

Svanvik Etp Väster 1A

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 108 06 30 Version: 1.0 Datum: 2021-12-14



Uppdragsgivare: Fastighetsägaren
Uppdragsgivarens kontaktperson:
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Robert Kallin

1.0	2021-12-14	Slutversion	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.8	2021-12-06	Interngranskning	Robert Kallin		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

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

► Sammanfattning

Vid Svanvik, cirka 5 kilometer öster om Lidköpings centrum, planeras byggnation av ett nytt bostadsområde. Området är beläget precis söder om Kinnekullebanan som är en transportled för farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods och därför har denna riskutredning tagits fram.

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna förbi planområdet är inom det område där risknivåerna är acceptabla. Även osäkerhetsanalysen, där antal transporter av farligt gods samt personer närvarande i planområdet ökas med 25 % visar att risknivåerna ligger kvar inom området med acceptabla risker. Detta gäller både för individ- och samhällsrisk.

Även om risknivåerna från transporter av farligt gods beräknas vara låga så rekommenderas ändå vissa mindre och enklare skyddsåtgärder genomföras på ny bebyggelse inom 150 meter från Kinnekullebanan. Följande åtgärder föreslås:

- Ventilation bör placeras högt och vänd bort från Kinnekullebanan
- Utrymningsväg som ej vetter direkt mot Kinnekullebanan bör finnas.

Gällande urspårning visar tillgänglig statistik och beräkningsmetoder att det är osannolikt att tågdelar vid en urspårning hamnar på ett avstånd längre än 30 meter från spårmittpunkt vid aktuella tillåtna tåghastigheter. Detta innebär att urspårning ej bör påverka bebyggelse på fastigheten då avståndet är cirka 30 meter mellan närmaste räil och bebyggelse. Sannolikheten för att urspårning påverkar förråd, cykelförråd, garage samt parkering som ligger 15–30 meter från spårmittpunkt på Kinnekullebanan är också liten vid aktuella tillåtna tåghastigheter. Viss risk för stensprut från passerande tåg kan dock förekomma varför ett eventuellt skydd mot detta mellan räils och parkerade bilar bör studeras vidare.

► Innehåll

1	Inledning	5
2	Risker med transport av farligt gods	6
2.1	Typer av farligt gods	6
2.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	6
3	Riskbedömning i den fysiska planeringen	8
3.1	Vad är risker?	8
3.2	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3.3	Riskhantering	11
3.4	Trafikverkets rekommendationer på säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg	13
4	Platsspecifika förutsättningar	14
4.1	Området	14
4.2	Antalet personer närvarande	14
4.3	Kinnekullebanan	15
4.4	Sannolikhet för olyckor	17
4.5	Riksväg 44	17
5	Resultat	18
5.1	Individrisk	18
5.2	Samhällsrisk	18
5.3	Osäkerhetsanalys	19
5.4	Urspårningsrisk	21
6	Diskussion och slutsats	22
7	Referenser	23

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

1 Inledning

Vid samhället Svanvik i Götene kommun planeras nybyggnation av bostäder i form av rad- och småhus. I dagsläget består området av mestadels jordbruksmark med några bostäder varav de flesta är sommarbostäder. Området är beläget cirka 5 kilometer öster om Lidköpings centrum och ligger strax söder om Kinnekullebanan som är transportled för farligt gods, se *figur 1*.



Figur 1. Översiktsskarta med markerat läge för planområde (Bakgrundskarta: OpenStreetMap)

Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods och därför har Norconsult fått i uppdrag att genomföra denna riskutredning. En kvantitativ beräkning har genomförts med hjälp av en beräkningsmetod i GIS-miljö och resultatet jämförs med kriterier från rapporten "Värdering av risk" (SRV 1997). Rapporten syftar till att ge bakgrundsinformation om risker med transport av farligt gods, redovisa förutsättningar för beräkningar samt presentera och diskutera resultat från riskberäkningarna.

2 Risker med transport av farligt gods

2.1 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

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följderna 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*.

Klass 1. Explosiva ämnen

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

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

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

Klass 3: Brandfarliga vätskor

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

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

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

Klass 5: Oxiderande ämnen

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan var 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.

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen

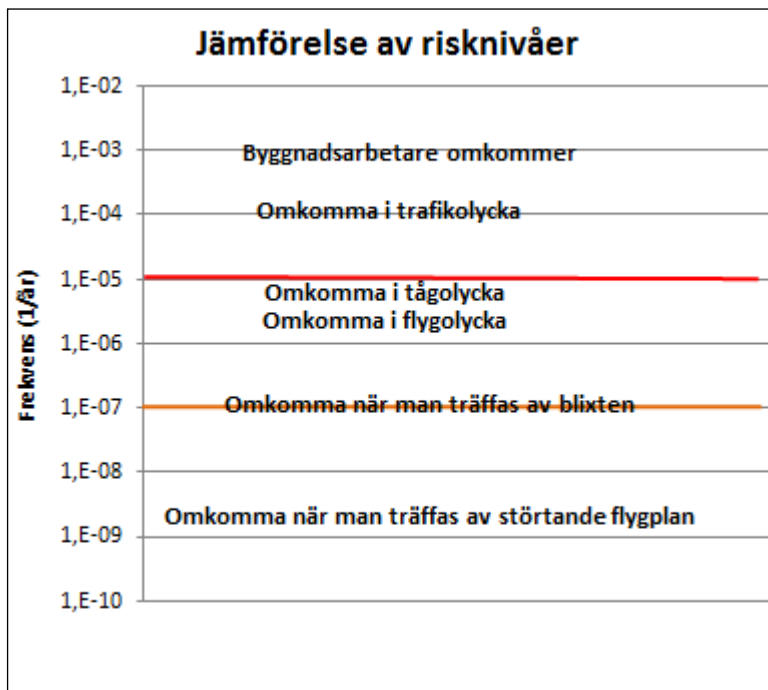
3.1 Vad är risker?

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)*.

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 personer som omkommer. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterierna sätts för risknivåer vid transport av farligt gods används oftast antalet omkomna.

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



Figur 2. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 3.2.

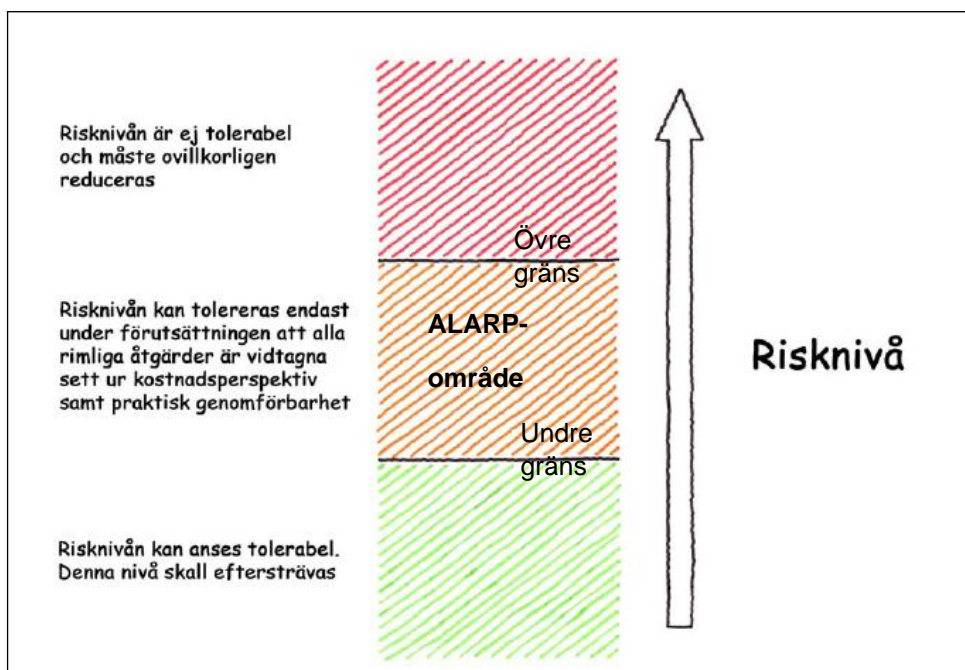
Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. För individrisken antas att personen befinner sig på denna plats under ett 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.

Samhällsrisken 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.

