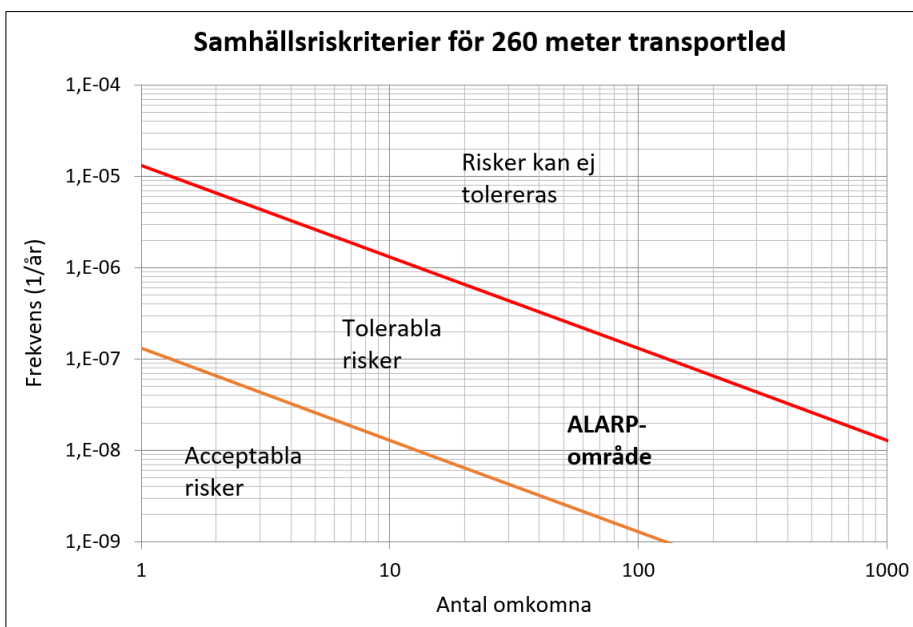
Kriterier i Figur 5 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orange linje). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röd linje). Olyckor med mer än 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång 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. Om risknivån ligger i området med tolerabla risker (ALARP-område) ska rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Kriterierna ovan gäller för 1 kilometer långt område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs väg 26 och Västra stambanan under förutsättning att området ligger på en och samma sida av leden. Planområdets längd är cirka 220 meter längs med väg 26 och 260 meter längs med Västra stambanan. De omräknade kriterierna för väg 26 visas i Figur 6 och för Västra stambanan i Figur 7.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 220 meter enkelsidig bebyggelse.



Figur 7. Riskkriterier omräknade till 260 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 där 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	Kviksilverföreningar 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 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. Brandfarliga 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, den planerade bebyggelsen och antalet personer närvarande i området.

4.1 Planområdet

I dagsläget består planområdet av en bangård med terminal och småskalig industri. Söder om planområdet är ett industri- och verksamhetsområde som ska omvandlas till en kvartersstad med bostäder och kontor.

I planområdet planeras det för olika typer av markanvändning. Den östra delen av planområdet ska utvecklas till ett aktivitetskvarter med bland annat bollplaner, skridskobana, scen och eventuellt plank för klättring och muralmålningar. Banparken planeras att bestå av grönytor och ha bland annat motionsspår, ett utegym, pulkabacke och hundrastgård. Den befintliga Bangårdsgatan planeras även att förlängas norrut genom Bangårdsparken. Området kan delas in i tre delar efter markanvändning och avstånd till väg 26 och Västra stambanan. Område 1 och 2 är västra och östra Banparken, och område 3 är aktivitetskvarteret. I Figur 8 visas områdesindelningen och närmsta avstånd till västra stambanan och väg 26.



Figur 8. Indelning av planområdet och avstånd till närmsta led med transporter av farligt gods. Bilden är ett utklipp från QGIS.

Område 1 ligger mellan 15 och 180 meter från närmsta räl på Västra stambanan. Område 3 ligger cirka 40 meter från vägkanten på väg 26 och cirka 2-5 meter högre än väg 26. Område 2, östra Bangårdsparken, ligger mer än 150 meter från både Västra stambanan och väg 26. I översiktsplanen för Skövde 2040 skrivs det att ytterligare 15 meter ska läggas till det redan 30 meter breda bebyggelsefria område längs med Västra Stambanan. Detta ska göras för att möjliggöra eventuella kapacitetshöjande åtgärder i form av ett tredje spår (Skövde kommun, 2024). För att hänsyn till att ett eventuellt tredje spår placeras till öster om järnvägen placeras den närmsta rälen på Västra stambanan intill planområdet i riskberäkningarna.

Väg 26 är belägen på samma nivå eller lägre än planområdet längs med hela planområdet. Mellan vägen och ungefär halva södra delen av aktivitetskvarteret finns det även ett dike följt av en 3-7 meter hög vall. För att illustrera höjdskillnaden mellan aktivitetsparken och väg 26 redovisas 2 sektioner enligt Figur 9. I dessa sektioner illustreras att i sektion A tas en höjdskillnad på cirka 7 meter upp på en sträcka av cirka 15 meter. I sektion B tas en höjdskillnad på 3 meter upp på en sträcka av cirka 6 meter.



Figur 9 Sektioner för höjdförhållanden mellan väg 26 och aktivitetsparken.

I beräkningar har hänsyn tagits till skyddsverkan från höjdskillnaden som kommer att finnas på ungefär halva sträckan mellan aktivitetsparken och väg 26. För skärmen har det antagits att det i viss mån hindrar spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) vid en olycka. Dessa gaser är tyngre än luft och vid utsläpp bildas moln som rör sig över markytan med vinden och vars tjocklek kan uppgå till några meter. Molnets beteende kommer att påverkas av höjdskillnaden längs vägen. I olyckans första skede stoppas gasens transport mot planområdet av skärmen, molnet breder ut sig åt sidan istället. När molnet har nått en viss höjd så börjar det föras över skärmen av vinden, molnet är då mer utsträckt längs vägen än det skulle varit utan höjdskillnad. Molnet förs in mot området men är mera utsträckt längs vägen och mindre utsträckt in mot området.

För de beräkningar som presenteras här har detta omsatts i följande antaganden:

- Molnets totala yta har antagits vara konstant för att spegla att gasmängden i molnet inte ändras på grund av skärmen.
- Vid scenarier med kontinuerliga utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden fördubblats och in mot planområdet har den halverats.
- Vid scenarier med momentana utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden multiplicerats med 1,5 och in mot planområdet har den delats med 1,5.

Antaganden baseras på CFD-beräkningar som genomförts för en liknande situation i ett tidigare projekt (Norconsult, 2010).

Diket och områdets höjd i förhållande till väg 26 innebär att brandfarliga vätskor inte förväntas rinna mot planområdet. Vallen bedöms motsvara skyddseffekten av en cirka 2 meter hög skärm längs med halva aktivitetskvarteret.

Västra stambanan ligger på en högre höjd än planområdet men följs av ett cirka 20 meter plant område mot Banparken. Skyddsavståndet på 20 meter har betydelse för ett eventuellt urspårande tågs rörelse mot planområdet.

4.2 Antal personer närvarande

Antal personer som antas vistas i området beräknas olika beroende på vilken typ av bebyggelse det rör sig om, vilket innebär att persontätheten ser olika ut inom olika delar av planområdet och under olika tider på dygnet. Beräkningar av persontätheten baseras på underlag från tidigare liknande utredningar och liknande platser.

Antal personer närvarande i aktivitetskvarteret baseras på olika snittberäkningar om antal besökare en genomsnittlig dag. Under dagtid kan aktivitetskvarteret nyttjas av skolklasser och under kvällstid en bredare allmänhet. Tillsammans med Skövde kommun antogs att aktivitetsparken en genomsnittlig dag besöks av totalt 175 personer, 150 personer under dagtid (klockan 06:00-18:00) och 25 personer under nattid (klockan 18:00-06:00). En referensberäkning gjordes baserat på antal årliga besökare i en liknande aktivitetspark med samma utrustning och mer därtill, Plikta i Göteborg. Antalet årliga besökare i aktivitetskvarteret uppskattas till cirka en tredjedel av besökarna i Plikta, baserat på parkens storlek, utrustning och antal invånare i Skövde respektive Göteborg. För att ta höjd för osäkerheter i uppskattningarna av persontätheten antogs den något högre beläggningsgraden baserat på antal besökare en genomsnittlig dag.

Banparken bedöms ha 25 % av persontätheten i aktivitetskvarteret. Detta baseras på att det inte är samma förutsättningar för långvarig och platsbunden aktivitet som i aktivitetskvarteret. Tabell 2 presenterar persontätheten för olika delar av Banparken fördelat över dygnets alla timmar utslaget på dagtid (klockan 06:00-18:00) och nattid (klockan 18:00-06:00). För att ta hänsyn till osäkerheter har en osäkerhetsanalys med 25 % fler personer närvarande i området genomförts.

Tabell 2. Persontäthet för olika delar av Bangårdsparken i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen.

Typ av bebyggelse	Personer dagtid	Personer natttid
Aktivitetskvarteret (område 3)	13	2
Östra Banparken (område 2)	3	1
Västra Banparken (område 1)	3	1
Totalt	19	4
Totalt osäkerhetsanalys	23	5

5 Riskidentifiering

Planområdet har olika riskbilder beroende på med vilket avstånd det ligger från väg 26 och Västra Stambanan som båda är transportleder för farligt gods. För Banparkens västra del begränsas riskkällorna till Västra Stambanan och för aktivitetskvarteret begränsas de till transport av farligt gods på väg 26. Östra Banparken som ligger mellan västra Banparken och aktivitetsparken ligger mer än 150 meter från både väg 26 och Västra stambanan. I dagsläget finns det fler potentiella riskkällor nära planområdet som behöver beaktas.

Norconsult har tidigare gjort en riskutredning som en del i en miljökonsekvensbeskrivning till planprogram för Mariesjö och intilliggande utvecklingsområde, som bland annat inkluderar Bangårdsparken (Norconsult, 2020). I riskutredningen gjordes en inventering av riskkällor, varav två av de som identifierades ligger inom relevant avstånd för Bangårdsparken: förvaring av järnvägsvagnar med gasol på Mariesjöterminalen (fastigheten Mariesjö 7) och en bussdepå med förvaring av brandfarlig vara och ovanjordisk cistern (Mariesjö 4). Mariesjöterminalen ska flyttas och den tidigare riskutredningen anger att områden som angränsar till terminalen inte ska bebyggas förrän terminalen har flyttats. I Skövde kommuns översiktsplan har bussdepån ersatts av bostadskvarter (Skövde kommun, 2024), som Norconsult även gjort en riskutredning för. Bussdepån ska flyttas under 2025 och Mariesjöterminalen planeras rivas under våren 2026. Riskutredningen förutsätter därför att de enda aktuella riskkällorna är transporter av farligt gods på Västra stambanan och väg 26.

Transporterade mängder av farligt gods på väg 26 och Västra stambanan år 2045 baseras delvis på Norconsults riskutredning (Norconsult, 2020).

5.1 Väg 26

I riskutredningen som Norconsult gjorde i samband med planprogram för Mariesjö beräknades antal transporter av farligt gods på väg 26 till prognosåret 2040 (Norconsult, 2020). Uppgifterna om mängden farligt gods som transporteras på väg 26 förbi planområdet kom från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB, 2006). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomfördes under september månad 2006 och resultaten finns i en GIS-databas hos MSB. Uppgifterna för 2006 anger 1 350 transporter per år (Norconsult, 2020). Omräknat till år 2040 med den ökning av godstransporter på som anges av Trafikverkets basprognos för Västra Götaland (Trafikverket, 2016) beräknades antal transporter av farligt gods till cirka 2 600.

Uppgifterna skall inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att i genomsnitt cirka 4 % av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFKA, 2019). I trafikprognosen för Mariesjö anges 25 250 fordon per dygn på väg 26 år 2040, av dessa förväntas 7 % vara tung trafik. Det förväntade antalet transporter av farligt gods enligt trafikprognos och nationellt genomsnitt uppgår då till cirka 25 000 år 2040. Dessa transporter fördelas till de olika ADR-klasserna enligt nationell statistik, se Tabell 3.

Tabell 3. Antal förväntade transporter med farligt gods på väg 26 år 2040 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	Beräknat antal transporter/år 2040 enligt MSB	Nationellt genomsnitt / Trafikprognos 2040	Antal transporter/år 2040 som använts i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	90	70	90
2.1 Brandfarliga gaser	-	1 200	600
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	190	3 900	-
2.3 Giftiga gaser	-	8	10
3 Brandfarliga vätskor	200	12 000	10 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	10	670	-
5 Oxiderande ämnen	-	620	310
6 Giftiga ämnen mm	120	1 700	-
7 Radioaktiva ämnen	-	-	-
8 Frätande ämnen	2000	3 400	-
9 Övriga farliga ämnen	10	1 300	-
Totalt	2620	25 000	

Av klasserna i Tabell 3 är det ämnen i klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området, dessa är därför markerade med fetstil. För klass 1 användes MSB:s siffror. För klass 2.1 och 5 användes medelvärde mellan MSB:s kartläggning och nationellt genomsnitt. För klass 2.3 användes det högre värdet som var nationellt genomsnitt. För klass 3 användes 10 000 transporter för att hamna i samma storleksordning som nationellt genomsnitt.

Klasserna i Tabell 3 omfattar olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnena delas upp ytterligare och antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna.

Av ämnena i klass 1 står de massexplosiva ämnen för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen i klass 1 sätts till 10 % (ÖSA, 2004). I klass 3 är det de mycket brandfarliga vätskorna som står för de betydande riskerna. Andelen mycket brandfarlig vätska (bensin m.m.) sätts till 75 % (ÖSA, 2004). 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.

I Tabell 4 visas antal transporter i de klasser som främst bedöms innebära risker för området uppräknade till år 2045.