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 3*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 3. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

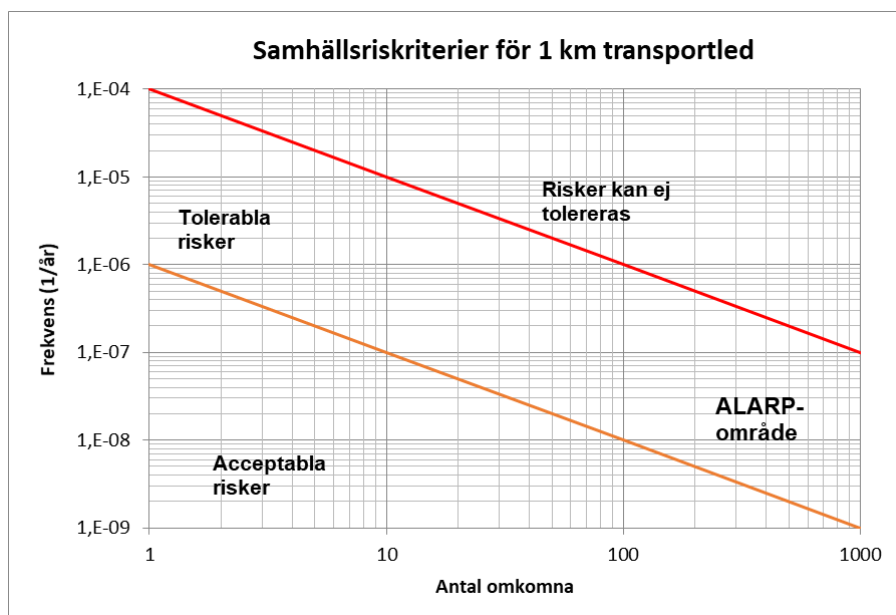
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under 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 (Lst 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.

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsriskenivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se *figur 4*.

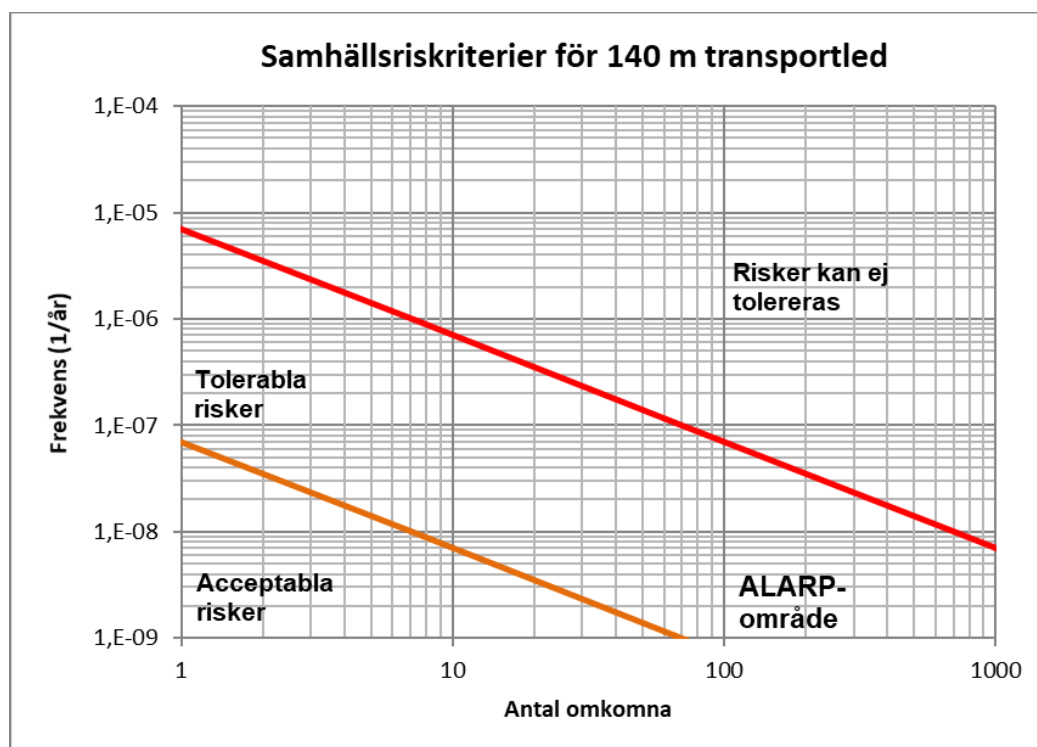


Figur 4. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i *figur 4* innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer än 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

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

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs Kinnekullebanan och att området endast ligger på ena sidan av leden. Omräknade kriterier visas i *figur 5*. Längden på huvudområdet för ny bebyggelse utmed Kinnekullebanan är cirka 140 meter.



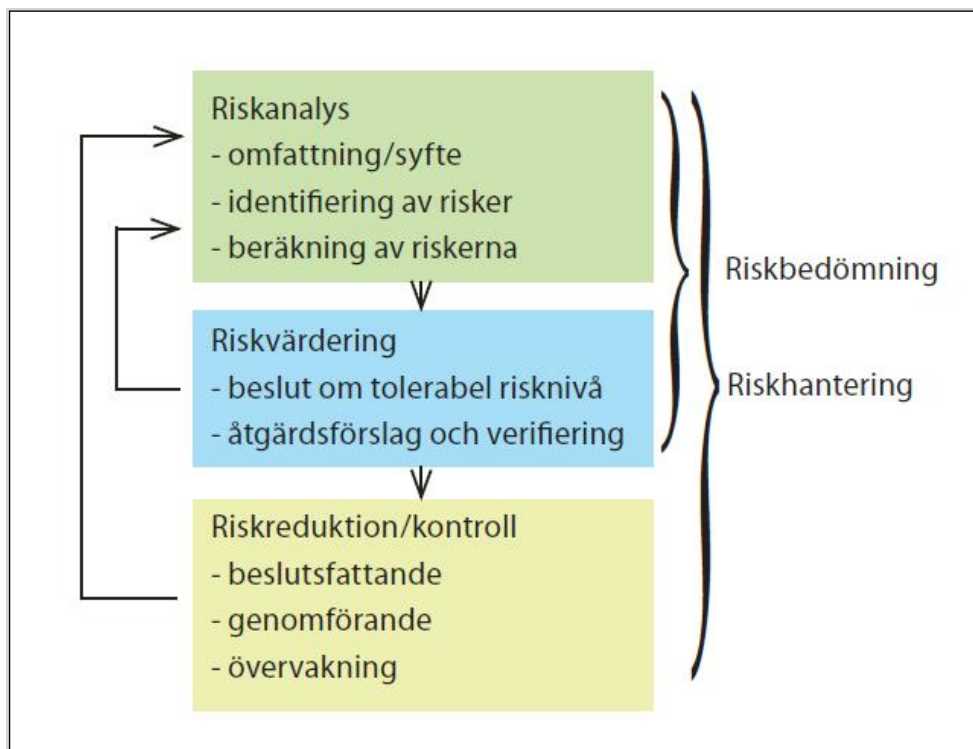
Figur 5. Riskkriterier omräknade till 140 meter enkelsidig bebyggelse.

3.3 Riskhantering

3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. 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 befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se figur 6 (Lst 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 6. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna ska värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

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.

3.3.2 ALARP-området

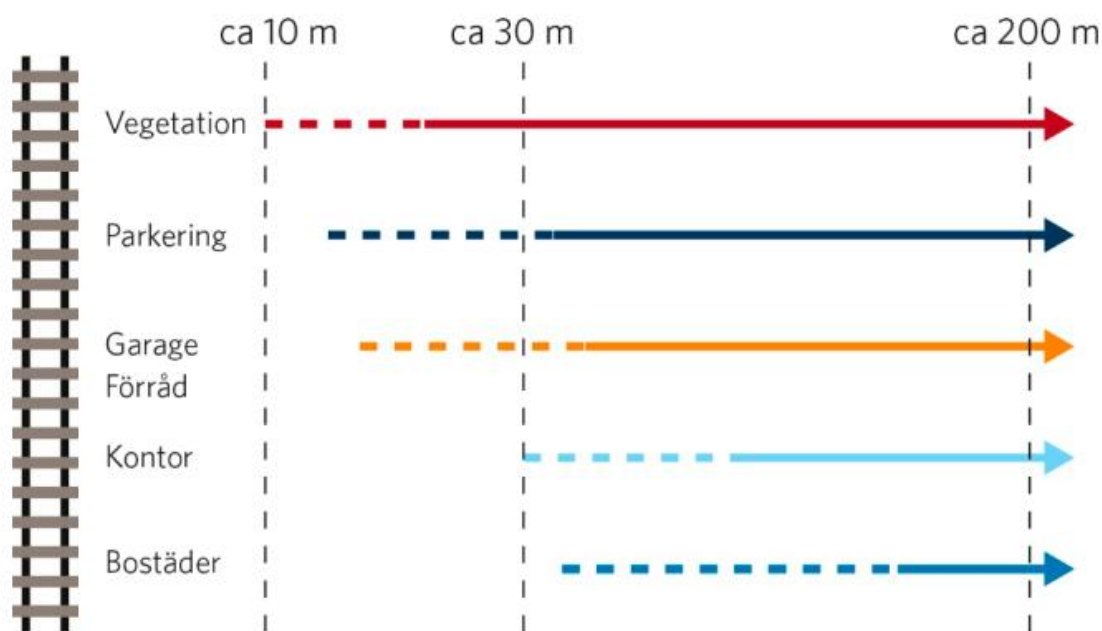
ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable. På svenska betyder detta att risknivån ska göras så lågt som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta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

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

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

3.4 Trafikverkets rekommendationer på säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg

Trafikverket anser generellt att ny bebyggelse inte bör tillåtas inom ett område av 30 meter från spårmittpå närmaste spår (Trafikverket 2020), se *figur 7*. Ett sådant avstånd ger utrymme för räddningsinsatser om det skulle ske en olycka, ökade möjligheter att underhålla järnvägen och bebyggelsen samt möjliggör en viss utveckling av järnvägsanläggningen.