Tabell 4. Farligt gods på väg 26 år 2045 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	640
2.3 Giftiga gaser	10
3. Mycket brandfarliga vätskor	4900
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	110

5.1.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på väg 26 tas ur handboken *Effektsamband för transportsystemet* (Trafikverket, 2023). Risken för olyckor på en 10 meter bred tvåfältsväg med hastighetsbegränsning på 80 km/h anges till 0,085 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $8,5 \times 10^{-8}$ per fordonskilometer och år.

Väg 26 är utrustad med vägräcke som inte har en skadereducerande effekt vid olyckor med tunga fordon. Mellan vägen och cirka halva aktivitetskvarteret finns det även ett dike följt av en 1-2 meter hög vall som kan ha en viss skyddseffekt mot avåkande fordon. Vallens eventuella skyddseffekt har inte kvantifierats.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är runt 25 % (SRV, 1996) vilket innebär att det vid 75 % 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 $8,5 \times 10^{-8} \times (2-0,75) \times 1,1 = 1,64 \times 10^{-7}$. I beräkningen ingår att antal standardaxlar är 1,1.

5.2 Västra Stambanan

Väster om planområdet går Västra stambanan som är en transportled för farligt gods. Beräkningarna för transporterens riskpåverkan på området baseras på underlag från tidigare utredningar. Uppgifterna om mängden farligt gods som transporteras på Västra Stambanan hämtas från en utredning av COWI (2016) via

Norconsult (2020). Antal transporter uppdelat på de klasser som främst bedöms innebära risker för området år 2030 visas i Tabell 5.

Tabell 5. Uppskattat antal transporter av farligt gods på Västra stambanan 2030 (COWI, 2016).

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	4
2.1 Brandfarliga gaser	5300
2.3 Giftiga gaser	400
3. Mycket brandfarliga vätskor	15 000
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	6100

Västra stambanan är i behov av ökad kapacitet. Enligt tågplan 2020 (T20) var antal godståg mellan Laxå och Alingsås förbi Skövde 32-33 per dygn (Trafikverket, 2021). Prognosen för 2040 är 41-42 godståg per dygn. Med en linjär ökning av godstågstrafiken 2020-2040 blir ökningen 2030-2045 cirka 25 %. Se Tabell 6 för de prognosticerade mängderna av farligt gods år 2045 baserat på en linjär ökning av godstrafiken.

Tabell 6. Uppskattat antal transporter av farligt gods på Västra stambanan 2045.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	5
2.1 Brandfarliga gaser	6610
2.3 Giftiga gaser	500
3. Mycket brandfarliga vätskor	18 700
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	7600

Varje klass av farligt gods enligt Tabell 6 omfattar ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnena delas upp ytterligare. I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ÖSA 2004). Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin m.m.) sätts till 75 % (ÖSA 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexlosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Ytterligare en källa för uppskattning av antalet transporter av farligt gods på järnvägssträckan är trafikuppgifter för järnväg och bullerprognos 2045 (Trafikverket, 2024:1). Trafikverkets uppgifter för järnväg enligt tågplan 2022 anger prognosticerad ÅDT för Västra stambanan sträckning från Töreboda till Skövde (norr om Skövdes centralstation) år 2045 visas i Tabell 7.

Tabell 7. Uppgifter om transporter på Västra stambanan enligt prognos 2045.

Tågtyp	ÅDT (tåg/dygn)
Gods	34
Persontåg	58
Pendel	46

5.2.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi det aktuella området har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna för detta visas i Bilaga 2. Sannolikheten för att en olycka inträffar har beräknats till $4,1 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningar har hänsyn tagits till att det är 3 växlar på ena spåret och 2 växlar på det andra spåret.

Enligt den nationella järnvägsdatabasen (NJDB) är den högsta tillåtna hastigheten sträckan 180 km/h för A-tåg, vilket majoriteten av godståg klassas som (Trafikverket, 2024:3). Sannolikheten för olyckor är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras. På järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara. Urspårningsrisken beskrivs vidare i avsnitt 6.1.

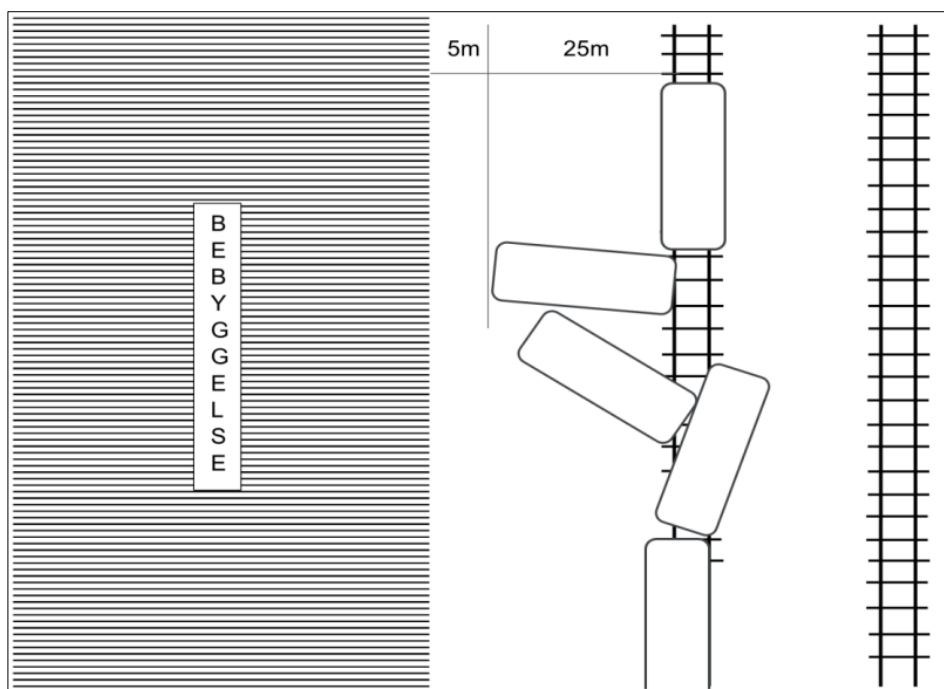
6 Riskanalys och riskvärdering

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk och samhällsrisk gällande transporter av farligt gods på väg 26 och Västra stambanan förbi Skövde år 2045. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys för individ- och samhällsrisk. I osäkerhetsanalysen av individrisken ökar antalet transporter av farligt gods med 25 %. I osäkerhetsanalys av samhällsrisk ökas både antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i området med 25 %. De ingångsvärdena för beräkningarna som är specifika för området redovisas i avsnitt 4 och 5.

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

6.1 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan följa. I det ena förloppet spårar tåget ur utan att några tågagnar viker sig på ett betydande sätt. Tåget rör sig huvudsakligen i den färdriktning som det har vid urspårningen och hastigheten vid urspårningen har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Den längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med $v^2/80$, där v är tåghastigheten. Det längsta avståndet som tågdelarna förväntas hamna från spåret är lika med $v^{0.55}$ (IUR, 2003). Den maximalt tillåtna tåghastigheten förbi området är 180 km/h. Detta innebär att tåget kan spåra ur över ett avstånd på cirka 400 meter och nå som längst cirka 18 meter från spåret. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell nivåskillnad mellan järnväg och närliggande område. Det andra händelseförloppet som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågagnarna viker sig likt ett dragspel, se Figur 10.



Figur 10. Urspårning av tåg med delar som viker sig (Stockholms Länsstyrelse, 2000)

Delar av tåget kan hamna på ett större avstånd från spåret beroende på att tågets främre del bromsas in snabbare än bakomliggande vagnar. Delar av tåget trycks åt sidan och hamnar på tvären. Friktionskrafterna

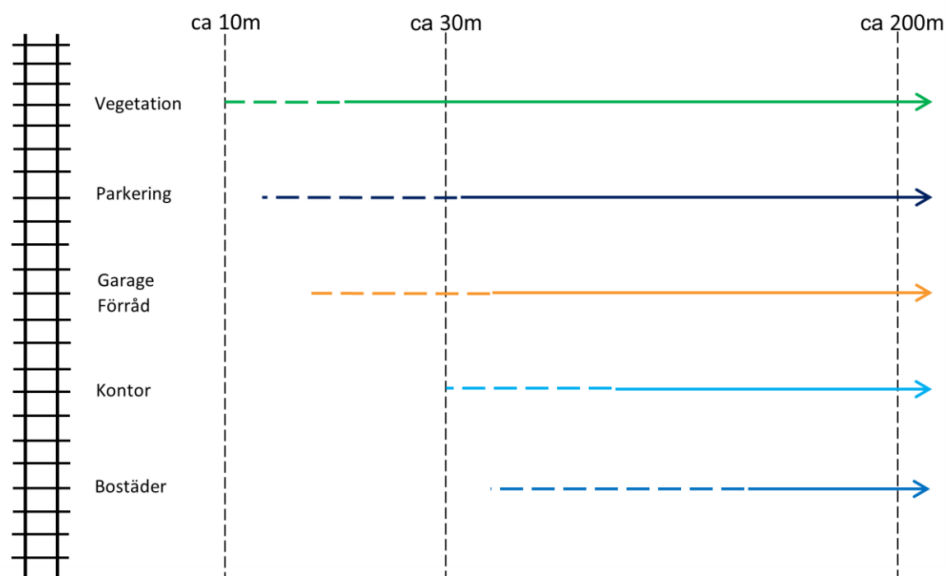
på dessa vagnar är då större och avståndet som dessa vagnar färdas blir mindre. Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige är fördelningen i avstånd från spåret som tågdelar kan hamna enligt Tabell 8.

Tabell 8. Sannolikhet att någon del av tåget hamnar utanför spåret (Banverket, 2001).

Avstånd från spår	0 – 1 m	1 – 5 m	5 – 15 m	15 – 25 m	> 25 m
Persontåg	78%	18%	2%	2%	0%
Godståg	70%	20%	5%	2%	2%

Baserat på avstånden i Tabell 8 och antalet tåg som transporteras på sträckan kan en individrisk vid urspårning av tåg beräknas. Sannolikheten för urspårning av tågen beräknas enligt den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001).

Trafikverkets generella rekommenderade avstånd från spårmittpå det närmsta järnvägsspåret till olika typer av bebyggelse visas i Figur 11. Bebyggelse där människor endast tillfälligt befinner sig kan finnas inom 30 meter från närmsta spårmittpå.

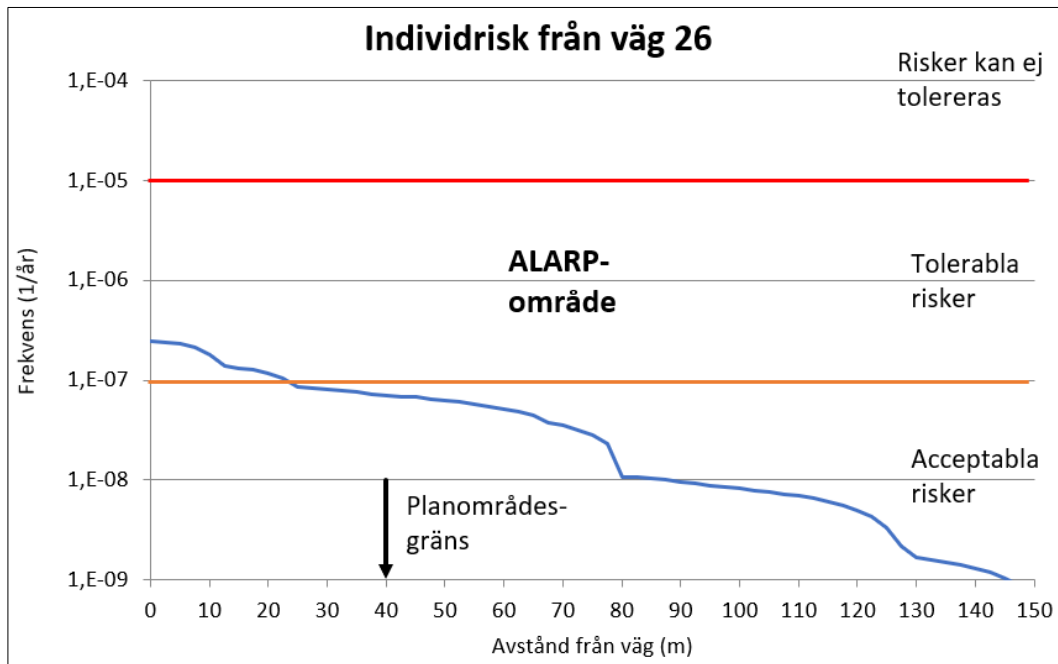


Figur 11. Generella skyddsavstånd från järnväg till olika typer av bebyggelse.

6.2 Individrisk

6.2.1 Väg 26

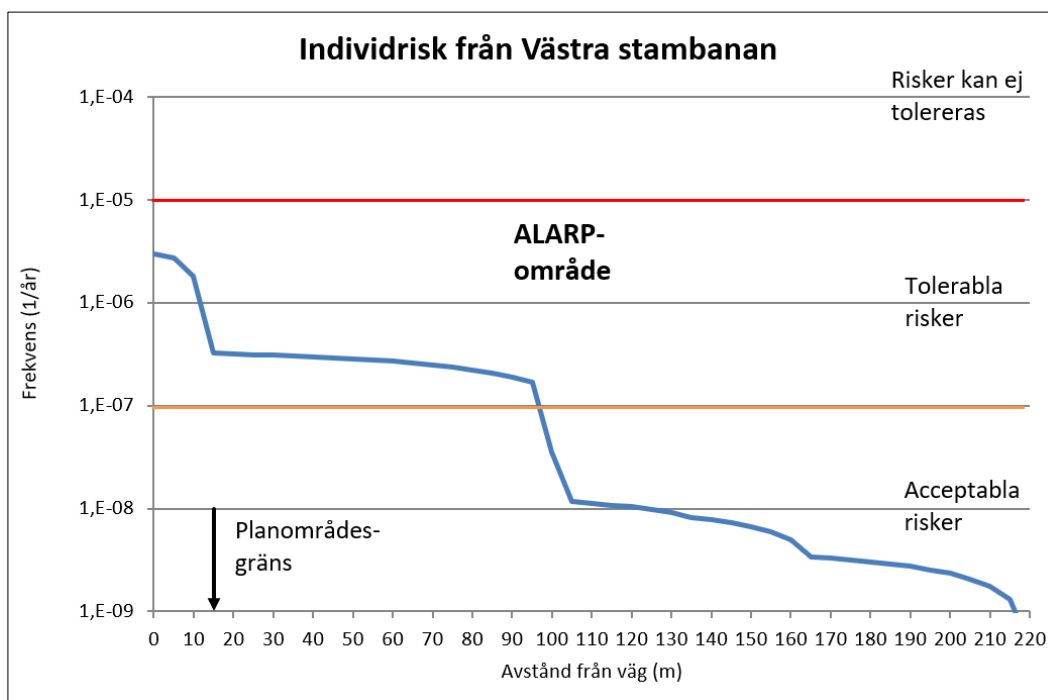
Figur 12 visar individrisken på grund av transport av farligt gods på väg 26. Risknivån är på en acceptabel nivå inom hela planområdet.



Figur 12. Individrisk från väg 26 (blå linje).

6.2.2 Västra Stambanan

I Figur 13 visas individrisken i området på grund av farligt godstransporter på Västra stambanan. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå knappt 100 meter från närmsta räl.

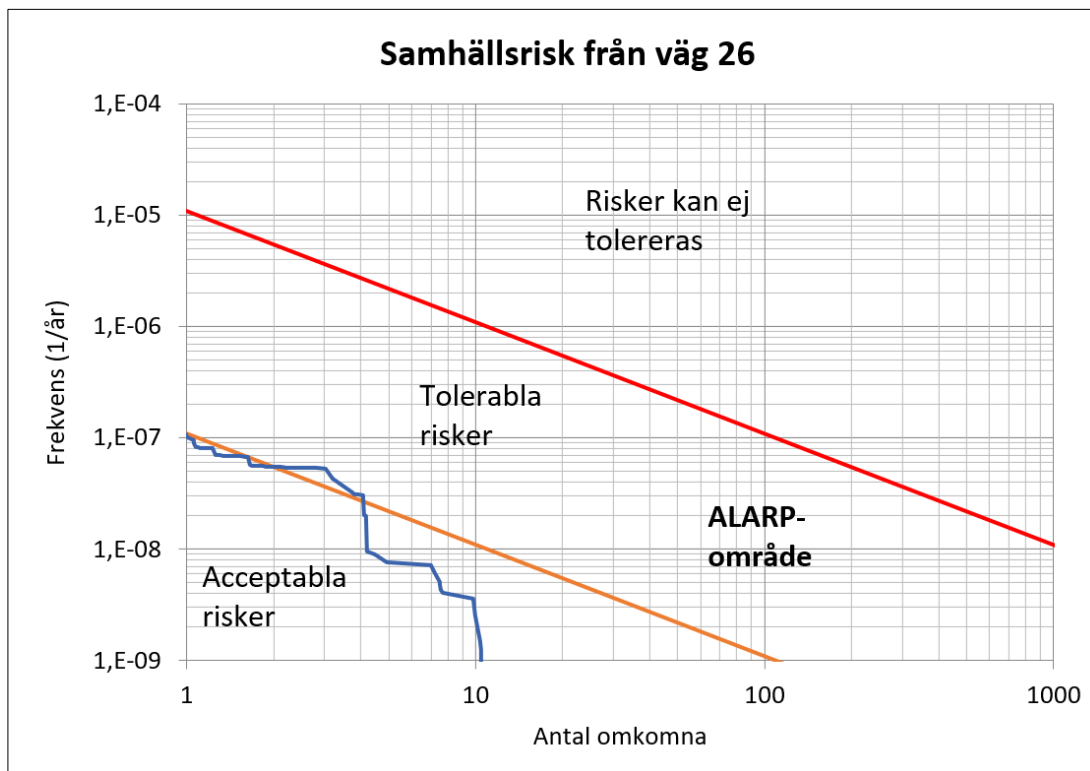


Figur 13. Individrisken från Västra stambanan (blå linje).

6.3 Samhällsrisk

6.3.1 Väg 26

Figur 14 visar samhällsrisken planområdet från väg 26 på grund av transporter av farligt gods år 2045.

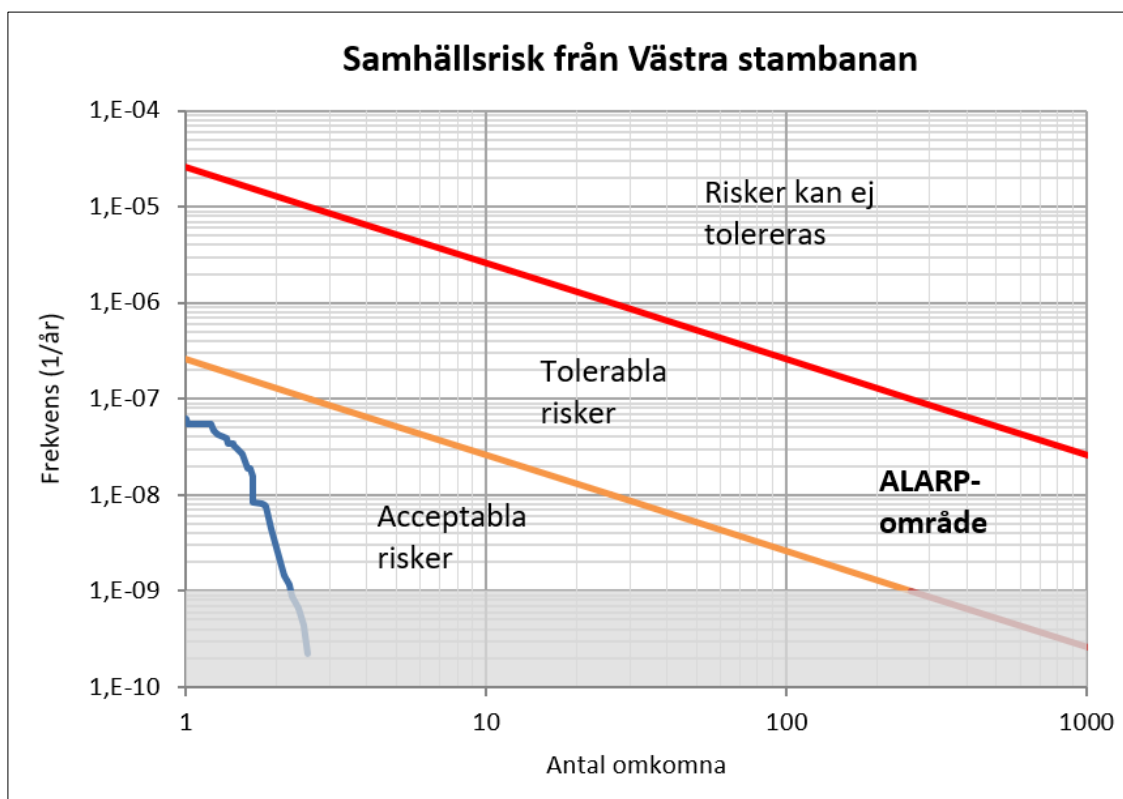


Figur 14. Samhällsrisk från väg 26 år 2045 (blå linje).

Riskenivån hamnar strax ovanför gränsen till ALARP-området, vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras, se avsnitt 2.3.3. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser, molnbrand och BLEVE.

6.3.2 Västra Stambanan

Samhällsrisk från transporter av farligt gods på Västra stambanan 2045 visas i Figur 15. Risknivån ligger inom området för acceptabla risker.



Figur 15. Samhällsrisk från Västra stambanan 2045 (blå linje).

Olycksfrekvensen visas normalt inte för under 1×10^{-9} , men kan göra det om det är låga risknivåer. Detta område är därför markerat grått.

6.4 Osäkerhetsanalys

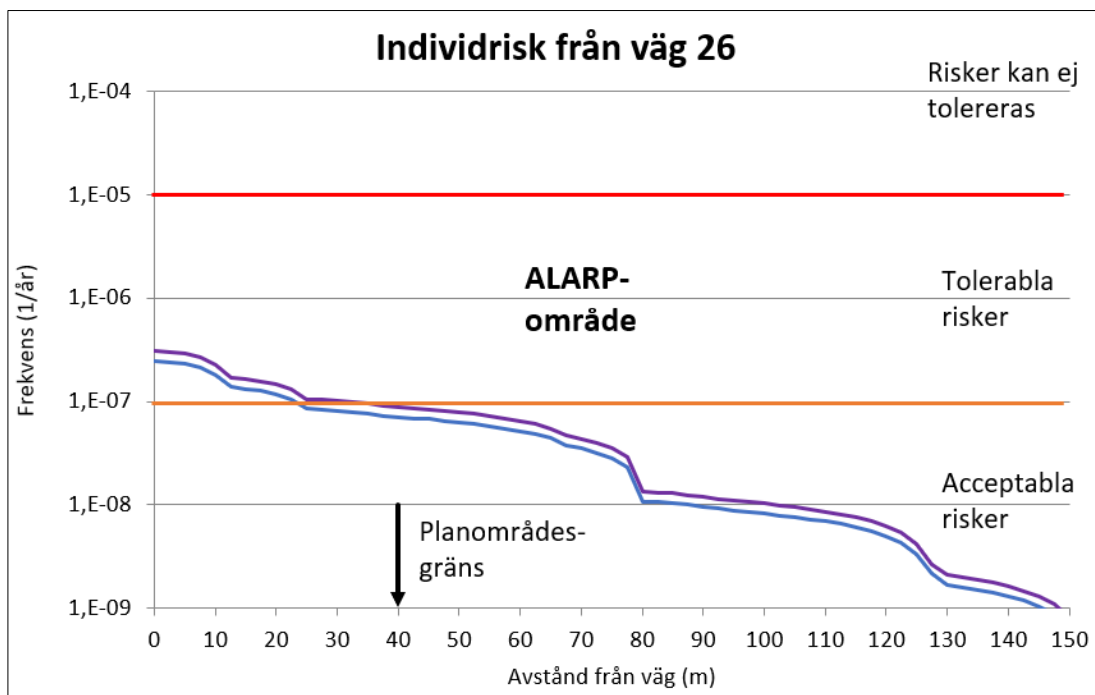
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av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

Ytterligare en källa till osäkerhet för samhällsrisk är 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.

6.4.1 Individrisk

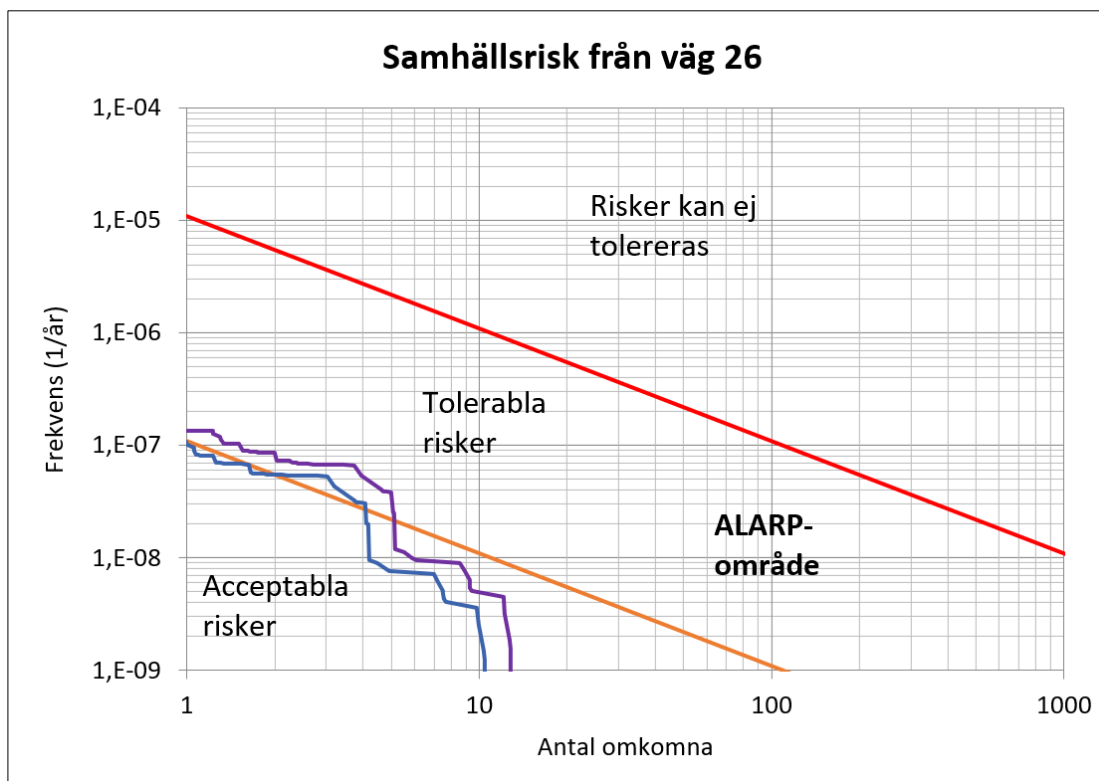
6.4.1.1 Väg 26

Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods på väg 26 presenteras i Figur 16. Enligt beräkningarna ökar risknivån men beräknas fortfarande vara på en acceptabel nivå inom hela planområdet.