Figur 7 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamhet (Trafikverket 2020).

Enligt *figur 7* kan parkering uppföras inom 15–30 meter från spårmittpå närmaste spår.

4 Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

Området kring Svanvik består i dagsläget av mestadels jordbruksmark med några befintliga bostäder varav de flesta är sommarbostäder, se *figur 8*. Områdets terräng är mestadels plan och Kinnekullebanan ligger på ungefär samma höjdnivå som den planerade exploateringsmarken. I framtiden planeras 23 nya bostäder inom Svanvik Etp Väster 1A. Byggnaderna planeras på ett närmsta avstånd på 30 meter från Kinnekullebanan. Ytan mellan bostäder och järnväg kan komma att inrymma markanvändning där människor inte vistas stadigvarande såsom förråd, garage samt parkering.



Figur 8. Ortofoto med markerat planområde

4.2 Antalet personer närvarande

Enligt statistik från statistiska centralbyrån (SCB 2018) så bor cirka 2,7 personer per småhus (småhus avser friliggande en- och tvåbostadshus samt par-, rad- och kedjehus). I området finns i dagsläget 1 permanentbostad samt 3 sommarbostäder. I framtiden planeras 23 nya småhus. I sommarbostäderna antas att personerna är närvarande i snitt 1/3 av året. Sammantaget beräknas 68 personer vara närvarande i området och delas upp i två områden enligt *figur 9* och *tabell 2*.



Figur 9. Indelning av planområdet

Tabell 2. Antal personer närvarande

Område i figur 9	Antal småhus	Antal sommarbostäder	Totalt antal personer
1	0	3	3
2	24	0	65

På natten bedöms alla boenden i området vara närvarande. På dagtid antas hälften av dessa vara närvarande. Av dagbefolkningen antas ca 7 % befinna sig utomhus. Av nattbefolkningen antas ca 1 % vara utomhus.

I osäkerhetsanalysen beräknas konsekvenserna av om 25 % fler personer är på plats i området.

4.3 Kinnekullebanan

Transporterade mängder farligt gods på Kinnekullebanan hämtas från en tidigare utredning (Norconsult 2016). I den anges att det inte sker några farligt godstransporter i nuläget. En eventuell framtida upprustning av Kinnekullebanan kan dock ändra på det. I nuvarande basprognos för år 2040 anges inga godståg (Trafikverket 2021:1), men tidigare basprognoser från 2016 och 2018 anger 1 godståg per dag. För att vara konservativ i bedömningarna har därför 1 godståg per dag används i beräkningarna.

Den prognosticerade längden för godstågen är 250 meter vilket innebär att varje tåg består av i snitt 12 godsvagnar och lok. Det innebär att cirka 4 200 godsvagnar förväntas passera planområdet år 2040.

För att få en uppfattning om vad detta kan innebära avseende transporter av farligt gods används det nationella genomsnittet för andelen farligt gods av den totala mängden godstransporter. Detta räknas ut med stöd av siffror från TRAFAs som varje år samlar in nationell statistik för godstransporter i Sverige (TRAFAs 2020). Utifrån denna statistik beräknas andelen farligt gods vara cirka 7 % av totala antalet godstransporter. Detta innebär ca 300 tågsvagnar per år med farligt gods förbi planområdet. Även indelningen av farligt gods i RID-klasser kan göras utifrån TRAFAs statistik, se *tabell 3*.

Tabell 3 Antaget antal transporter av farligt gods i olika klasser år 2040.

Klass	Andel	Antal transporter 2040
1 Explosiva ämnen	0,01 %	0,01
2.1 Brandfarliga gaser	15,5 %	46
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0,5 %	1,6
2.3 Giftiga gaser	5,5 %	16
3 Brandfarliga vätskor	23 %	68
4 Brandfarliga fasta ämnen	4 %	15
5 Oxiderande ämnen	29 %	85
6 Giftiga ämnen m m	2 %	7
7 Radioaktiva ämnen	0 %	0
8 Frätande ämnen	19 %	57
9 Övriga farliga ämnen	1 %	2
Totalt		298

För klass 3 har antagits att ca 75 % av transporterade mängder består av mycket brandfarliga vätskor som exempelvis bensin (ÖSA 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se *tabell 4*.

Tabell 4 Farligt gods på Kinnekullebanan 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal vagnar 2040
1.1 Massexplösiva ämnen	0,01
2.1 Brandfarliga gaser	46
2.3 Giftiga gaser	16
3. Mycket brandfarliga vätskor	51
5. Oxiderande ämnen med explosionsrisk	28

4.4 Sannolikhet för olyckor

Största tillåtna hastighet på Kinnekullebanan förbi planområdet är 100 km/h (Trafikverket 2021:2). Sannolikheten för olyckor på den aktuella sträckan av Kinnekullebanan har beräknats med Trafikverket beräkningsmodell (Banverket 2001) till $6,1 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningarna har hänsyn tagits till en plankorsning med bommar. Beräkningarna presenteras mer detaljerat i *bilaga 1*.

4.5 Riksväg 44

Riksväg 44 är en rekommenderad primärväg för transport av farligt gods. Vägen ligger på ett avstånd på 850 meter från planområdet. Detta avstånd bedöms vara tillräckligt för att riskerna från transportleden inte ska påverka riskbilden för området. Riksväg 44 behandlas därför inte vidare i riskanalysen.

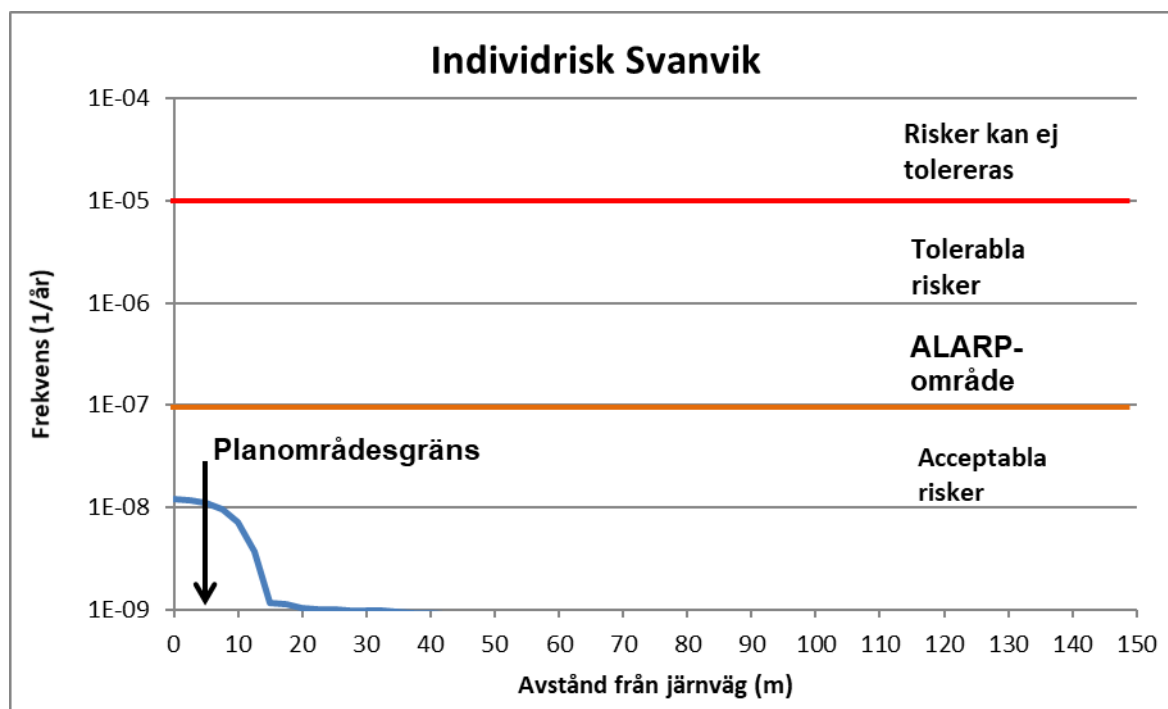
5 Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individ- och samhällsrisk utan skyddsåtgärder för transporter av farlig gods på Kinnekullebanan. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods och antal personer närvarande i området ökas med 25 %. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området har redovisats i *kapitel 4*.