Figur 16. Individrisken längs väg 26. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

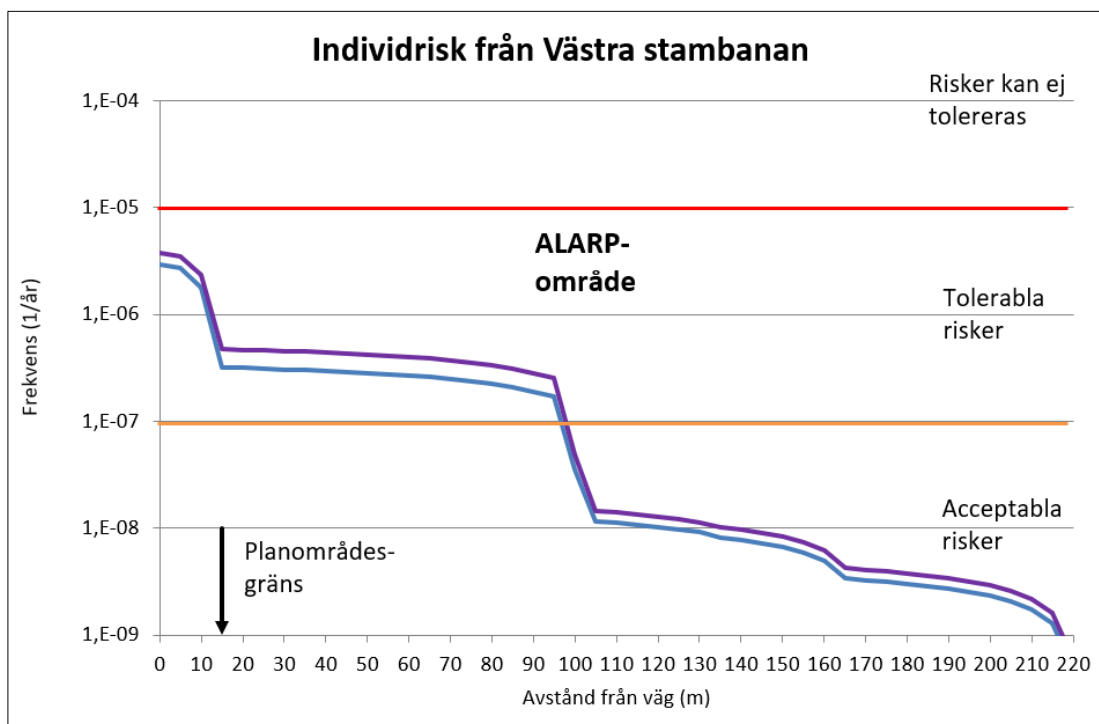
Samhällsrisk vid 25 % fler transporter av farligt gods och personer närvarande i området visas i Figur 17. Risknivån hamnar fortsatt ovanför gränsen till ALARP-området.



Figur 17. Samhällsrisk från väg 26. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

6.4.1.2 Västra Stambanan

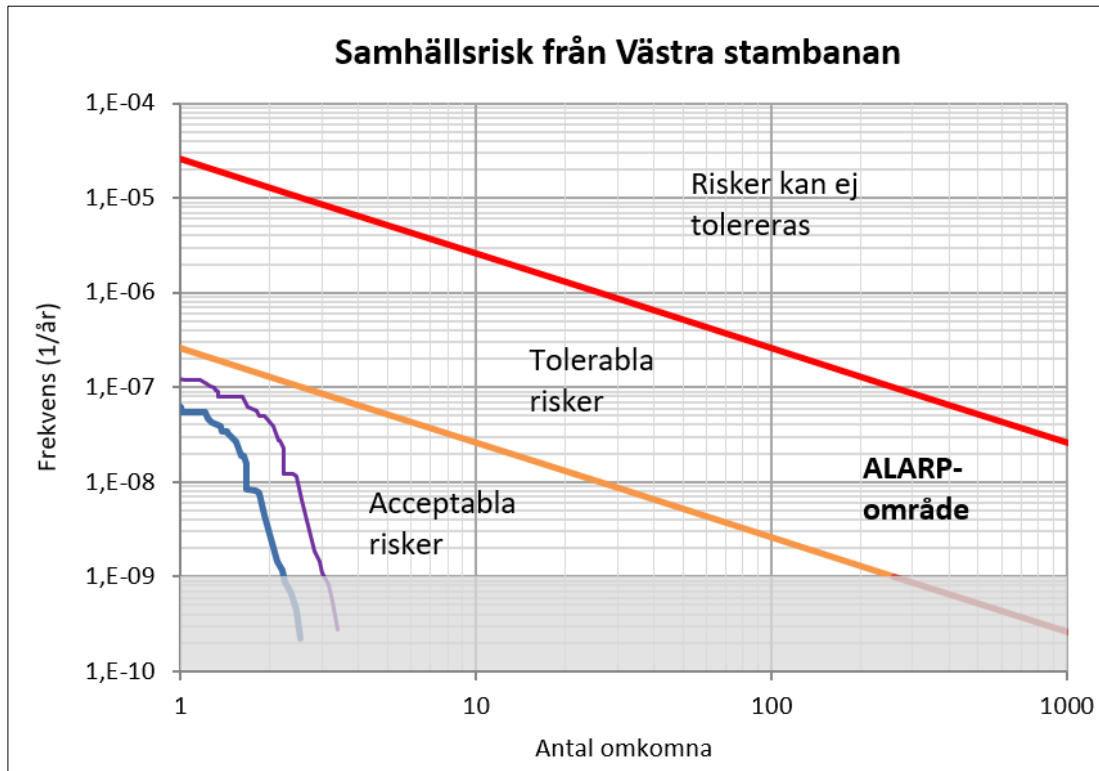
Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods på Västra stambanan presenteras i Figur 18. Risknivån ökar något men är fortsatt på en acceptabel nivå cirka 100 meter från närmsta räl.



Figur 18. Individrisken längs väg 26. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

6.4.2 Samhällsrisk

I osäkerhetsanalysen har antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %. Resultatet av osäkerhetsanalysen visar att samhällsrisken från Västra stambanan ökar men är fortsatt acceptabel, se Figur 19.

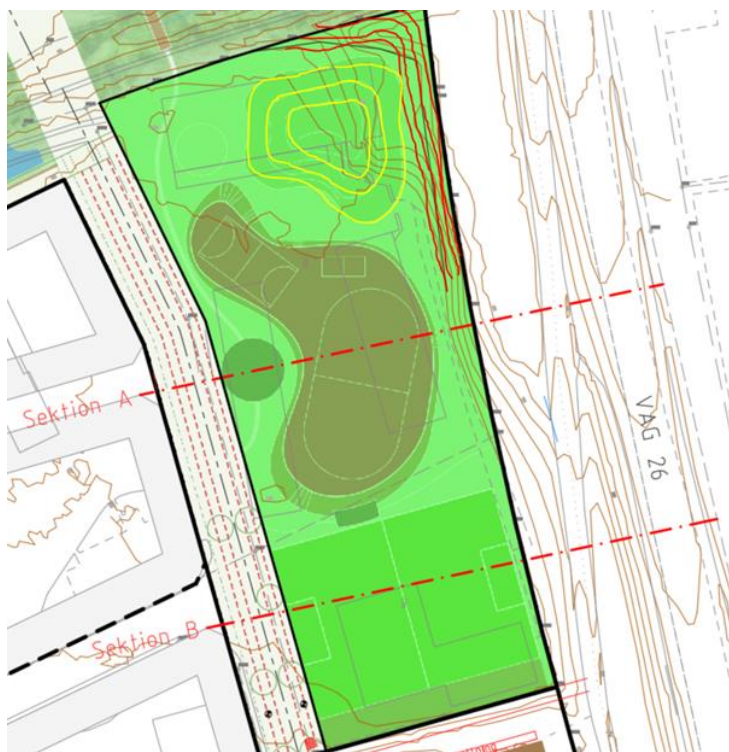


Figur 19. Samhällsrisk från Västra stambanan. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

7 Skyddsåtgärder

Enligt beräkningarna är individrisken från väg 26 acceptabel inom hela planområdet. Samhällsrisken hamnar däremot strax ovanför gränsen för acceptabla risker, inom ALARP-området, vilket innebär att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska vidtas. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser, molnbrand och BLEVE. Riskreducerande åtgärder för brännbara gaser tas ur dåvarande Räddningsverkets vägledningsrapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (2006). Möjliga säkerhetshöjande åtgärder för den typen av olyckor är bland annat disponering av planområde, vall, vegetation och skyddsavstånd.

En skyddsåtgärd är att tillskapa en tillräckligt stor höjdskillnad på kort sträcka (vall) mellan väg 26 och planområdet. En sådan höjdskillnad finns idag på halva den södra delen av området, se avsnitt 4.1. I den nordöstra delen av planområdet planeras det för att fylla upp området för att tillskapa en nivåskillnad mot väg 26, se Figur 20. Ett alternativ till utfyllnad kan vara att uppföra en minst 2 meter hög bullerskärm i planområdesgräns utförd i minst brandklass EI 30 och som är tät nedtill.



Figur 20 Skiss av möjligt framtida höjdförhållande (röda höjdkurvor).

Det bör också beaktas att se över disponeringen av planområdet. Risknivåerna har beräknats för att persontätheten är jämnt fördelad över hela aktivitetskvarteret. I realiteten kommer persontätheten vara högre vid ytor som skapas för långvarig aktivitet. Om dessa ytor placeras längst bort från väg 26 kan skyddseffekter uppnås utan att direkta skyddsåtgärder sätts in. Det är svårt att beräkna effekten av den här typen av skyddsåtgärder men de garanterar ett visst skydd och är en planeringsprincip inför kommande skeden.

Utöver dessa två alternativ är det inga skyddsåtgärder som bedöms vara rimliga att kräva för att ytterligare skydda människor som befinner sig utomhus i aktivitetskvarteret.

Beräkningarna för Västra stambanan visar att samhällsrisken är inom området för acceptabla risker medan individrisken är inom ALARP-området 100 meter från närmsta räl. Persontätheten beräknas vara låg i Banparken, se avsnitt 4.2. Som skyddsåtgärd bör den delen av planområdet som är inom 100 meter från närmsta räl disponeras för att inte inbjuda till stadigvarande vistelse. 100 meter används för att ta höjd för en eventuell tillkomst av ett tredje järnvägsspår. I ett tidigt utkast av Västra Banparken föreslås att en hundrastgård placeras i delen av parken som ligger närmast järnvägen. Hundrastgård och likande ytor, så som joggingspår, kan placeras inom 100 meter från järnvägen. Bortom 100 meter från närmsta räl kan ytan inbjuda till stadigvarande vistelse genom sittbänkar, utegym, lekpark och dylikt.

Se den ungefärliga omfattningen av området som inte bör inbjuda till stadigvarande vistelse i Figur 21.



Figur 21. Ungefärlig omfattning av ytan i Västra Bangårdsparken som inte bör inbjuda till stadigvarande vistelse. Bilden är ett utklipp från QGIS.

Om rekommenderade skyddsåtgärder vidtas bedöms risknivåerna vara acceptabla inom hela planområdet.

8 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna för väg 26 visar att individrisken är på en acceptabel nivå både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen, medan samhällsriskerna hamnar i den lägre delen av ALARP-området. För Västra stambanan är samhällsriskerna för transporter av farligt gods på en acceptabel nivå medan individrisken ligger inom ALARP-området cirka 85 meter in i planområdet vid Västra Banparken.

Tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras för samhällsriskerna från väg 26 och individrisken från Västra stambanan. Utifrån de dimensionerande olyckorna, platsspecifika förutsättningarna och personer närvarande föreslås följande åtgärder.

- Aktivitetskvarteret bör disponeras så att de mer personintensiva delarna placeras längst bort från väg 26. Inga fastställda minsta mått till olika användningar finns utan detta ska ses som en planeringsprincip för planområdet.
- Tillskapa en höjdskillnad på 3-4 meter i planområdets nordöstra del. Alternativt anlägga en bullerskärm som är minst 2 meter hög, utförs i brandklass EI30 och är tät nedtill.
- Västra Banparken ska disponeras så att mer välbesökta delar placeras 85 meter in i planområdet, cirka 100 meter från Västra stambanan.

Om dessa skyddsåtgärder genomförs bedöms riskerna på grund av transporter av farligt gods på väg 26 och Västra stambanan vara godtagbara.

9 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen.
- IUR. (2003). *Structures Built over Railway Lines – Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition*. International Union of Railways.
- Länsstyrelsen. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*. Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län.
- Miljöbalken. (1998:808).
- MSB. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - september*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Norconsult. (2010). *Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 - Riskutredning avseende transport av farligt gods*.
- Norconsult. (2020). *Riskutredning inför planprogram*.
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Rtj Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.
- Räddningsverket. (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*. Karlstad: Räddningsverket, enheten för bebyggelse och miljö.
- SIS. (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Stockholm: Utgåva 2, ICS: 03.100.01.
- Skövde kommun. (2024). *Översiktsplan 2040*. Hämtat från https://skovde.se/globalassets/_2024/bygga--bo/detaljplaneutställningar/op/lagakrafthandlingar/planbeskrivning-op2040_laga-kraft_webb.pdf
- SRV. (1996). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*.
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- Stockholms Länsstyrelse. (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län, Räddnings- och säkerhetsavdelningen.
- TRAFÄ. (2019). *Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (f.d. SIKÄ)*.
- Trafikverket. (2016). *Trafikuppräkningsplan för EVA 2014-2040-2060*. Hämtat från https://bransch.trafikverket.se/contentassets/ab2b717bc619425280126edb6e725188/2016/trafikupprakningstal_eva_160401.pdf
- Trafikverket. (2021). *Västra Stambanan Laxå-Alingsås högre kapacitet*. Hämtat från Trafikverket: https://bransch.trafikverket.se/TrvSeFiler/Samhallsekoniskt_beslutsunderlag/Region_Vast/Region%20V%C3%A4st/3%20Investering/JVA1810%20V%C3%A4stra%20stambanan%20Lax%C3%A5-Alings%C3%A5s/jva1810_vastra_stambanan_laxa-alingsas_hogre_kapacitet.pdf
- Trafikverket. (2023). *Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2023-10-01*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2024:1). *Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar*. Trafikverket.

Trafikverket. (2024:2). *Trafikutvecklingstal väg*. Hämtat från https://bransch.trafikverket.se/contentassets/fa072eeb2fb24cada5c4142e4ad84ad1/2024/trafikutvecklingstal-vag_3.pdf

Trafikverket. (den 12 11 2024:3). *Jvgdata STH A/B/C/S-tåg*. Hämtat från NJDB på webb: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>

ÖSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Öresund Safety Advisers AB.