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

5.1 Individrisk

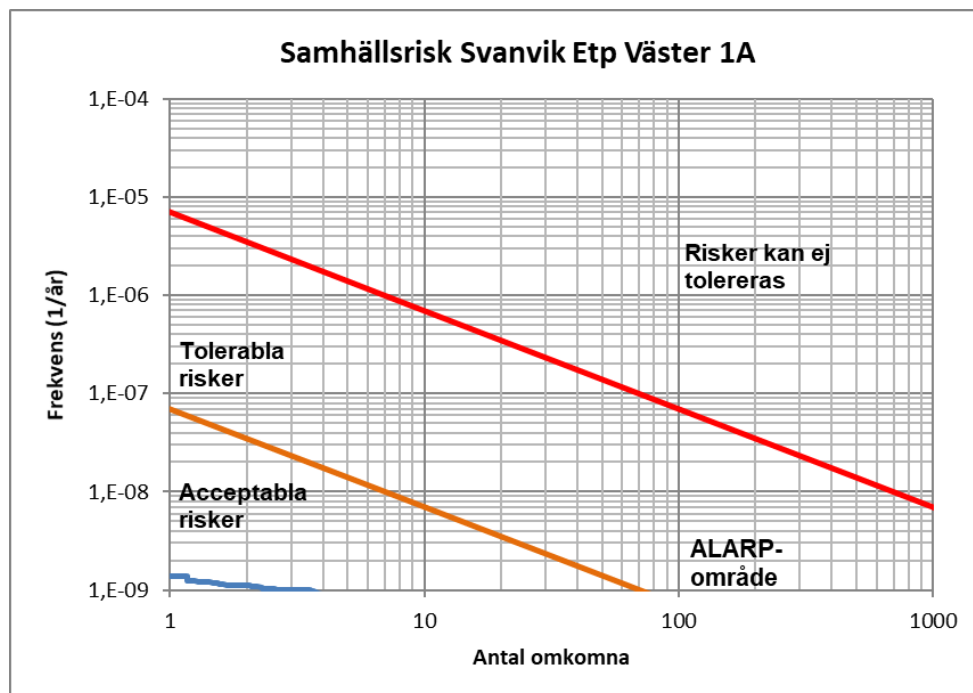
I *figur 10* visas individrisken i området på grund av farligt gods på Kinnekullebanan. Individrisken i det utredda området beräknas vara på en acceptabel nivå.



Figur 10. Individrisken vid planområdet längs Kinnekullebanan

5.2 Samhällsrisk

I *figur 11* visas samhällsriskerna inom området och av figuren framgår att risknivån ligger inom området för acceptabla risker.



Figur 11. Samhällsrisiken från Kinnekullebanan för det planerade området.

5.3 Osäkerhetsanalys

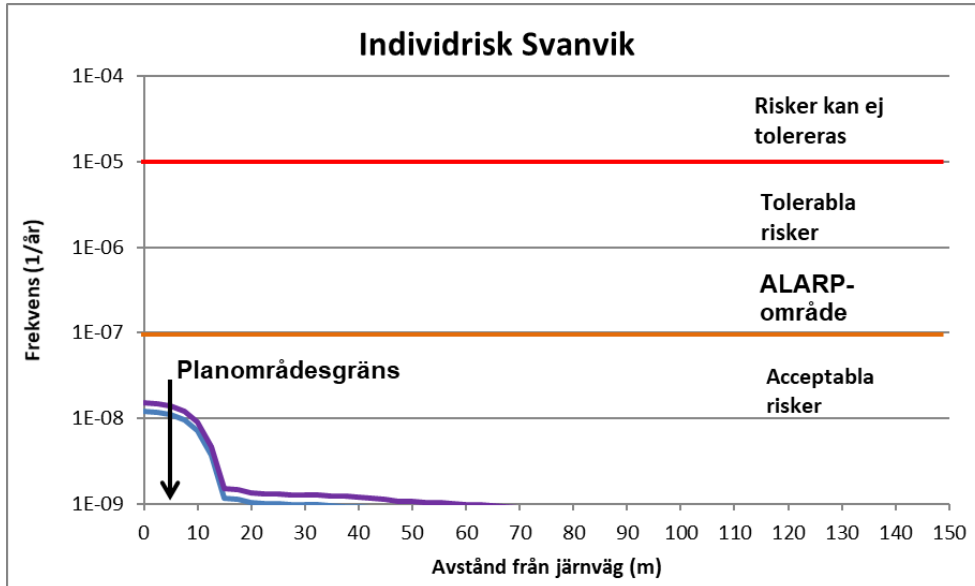
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av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

Osäkerhetsanalysen studerar vilka resulterande risknivåer det blir om antal transporter av farligt gods ökas med 25 %.

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

5.3.1 Individrisk

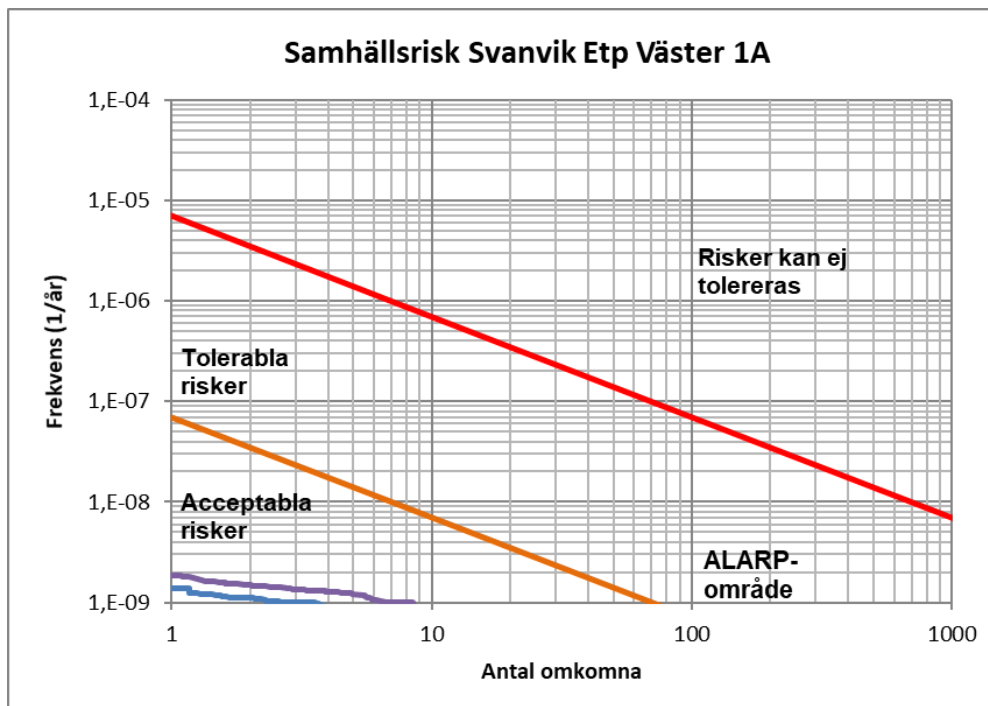
Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods och personer på plats i området presenteras i figur 12.



Figur 12. Osäkerhetsanalysen på individrisken. Resultat från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

5.3.2 Samhällsrisk

Figur 13 visar osäkerhetsanalysen för samhällsrisk och enligt beräkningarna ökar risken men är kvar i det området där risker är acceptabla.

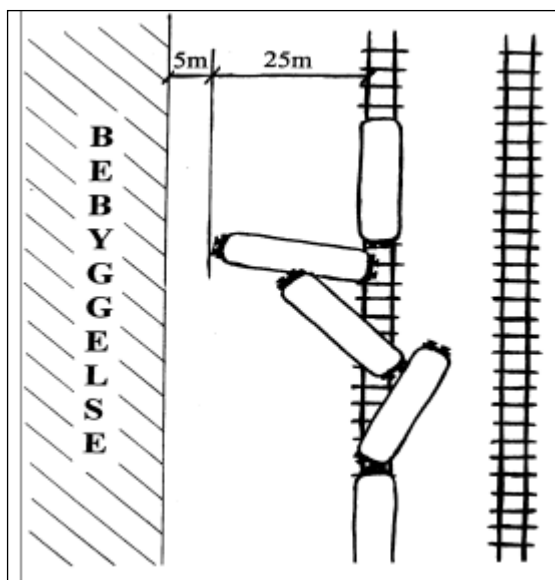


Figur 13. Osäkerhetsanalysen på samhällsrisk. Resultaten från osäkerhetsanalysen visas med lila linje, ursprunglig beräkning visas med blå linje.

5.4 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan inträffa. I det första förloppet spårar tåget ut utan att några tågvagnar viker sig på ett betydande sätt. Hastigheten som tåget har när det spårar ut har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig och huvudsakligen rör sig tåget i den färdriktning som tåget har vid urspårning. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med $v^2/80$ där v är tåghastigheten. Längsta avståndet som tågdelar förväntas hamna från spåret är lika med $v^{0,55}$ (IUR 2003). Den maximalt tillåtna tåghastigheten förbi området är 100 km/h (Trafikverket 2021:2). Detta innebär att tåget kan spåra ut över ett avstånd på cirka 125 meter och nå som längst cirka 13 meter från spåret.

Det andra händelseförlopp som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågvagnarna viker sig som ett dragspel, se *figur 14*.