Bilaga 1 Beräkning av risker transporter av farligt gods på väg

Innehåll

1.	Beräkning av sannolikhet för olycka	2
2.	Händelseträd	5
2.1	Händelseträd från RBM II	5
2.1.1	Klass 2.1.....	5
2.1.2	Klass 2.3.....	6
2.1.3	Klass 3.....	7
2.2	Klass 1	7
2.5	Klass 5.1.....	9
3.	Konsekvenser av scenario	11
3.1	Klass 1	13
3.2	Klass 5.1.....	16
3.3	Individrisk.....	17
	Referenser	18

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

1. Beräkning av sannolikhet för olycka

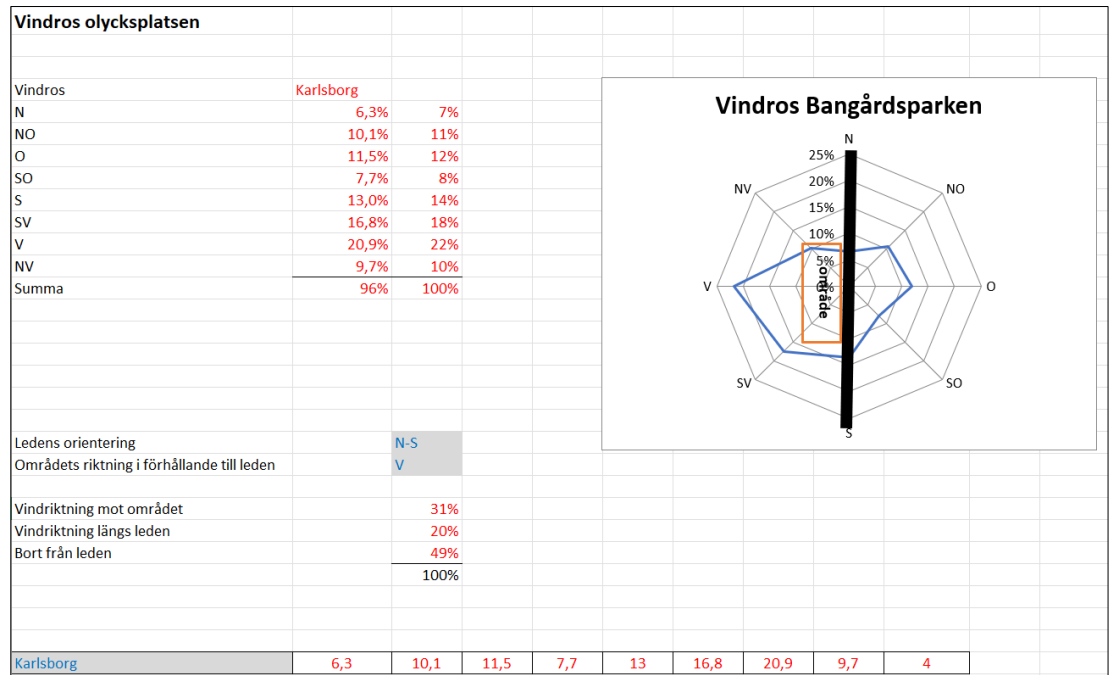
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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				
Olycksrisk				
PO-kvot	0,085	1/miljon fordonskm, år		
miljoner till km	1000000			
Risk för olycka	8,50E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	25%			
Andel med fler än 2 fordon inblandade	75%			
Olycksrisk fordon	1,64E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	ange siffervärde		
Antal standardaxlar	1,1			
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg (ca 100-120 km/h)	1	0,052	0,101	
Utanför tätort (ca 70-80 km/h)	2	0,034	0,077	
Inom tätort (ca 30-50 km/h)	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 osäkerhetsanalys)	1			
	Totalt antal transporter	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv	9	1	9,8E-07	4,2E-07
Klass 2.1	639	0,034	2,5E-06	1,1E-06
Klass 2.3	9	0,034	3,3E-08	1,4E-08
Klass 3, bensin	4900	0,077	4,3E-05	1,9E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	107	0,077	9,4E-07	4,0E-07
Bredd på hus första raden [m]	-			
Medelavstånd till område inne [m]	-			
Medelavstånd till område ute [m]	40			
Områdets längd längs leden [m]	220			

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.



Figur 2. Vindros för planområdet.

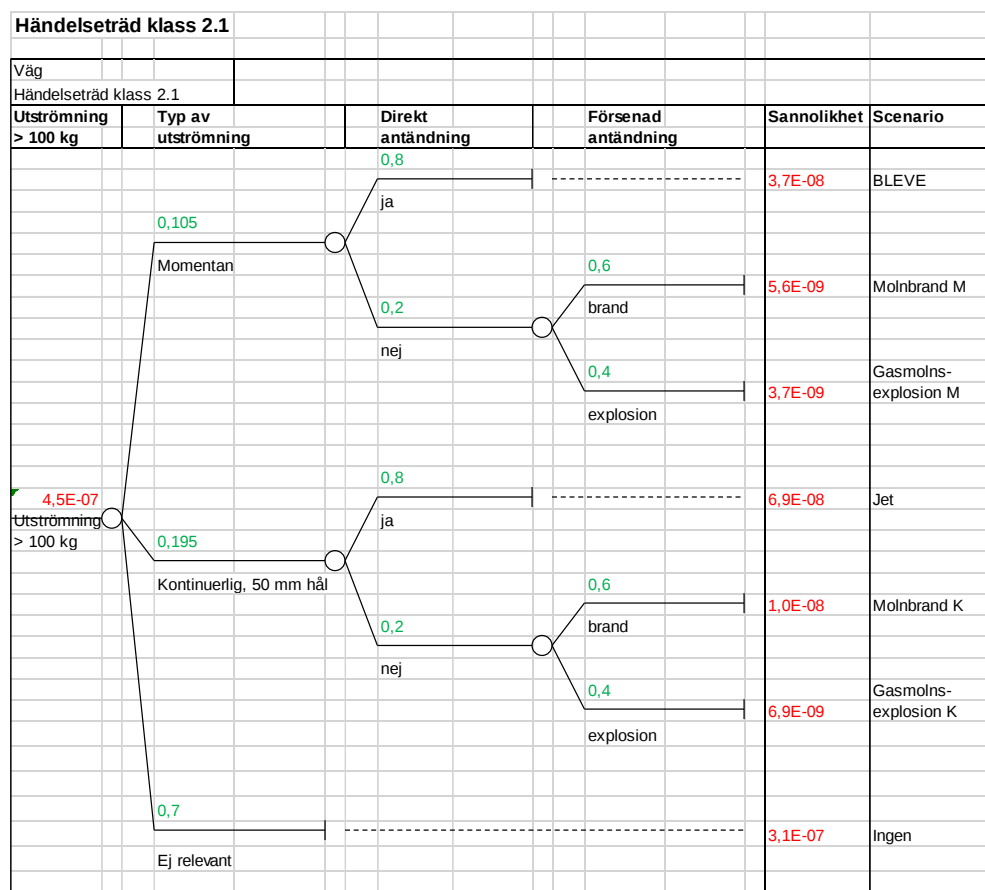
2. Händelseträd

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.

2.1 Händelseträd från RBM II

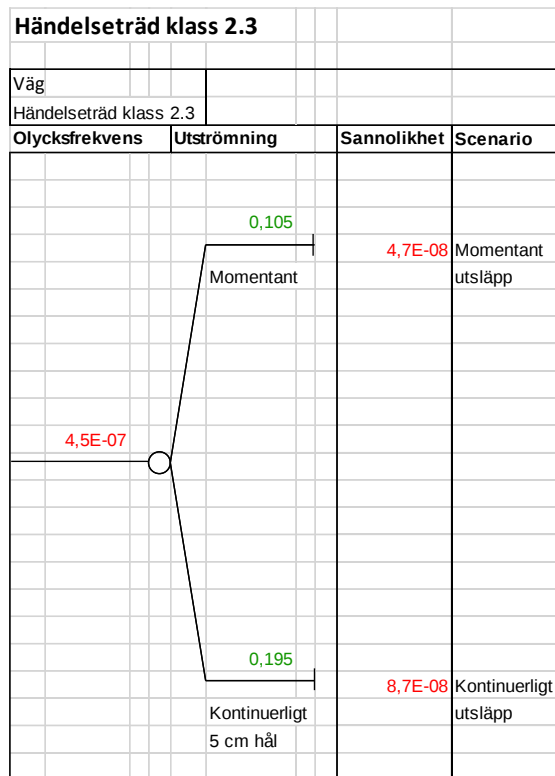
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet 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*.

2.1.1 Klass 2.1



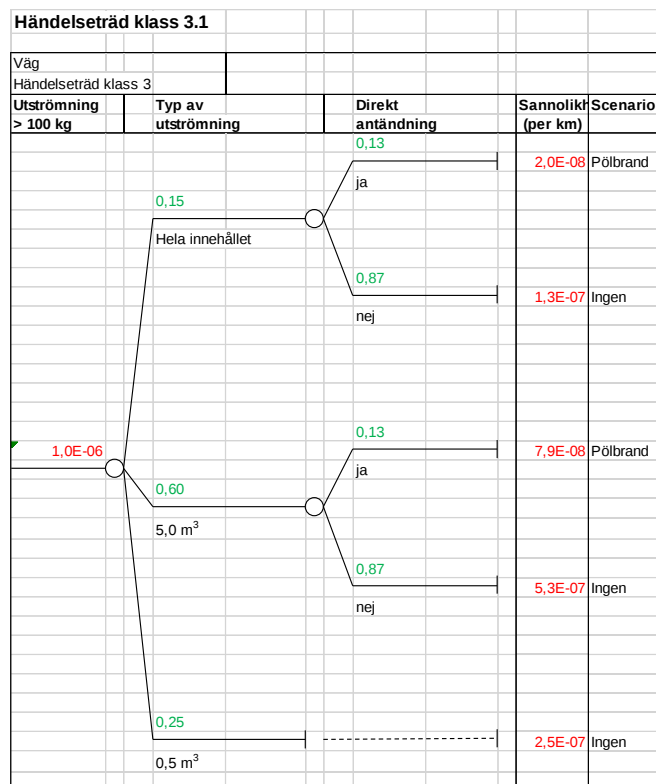
Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas.

2.1.2 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.

2.2 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,
- 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.

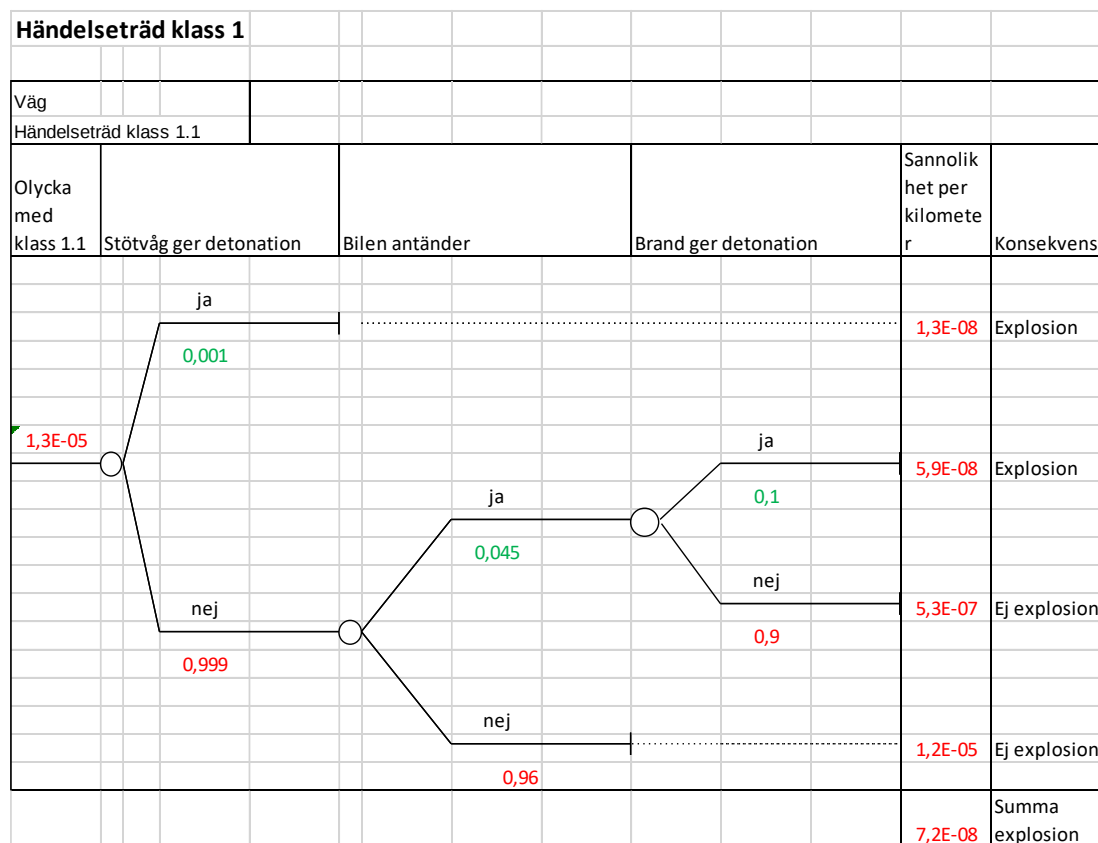
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. 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.

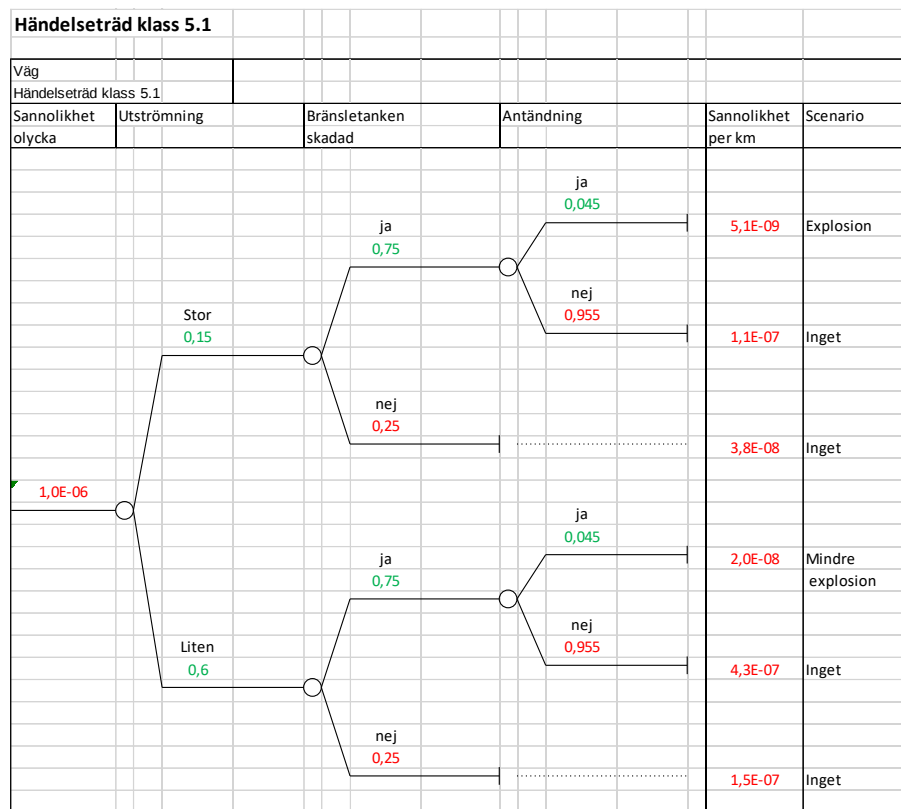
2.5 Klass 5.1

Detta scenariot 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. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

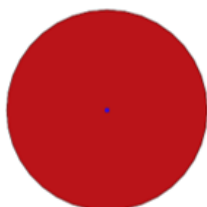
3. Konsekvenser av scenario

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

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

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



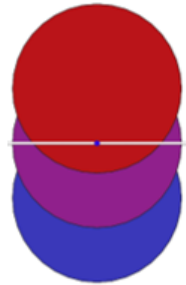
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

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



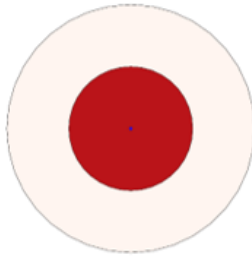
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



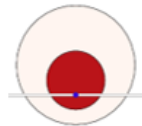
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



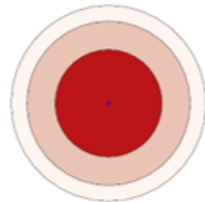
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



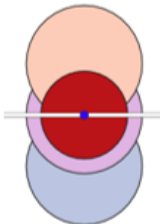
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



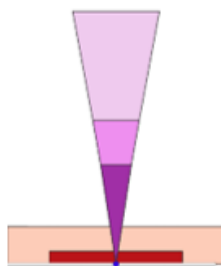
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan

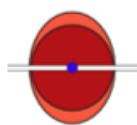


	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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

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

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgås 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.

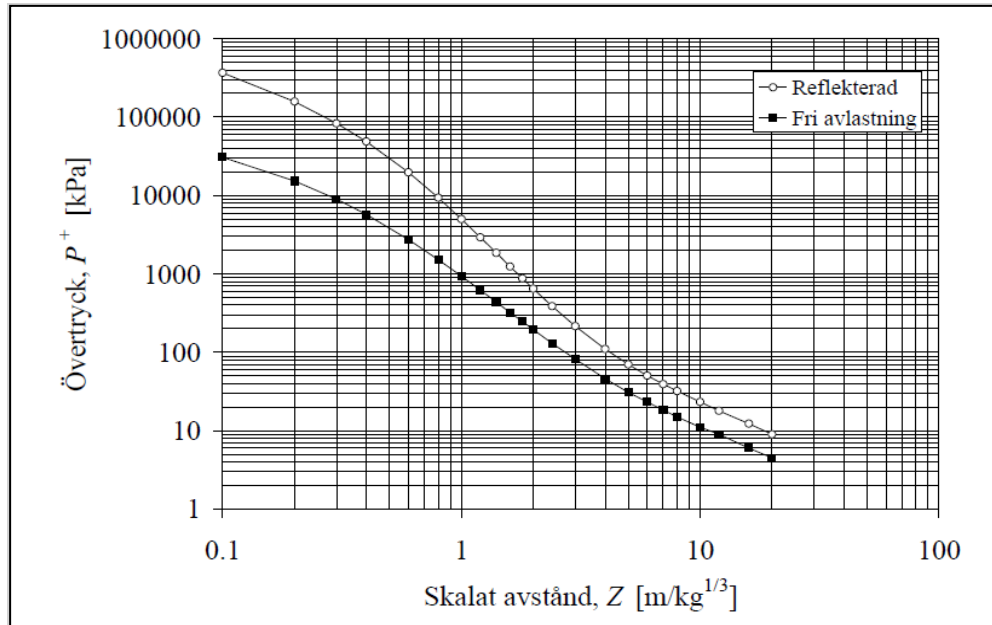
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

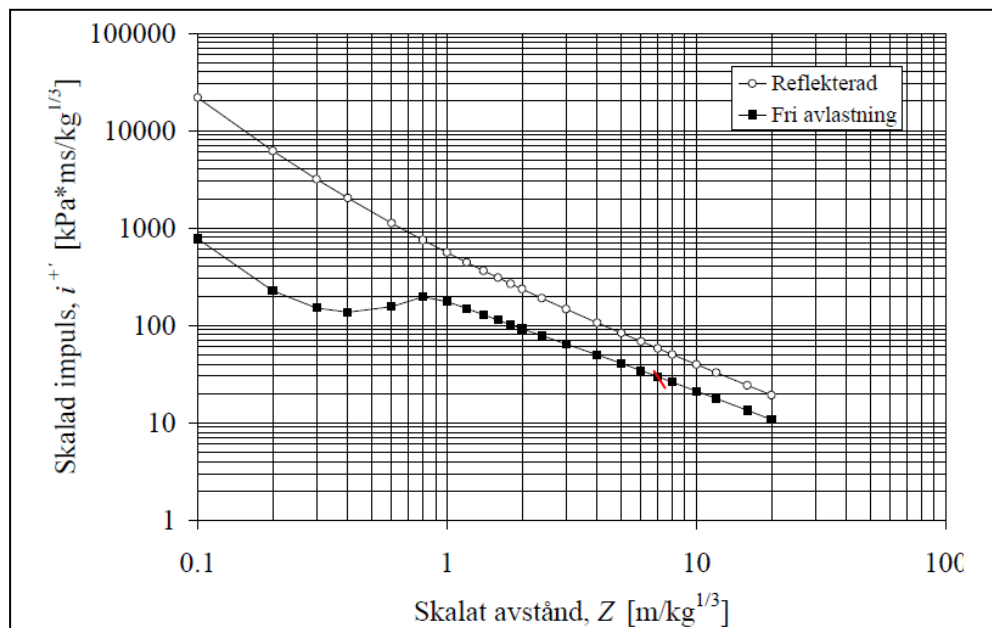
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

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. Reflekerat och oreflekerat 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

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

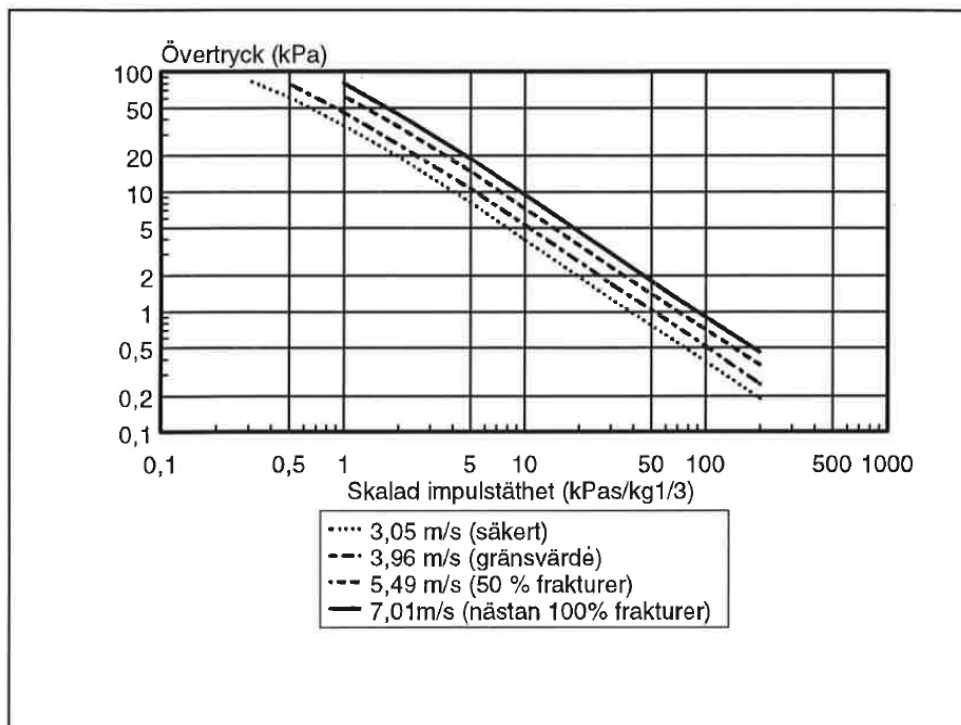
Direkta skador pga. tryck

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 skullskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skullfraktur 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.

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 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.

3.3 Individrisk

Individrisken beräknas med hjälp av följande ekvation:

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

I individrisken 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 individrisken med 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
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 1 Beräkning av risker transporter av farligt gods på järnväg

Innehåll

1.	Beräkning av sannolikhet för olycka	2
2.	Händelseträd	5
2.1	Händelseträd från RBM II	5
2.1.1	Klass 2.1.....	5
2.1.2	Klass 2.3.....	6
2.1.3	Klass 3.....	7
2.2	Klass 1	8
2.5	Klass 5.1.....	11
3.	Konsekvenser av scenario	14
3.1	Klass 1	16
3.2	Klass 5.1.....	19
3.3	Individrisk.....	20
	Referenser	21

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 händelsesträd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

1. Beräkning av sannolikhet för olycka

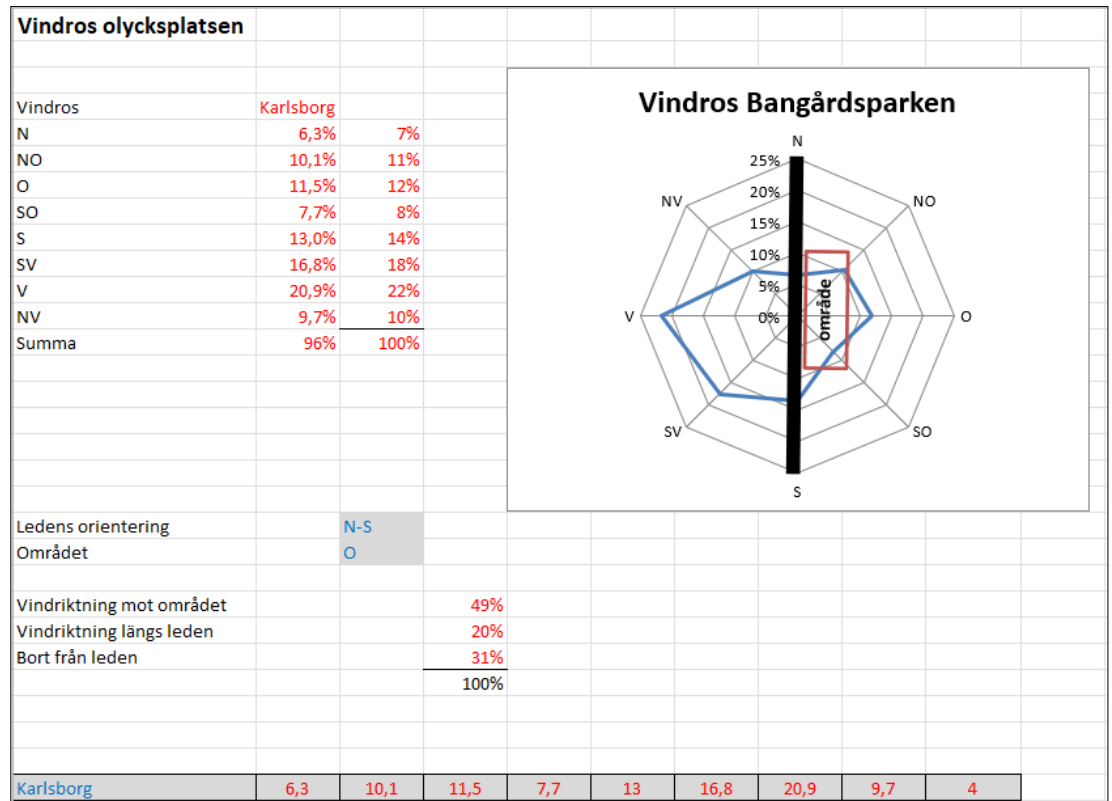
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår i *figur 1*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan 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		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 Standard Beräknas			
Vagnaxel/vagn	2,75				
Tåglängd	257 m				
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	34				
Persontåg/dag	58				
Pendeltåg/dag	46				
Antal vagnar/tåg	12,9				
Antal tåg/dag	138				
Antal tåg/år	50260				
Antal tåg/v	967				
Antal växlar	2,5				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	1,8E+06				
Vagnkm	6,5E+05				
Beräkning olycksrisken					
Orsak	Parameter	Intensitet		Frekvens	
		Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	8,9E-05	1,8E-04
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	7,1E-04	7,1E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	6,3E-04	6,3E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	8,8E-03	8,8E-03
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	5,5E-03	5,5E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	7,1E-04	7,1E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	9,9E-03	9,9E-03
Summa	Olyckor per år/km			2,6E-02	2,7E-02
Antal tågkm/år				5,0E+04	5,0E+04
Olyckor per tågkm, år				5,2E-07	5,3E-07
Antal vagnkm/år				6,5E+05	6,5E+05
Olyckor per vagnkm, år				4,1E-08	4,1E-08
Faktor för osäkerhetsanalys	1	(1 i vanliga fall, 1,25 vid osäkerhetsanalys)			
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km, år	antal vagnar natt/år	olycksrisken natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	5,0	1,2	5,1E-08	3,7	1,5E-07
Klass 2.1	6606,9	1651,7	6,7E-05	4955,2	2,0E-04
Klass 2.3	498,6	124,7	5,1E-06	374,0	1,5E-05
Klass 3, bensin	18698,7	4674,7	1,9E-04	14024,0	5,7E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	7604,2	1901,0	7,8E-05	5703,1	2,3E-04
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	12500				
andel m bensinvagnar	150%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	-	15	m		
Bredd på hus första raden	-	m			
Områdets längd längs leden	260	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 vägen framgår.