Figur 14 Urspårning av tåg där tågdelar viker sig (Lst, ABC-län 2000).

Delar av tåget kan hamna på 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 (Banverket 2001) är fördelningen mellan avståndet från spåret som tågdelar kan hamna enligt *tabell 5*.

Tabell 5. Sannolikhet för olika avstånd från spår vid urspårning.

Alla hastigheter, källa 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%

6 Diskussion och slutsats

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna förbi planområdet är inom det område där risknivåerna är acceptabla. Även osäkerhetsanalysen, där antal transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i planområdet ökas med 25 %, visar att risknivåerna ligger kvar inom området med acceptabla risker.

Även om risknivåerna från transporter av farligt gods beräknas vara låga så rekommenderas ändå vissa mindre och enklare skyddsåtgärder genomföras på ny bebyggelse inom 150 meter från Kinnekullebanan. Förslag till skyddsåtgärder på ny bebyggelse:

- Ventilation bör placeras högt och vänd bort från Kinnekullebanan
- Utrymningsväg som ej vetter direkt mot Kinnekullebanan bör finnas.

Gällande urspårning visar tillgänglig statistik och beräkningsmetoder att det är osannolikt att tågdelar vid en urspårning hamnar på ett avstånd längre än 30 meter från spårmittpunkt vid aktuella tillåtna tåghastigheter. Detta innebär att urspårning ej bör påverka bebyggelse inom detaljplanen då avståndet är cirka 30 meter mellan närmaste räil och bebyggelse. Sannolikheten för att urspårning påverkar förråd, cykelförråd, garage samt parkering som ligger 15–30 meter från spårmittpunkt på Kinnekullebanan är också liten vid aktuella tillåtna tåghastigheter. Viss risk för stensprut från passerande tåg kan dock förekomma varför ett eventuellt skydd mot detta mellan räils och parkerade bilar bör studeras vidare.

7 Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
IUR 2003	International Union of Railways, (2002). Structures Built over Railway Lines Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition. International Union of Railways.
Lst AB-län 2000	Risikanalys vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, rapport 2000:1, 2000
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Norconsult 2016	Risikanalys av transport av farligt gods – Mariestads centrum. Norconsult 2016-12-20
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SCB 2018	Vanligast för barn att bo i småhus. SCB, 2018-04-19. Hämtad från: Vanligast för barn att bo i småhus (scb.se) (2021-11-26)
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997
TRAFIFA 2020	Bantrafik 2019, publiceringsdatum 2020-06-15, Trafikanalys, Sveriges officiella statistik
Trafikverket 2020	Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen. Publ. 2020:078
Trafikverket 2021:1	Trafikuppgift järnväg T21 och bullerprognos 2040. Hämtad 2021-11-24
Trafikverket 2021:2	Uttag ur nationell järnvägdatabas NJDB, https://njdbwebb.trafikverket.se/ Hämtad 2021-11-24.
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004

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

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	6
2.1	Händelseträd från RBM II	6
2.1.1	Klass 2.1	6
2.1.2	Klass 2.3	7
2.1.3	Klass 3	8
2.2	Klass 1	9
2.3	Klass 5.1	11
3	Konsekvenser av scenario	14
3.1	Klass 1	16
3.1.1	Skador på bebyggelsen	17
3.1.2	Skador utomhus	17
3.2	Klass 5.1	18
3.3	Individrisk	19
	Referenser	20

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 händelsetråd
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

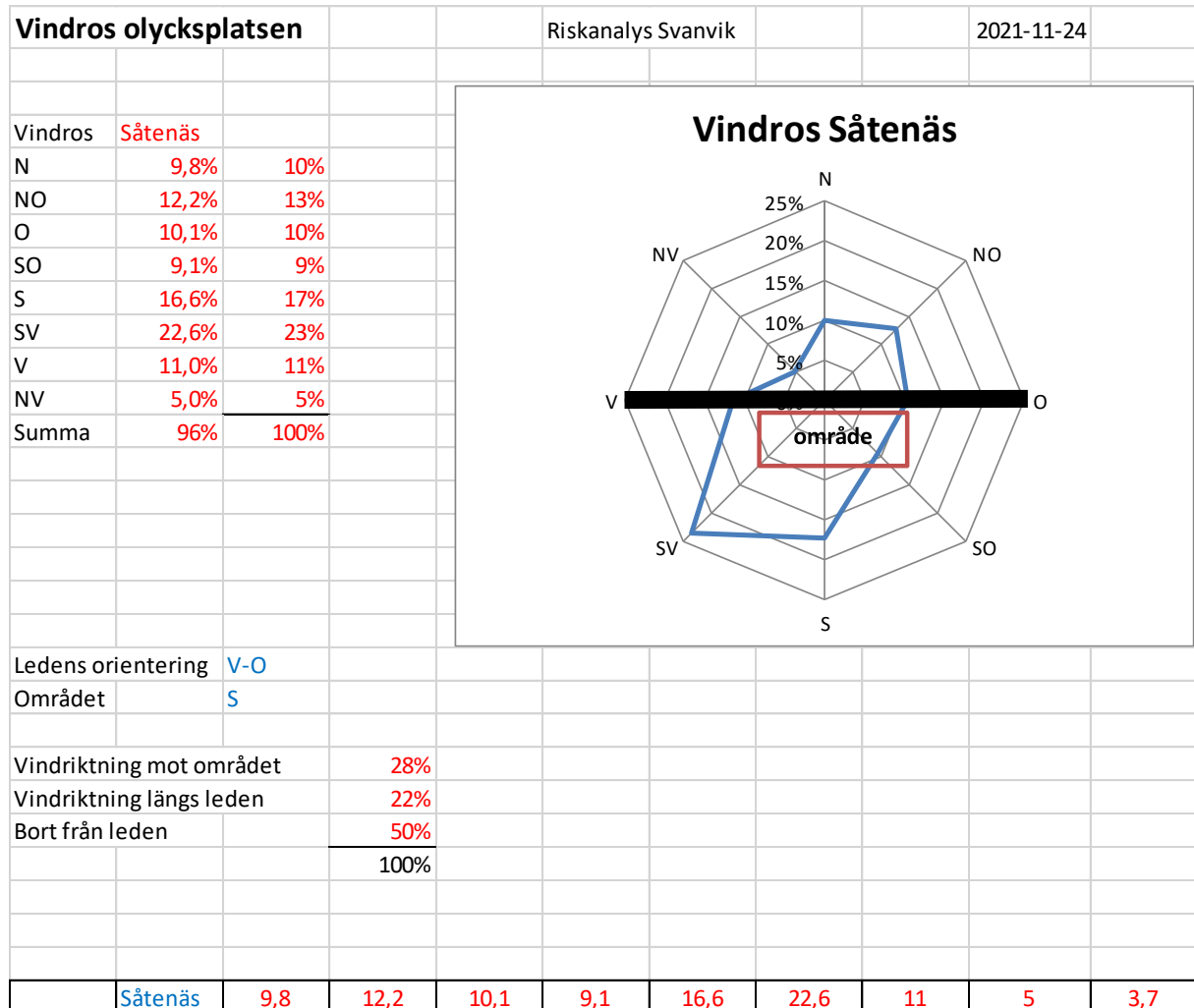
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår i *figur 1*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Kinnekullebanan 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		Uppdragsnamn:	Riskanalys Svanvik	2021-11-24	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5					
Ingångsdata					
Sträcka	1 km	Färgernas betydelse:		Fylls i	
Vagnaxel/vagn	2,75			Standard	
Tåglängd	108 m			Beräknas	
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	1				
Persontåg/dag	23				
Pendeltåg/dag	0				
Antal vagnar/tåg	5,4				
Antal tåg/dag	24				
Antal tåg/år	8760				
Antal tåg/v	168				
Antal växlar	0				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	2				
Plankorsn. Kryss	2				
Vagnaxelkm/år	1,3E+05				
Vagnkm	4,7E+04				
Beräkning olycksrisken					
		Intensitet		Frekvens	
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	6,5E-06	1,3E-05
Solkuva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	5,2E-05	5,2E-05
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	0,0E+00	0,0E+00
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	4,0E-04	4,0E-04
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	5,2E-05	5,2E-05
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	2,6E-04	2,6E-04
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	3,5E-04	3,5E-04
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	1,7E-03	1,7E-03
Summa	Olyckor per år/km			2,9E-03	3,1E-03
Antal tågkm/år				8,8E+03	8,8E+03
Olyckor per tågkm, år				3,3E-07	3,5E-07
Antal vagnkm/år				4,7E+04	4,7E+04
Olyckor per vagnkm, år				6,1E-08	6,5E-08
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km, år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km, år
Klass 1, masseexplosiv	0,01	0,0	2,1E-10	0,0	6,4E-10
Klass 2.1	46,0	11,5	7,0E-07	34,5	2,1E-06
Klass 2.3	16,0	4,0	2,4E-07	12,0	7,3E-07
Klass 3, bensin	51,3	12,8	7,8E-07	38,5	2,3E-06
Klass 5.1, explosionsrisk	27,9	7,0	4,2E-07	20,9	1,3E-06
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	365				
andel m bensinvagnar	14%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	30	5	m		
Bredd på hus första raden	80		m		
Områdets längd längs leden	140		m		

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

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



Figur 2. Vindros för planområdet.