Figur 2. Vindros för planområdet.

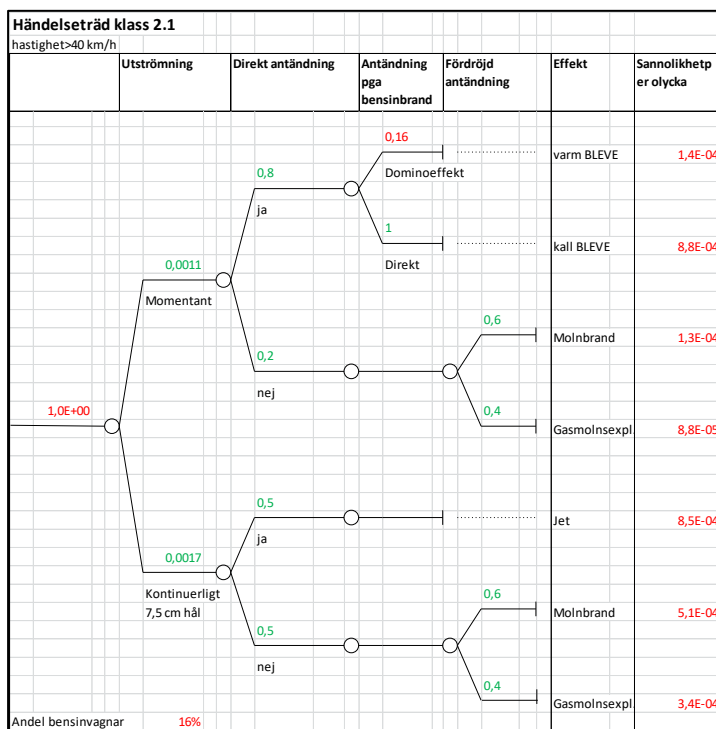
2. Händelseträd

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.

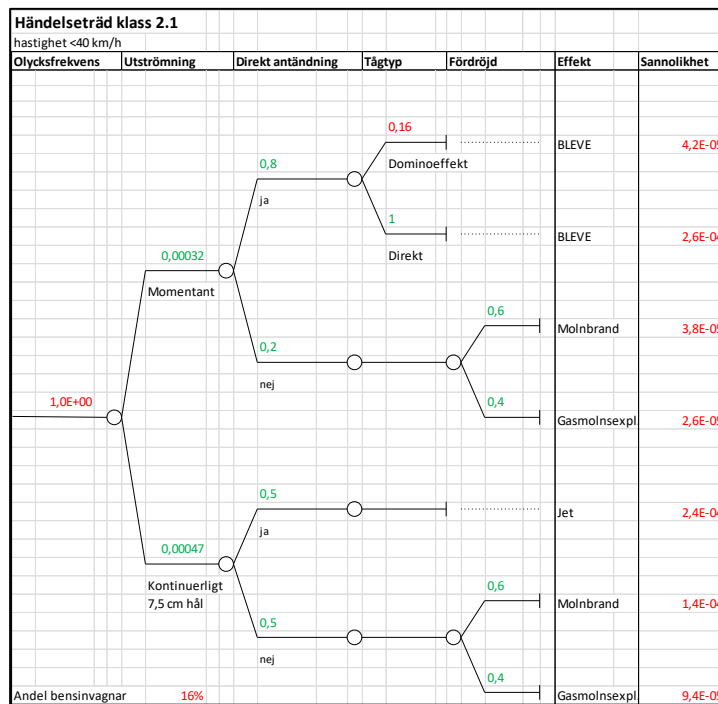
2.1 Händelseträd från RBM II

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 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*.

2.1.1 Klass 2.1

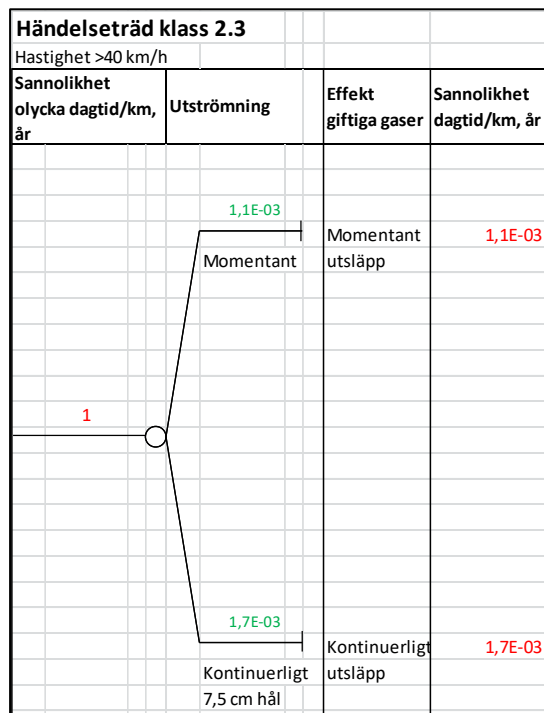


Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tåg hastighet över 40 km/h

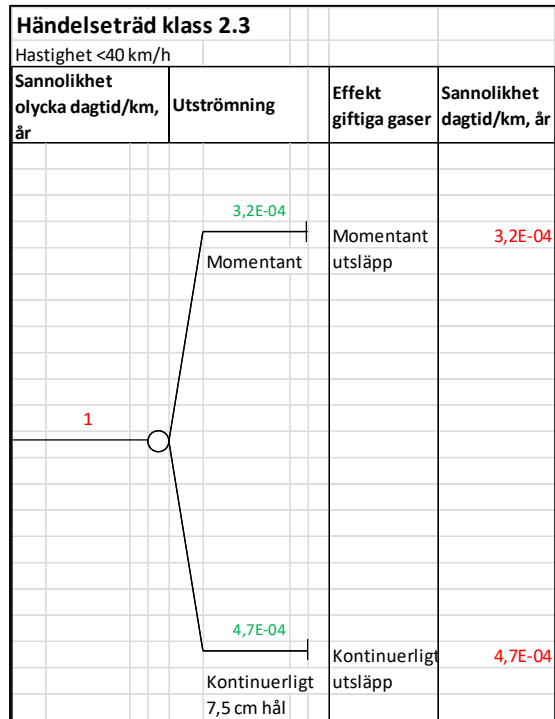


Figur 4. Händelsesträd olycka brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3

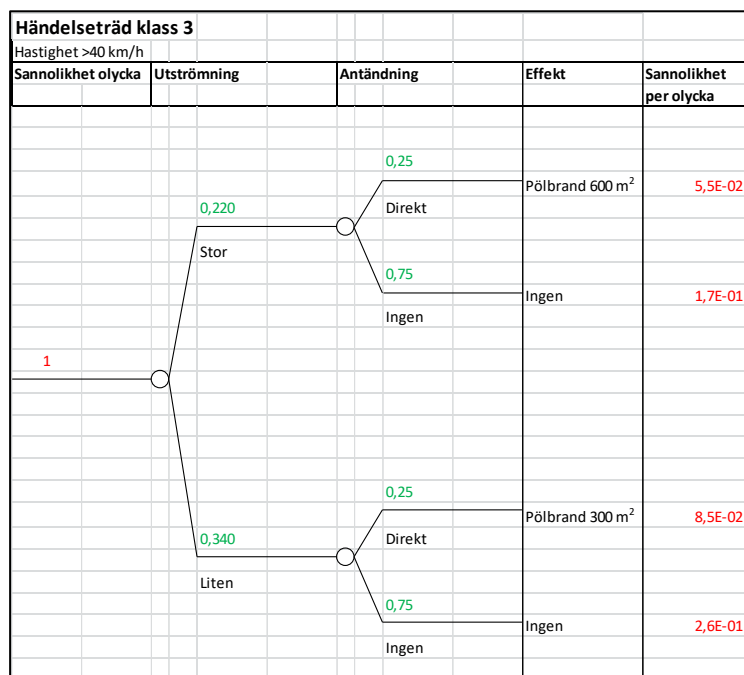


Figur 5. Händelsesträd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h

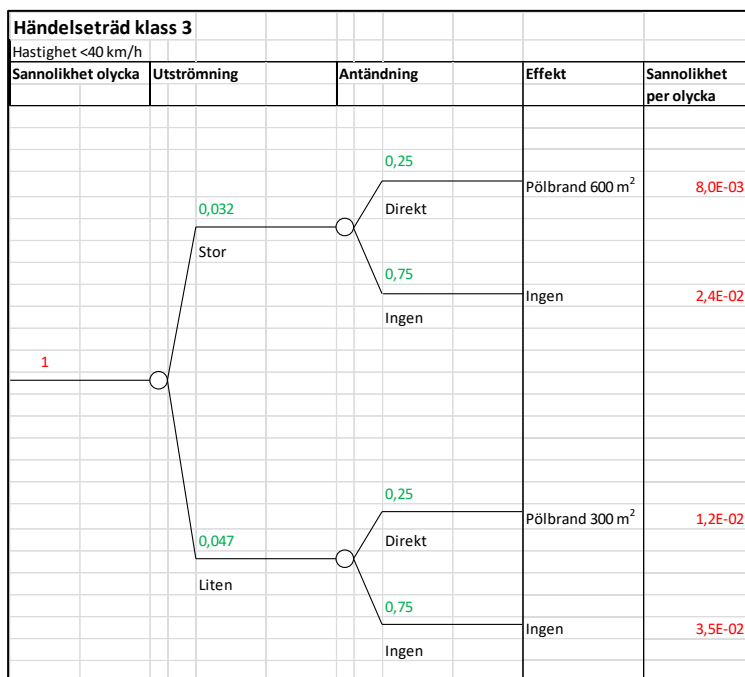


Figur 6. Händelseträd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.1.3 Klass 3



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



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 massexplosiva 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.

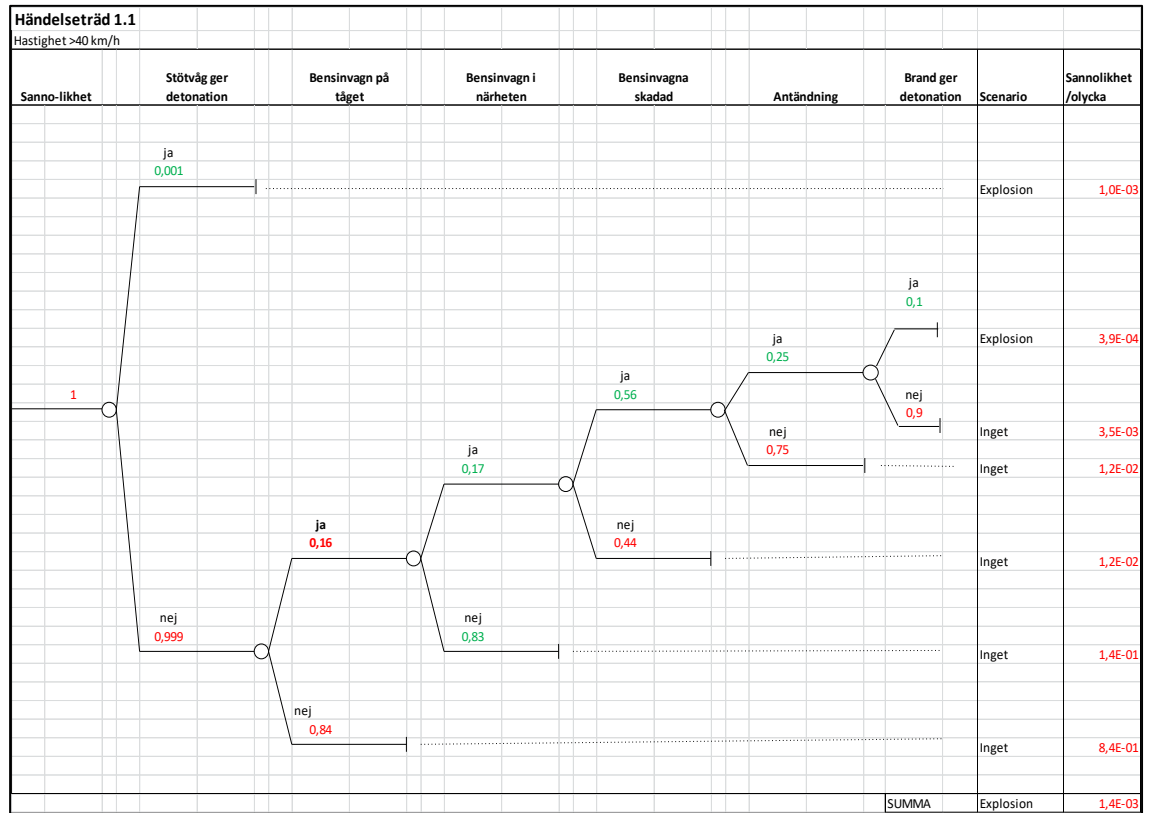
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

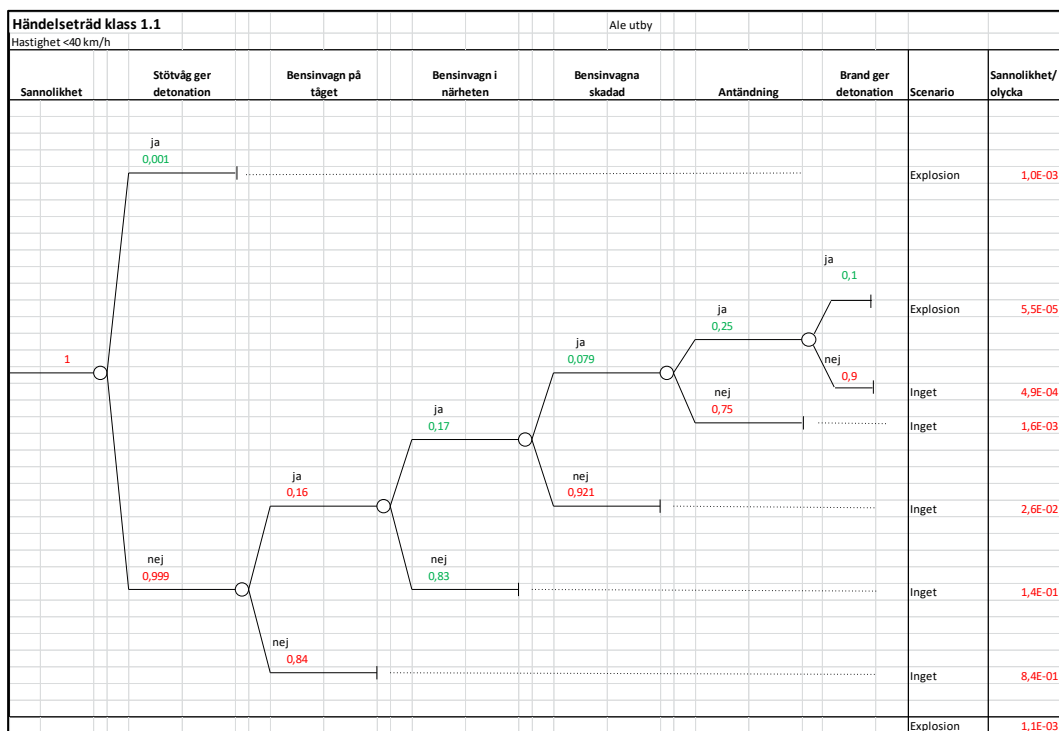
1. Det måste finnas en tankvagn med bensen eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

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. Händelsesträd 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.)

2.5 Klass 5.1

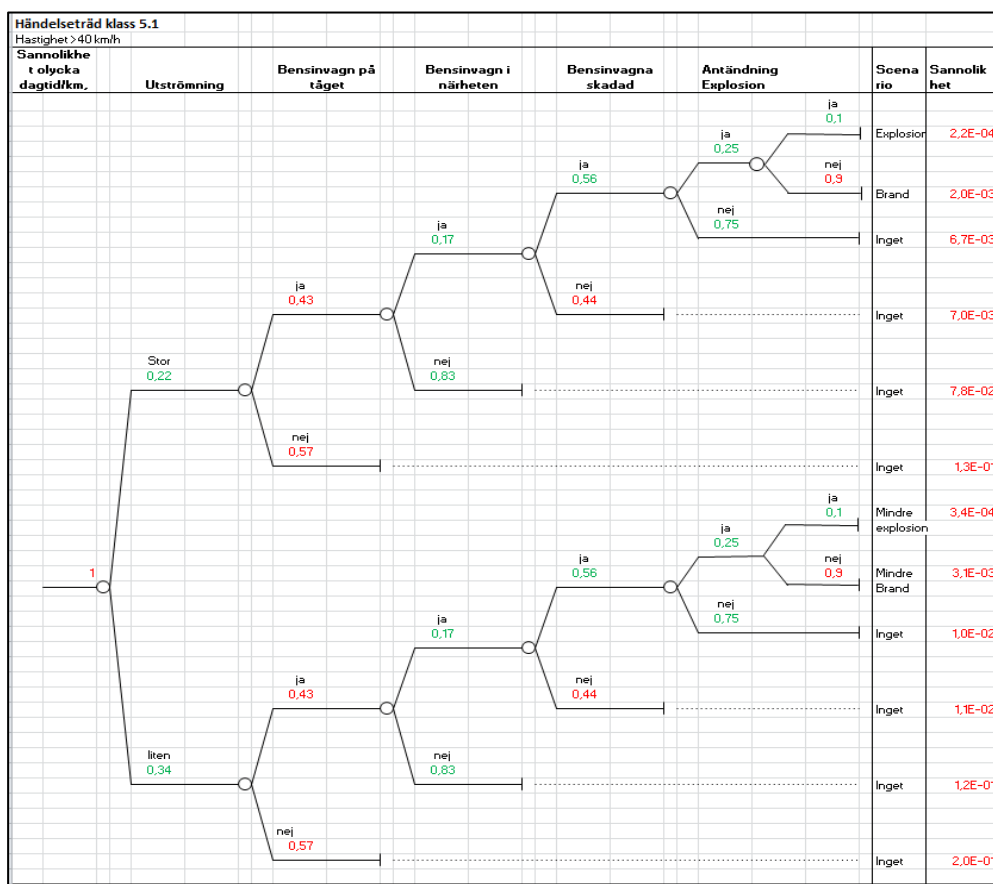
Detta scenariot baseras på att transporterna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer 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:

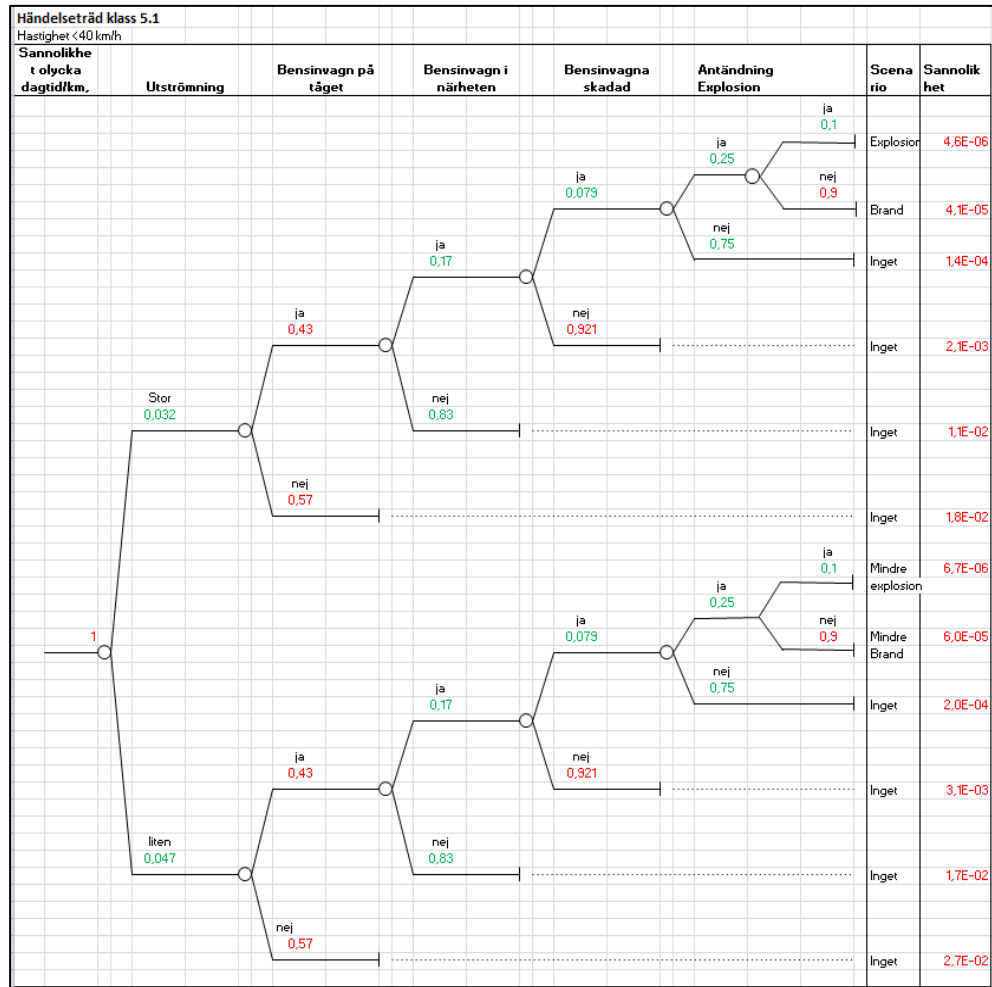
1. Det måste finnas en tankvagn med bensen eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.

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

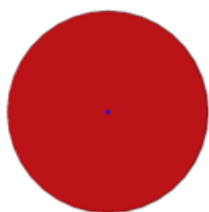
3. Konsekvenser av scenario

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

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

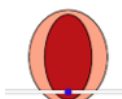
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i *figur 13*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden 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



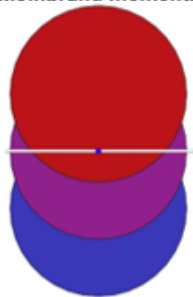
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

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



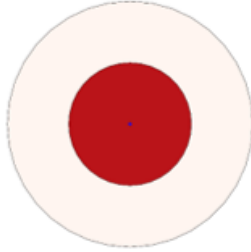
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



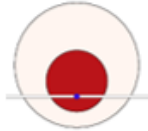
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



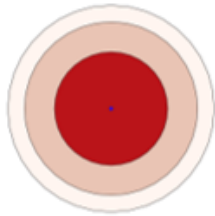
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



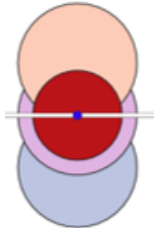
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



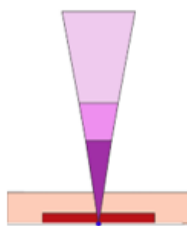
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan

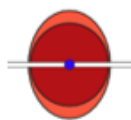


	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

3.1 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.

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.

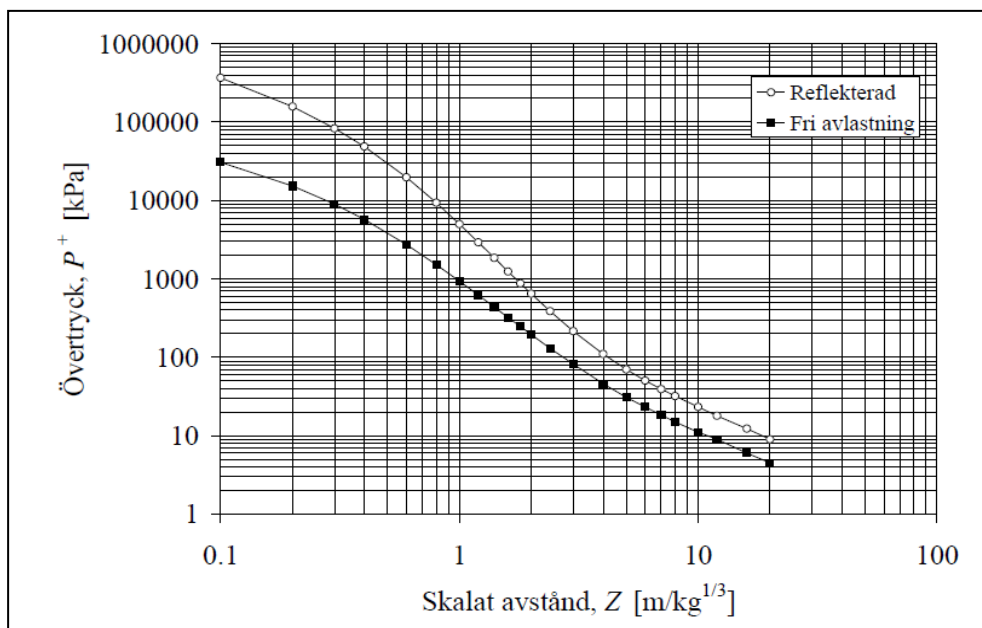
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

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. Explosionsstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ ($\text{kg}^{1/3}$)		23,2	29,2
Z	p^+		
$\text{m/kg}^{1/3}$	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

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). 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

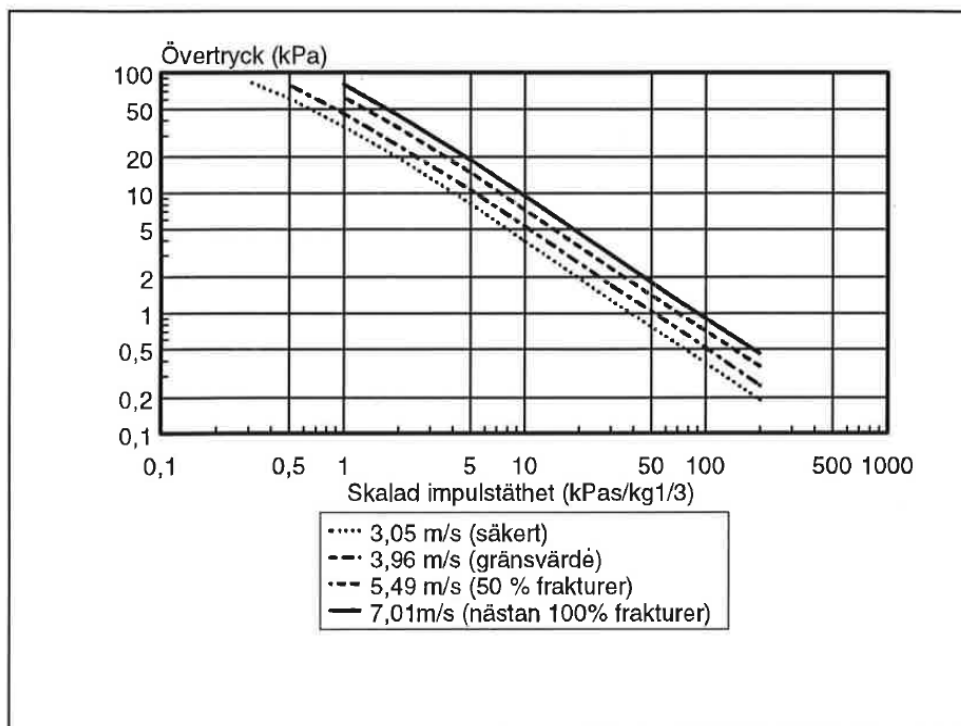
Direkta skador pga. tryck

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 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 raseras 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.

3.3 Individrisk

Individrisken beräknas med hjälp av följande ekvation:

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

I individrisken 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 individrisken 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)
- 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