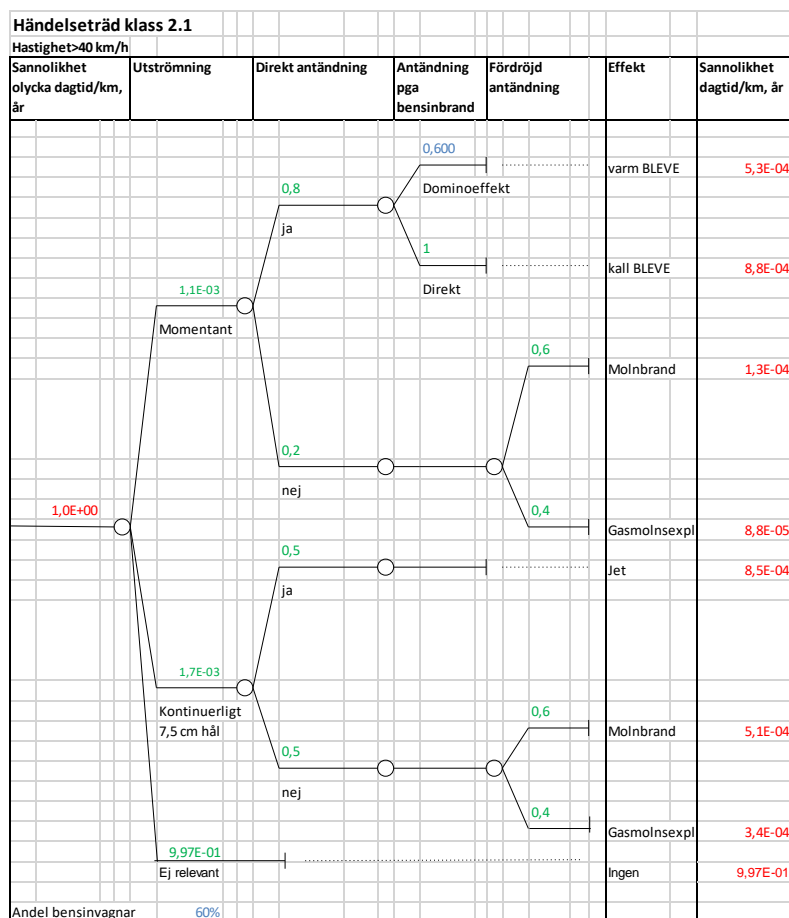
2 Händelseträäd

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

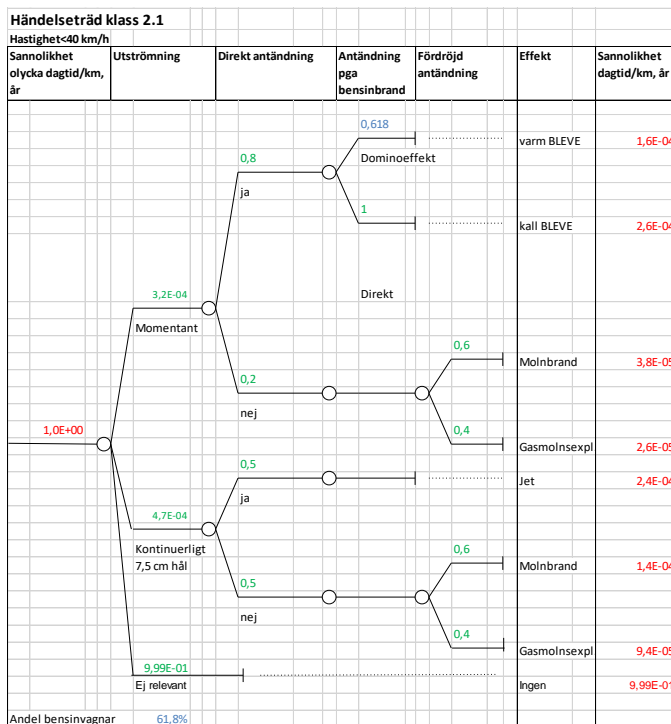
2.1 Händelseträäd från RBM II

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

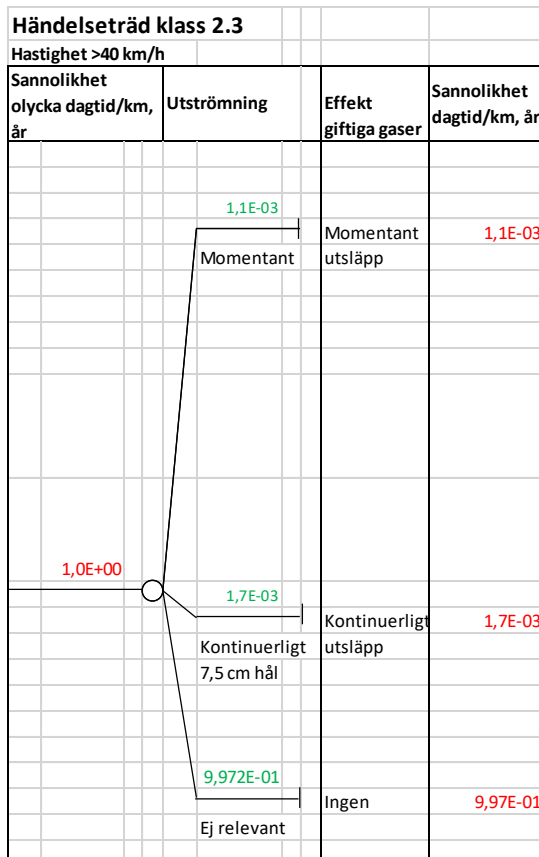


Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas, tågastighet över 40 km/h



Figur 4. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tågastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3



Figur 5. Händelseträd för olycka giftiga gaser, tågastigheter över 40 km/h

Händelseträäd klass 2.3				
Hastighet <40 km/h				
Sannolikhet olycka dagtid/km, år	Utströmning	Effekt giftiga gaser	Sannolikhet dagtid/km, år	
1,0E+00	3,2E-04 Momentant	Momentant utsläpp	3,2E-04	
	4,7E-04 Kontinuerligt 7,5 cm hål	Kontinuerligt utsläpp	4,7E-04	
	9,992E-01 Ej relevant	Ingen	9,99E-01	

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

2.1.3 Klass 3

Händelseträäd klass 3					
Hastighet >40 km/h					
Sannolikhet olycka dagtid/ km, år	Utströmning	Antändning	Effekt	Sannolikhet dagtid/ km, år	
1,0E+00	0,220 Stor	0,25 Direkt	Pölbrand 600 m ²	5,5E-02	
		0,75 Ingen	Ingen	1,7E-01	
	0,340 Liten	0,25 Direkt	Pölbrand 300 m ²	8,5E-02	
		0,75 Ingen	Ingen	2,6E-01	
	0,440 Ej relevant			Ingen	4,4E-01

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

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

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

2.2 Klass 1

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

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

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

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

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

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

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

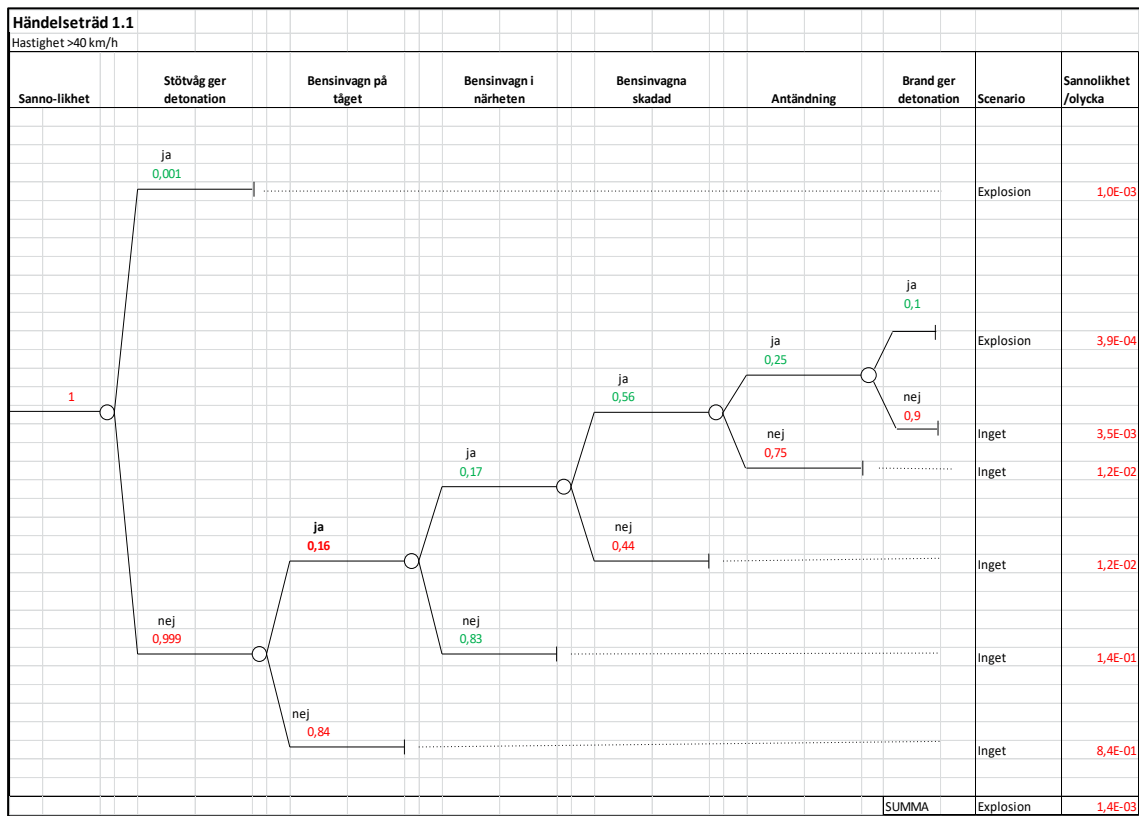
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

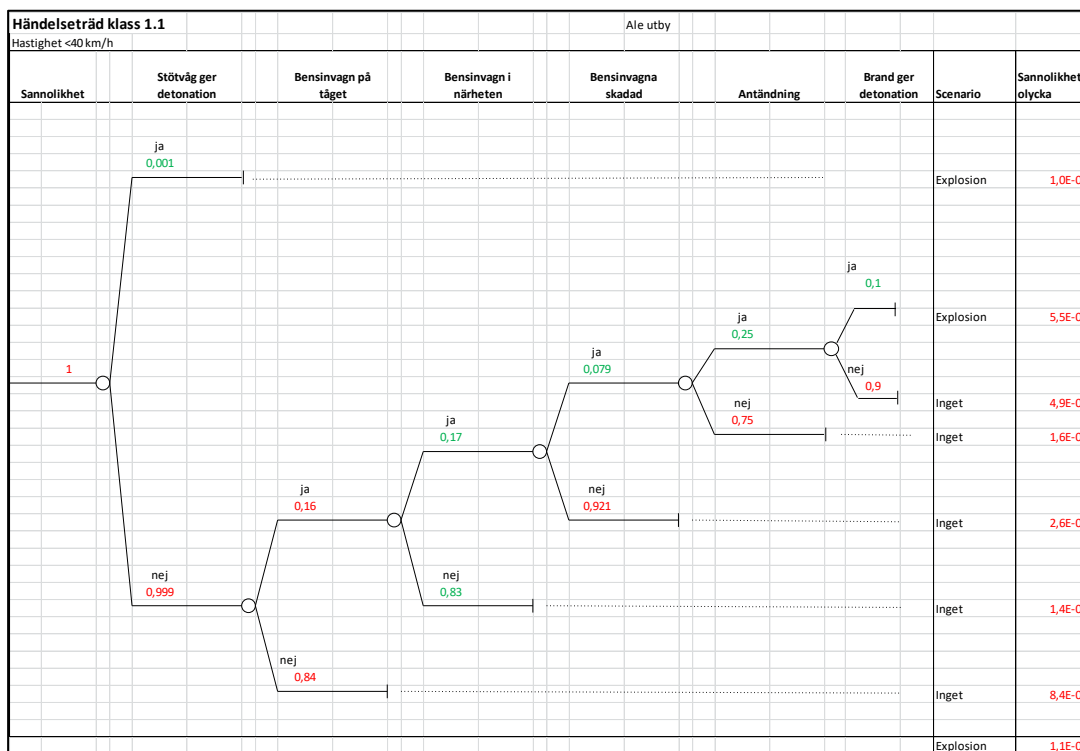
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

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

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



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



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

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

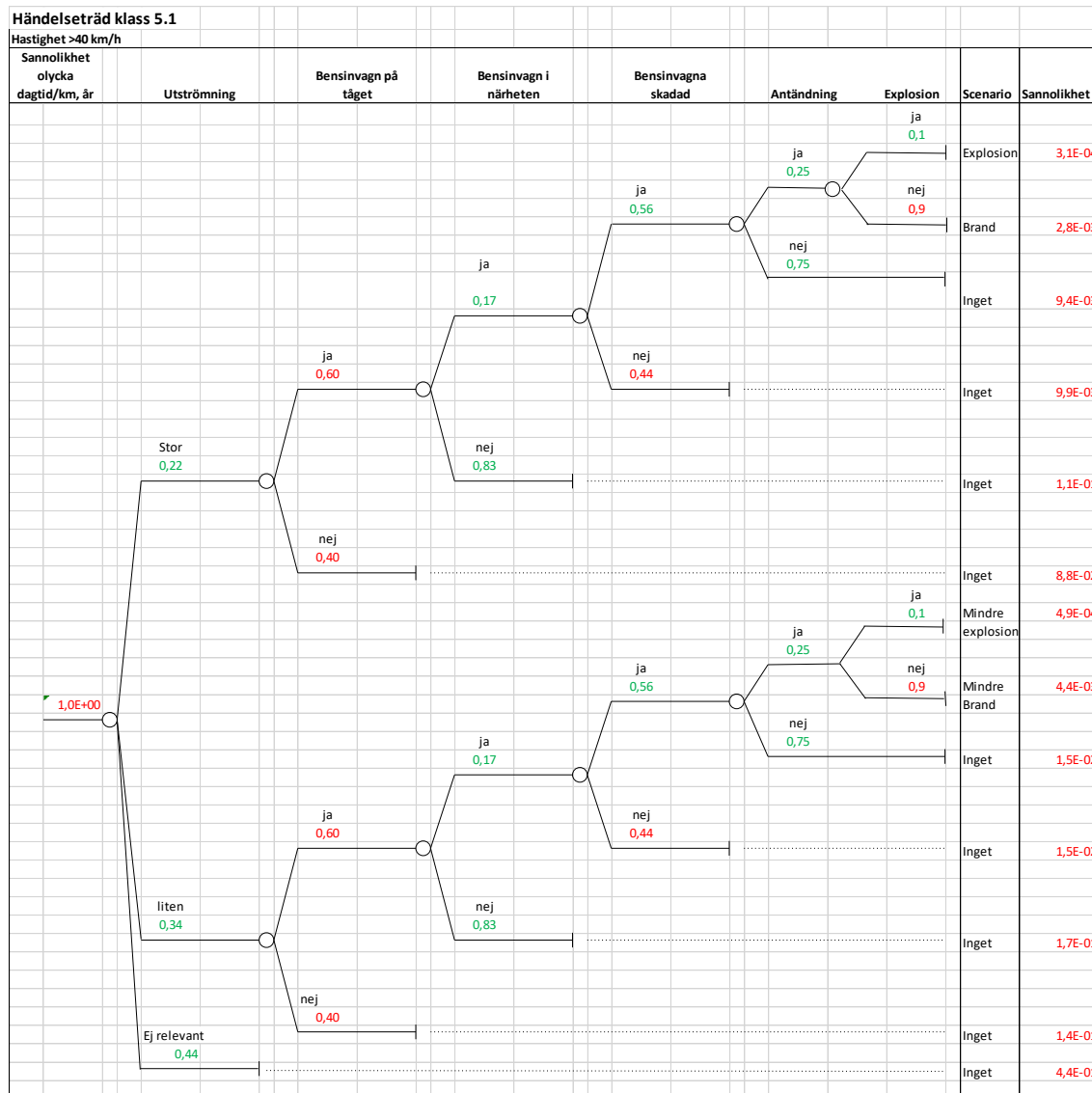
2.3 Klass 5.1

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

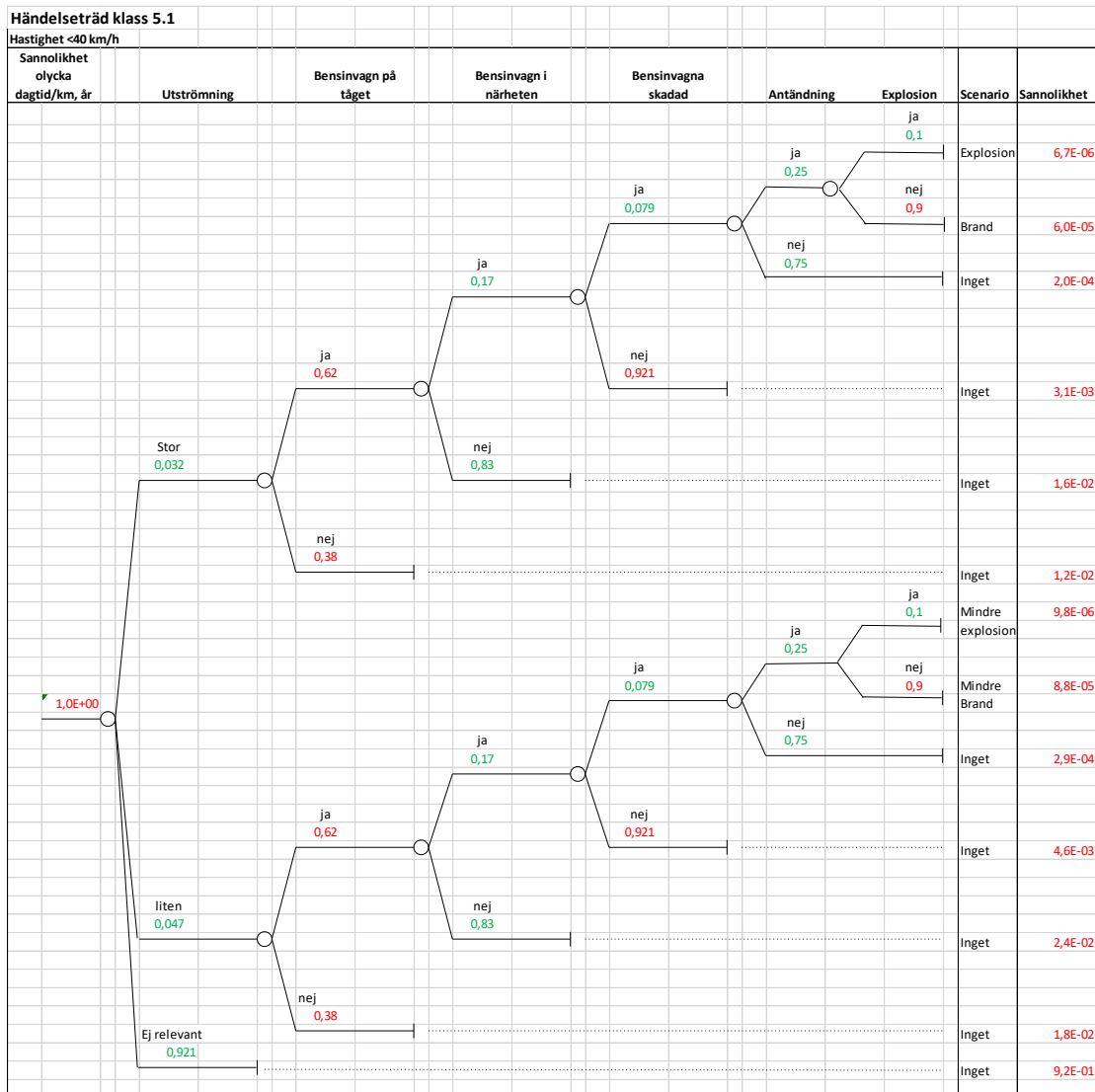
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensin och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Det måste finnas en tankvagn med bensin 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. Händelseträäd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

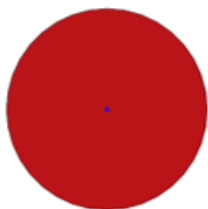
3 Konsekvenser av scenario

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

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

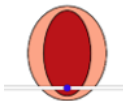
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i figur 13. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden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



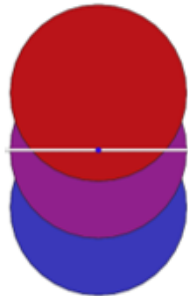
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



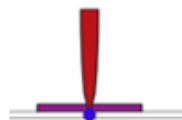
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längden)	47 meter	52,6 meter
Minor axis (halva bredden)	23 meter	45,9 meter
Avstånd centrum	39 meter	39 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



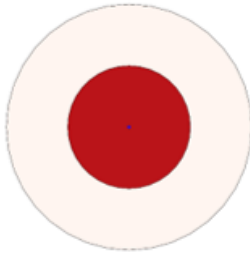
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



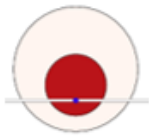
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



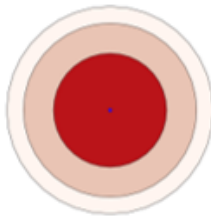
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



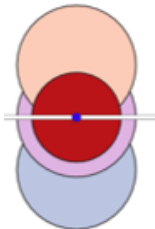
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



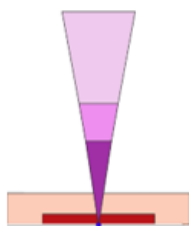
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



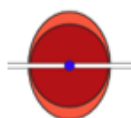
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

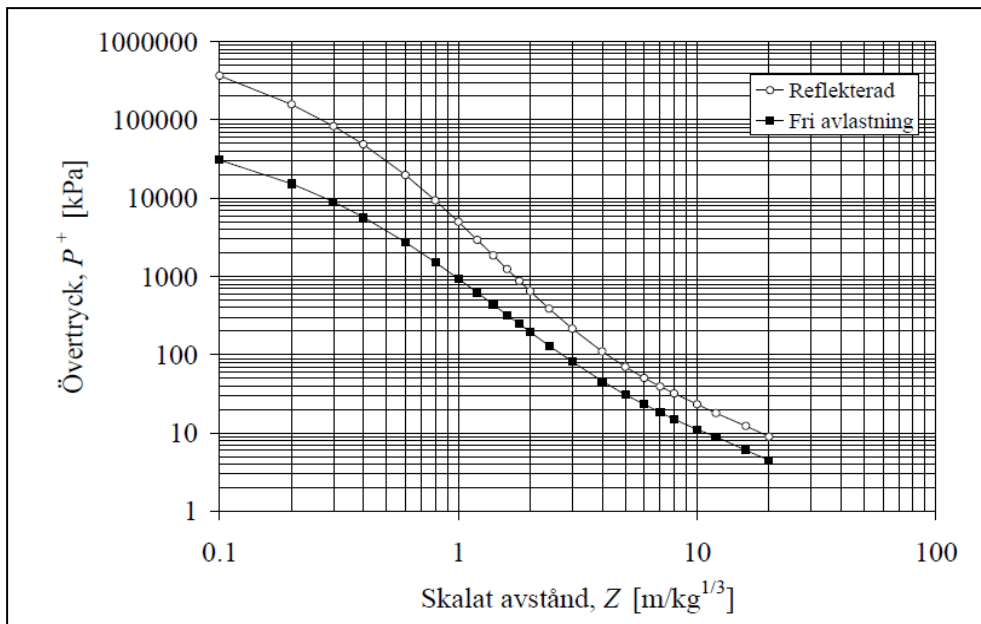
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

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. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

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

3.1.1 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 järnvägen

3.1.2 Skador utomhus

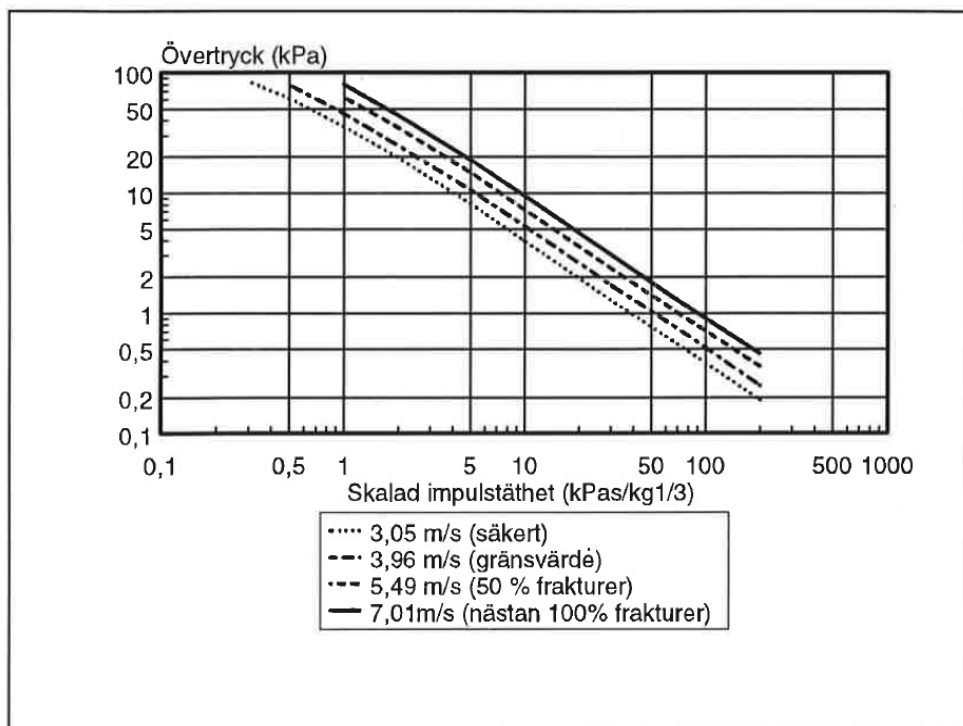
Direkta skador pga. tryck

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 15* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



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

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

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

3.2 Klass 5.1

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

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

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

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

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 2,5 meters mellanrum.

Referenser

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