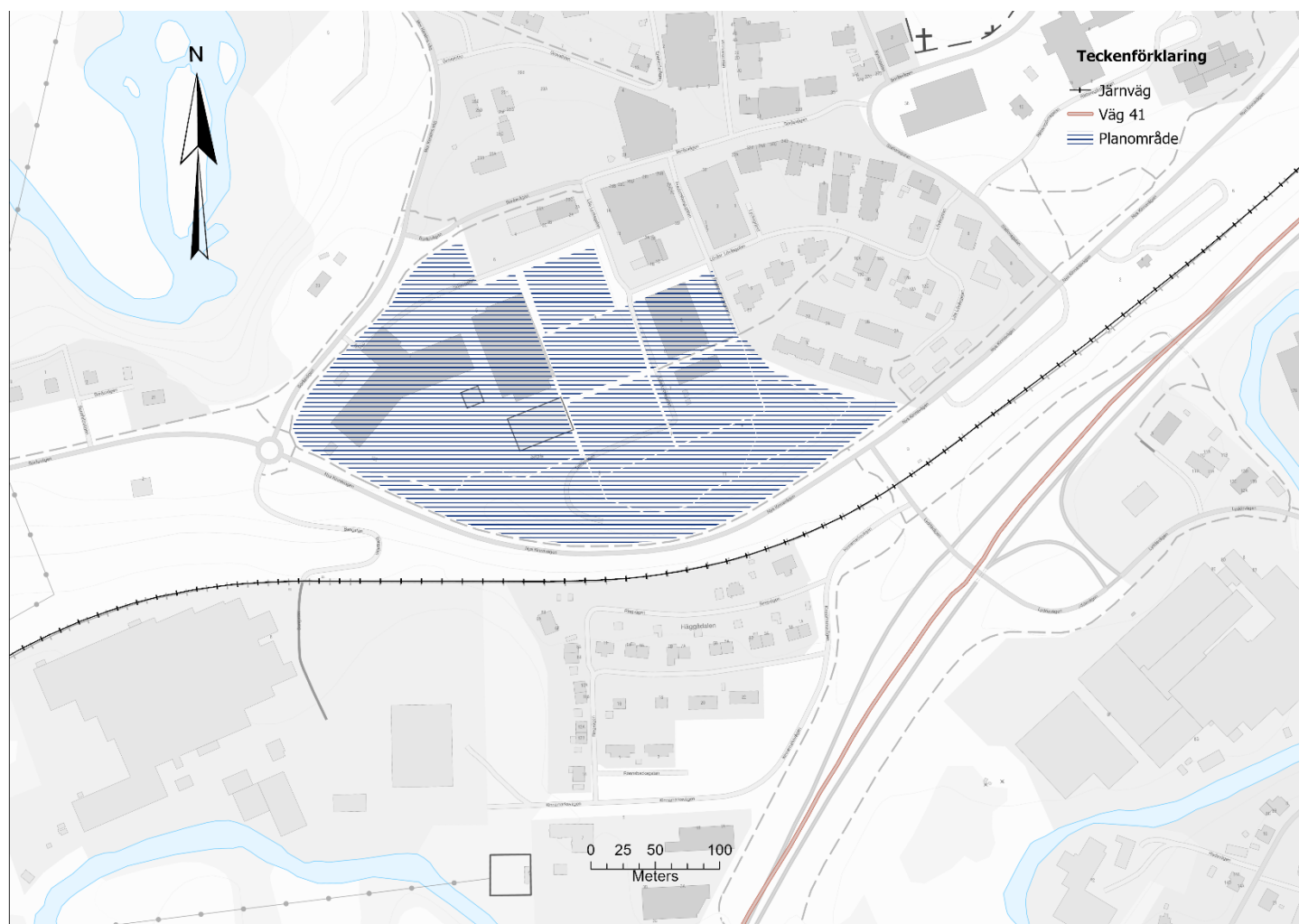


Riskutredning kv. Folkskolan

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 1087403 Version: 0.9 Datum: 2023-10-02



Uppdragsgivare: Marks kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Lars Jönsson
Konsult: Norconsult Sverige AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Hannah Wendin

0.9	2023-10-02	Externgranskning	Hannah Wedin, Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.8	2023-09-20	Interngranskning	Hannah Wendin, 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

Marks kommun arbetar med att ta fram en ny detaljplan för kv. Folkskolan som innefattar bostäder, skol- och förskoleverksamhet, idrottshall samt parkeringshus i Kinna. Området ligger inom 150 meter från Viskadalsbanan och väg 41 som är utpekade transportled för farligt gods. Sydväst om planområdet ligger textilverksamheten Ludvig Svensson AB som förvarar mindre mängder gasol på fastigheten. Därmed har en riskutredning kopplat till planområdet genomförts.

Riskberäkningarna från både väg 41 och Viskadalsbanan visar att individrisken är på acceptabla nivåer för planområdet både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Samhällsrisken hamnar också i området för acceptabla risker både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen. Med avseende på topografin där riskkällorna är på en lägre höjdnivå än själva planområdet är det troligt att en del scenarion ger utslag på lägre risknivåer än vad som visas i resultatet.

Jämfört med översiktlig riskanalys för Marks kommun är det bara naturområdet, förskolan och ett bostadsområde av fem som ligger delvis inom rekommenderade skyddsavstånd från Viskadalsbanan. Alla områden ligger bortom rekommenderade skyddsavstånd från väg 41.

Risiknivån i den översiktliga riskanalysen baseras på att ett antal generella skyddsåtgärder vidtas, vilka även föreslås att vidtas för kv. Folkskolan. Sammanfattningsvis innebär skyddsåtgärderna följande:

- Områden inom 30 meter från Viskadalsbanan ska vara bebyggelsefritt och inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus.
- Områden inom 30–50 meter från Viskadalsbanan ska ha utrymning bort från leden.
- Bebyggelse inom 30–100 meter ska ha friskluftsintag placerade minst 8 meter ovanför leden eller på byggnadens tak samt vara vänt bort från leden. Höjdmätning sker från riskkällans nivå.
- Förskolans friskluftsintag bör vara centralt avstängningsbar.

Gällande riskerna från textilverksamheten Ludvig Svensson AB visar en tidigare genomförd riskutredning att dimensionerande olycksscenario är BLEVE. Denna olycka kan leda till omkomna eller ger mycket allvarliga skador på upp till cirka 475 meters avstånd från gasoltanken. Åtgärder har genomförts kring cisternerna för att minska risken för allvarliga konsekvenser vid en olycka. Ytterligare åtgärder som föreslås på tillkommande bebyggelse inom 500 meter från närmaste cistern är följande:

- Utrymning ska vara möjlig bort från Ludvig Svensson AB:s verksamhet.
- Byggnaderna ska vara utförda i svårantändligt material (ej trä).

► Innehåll

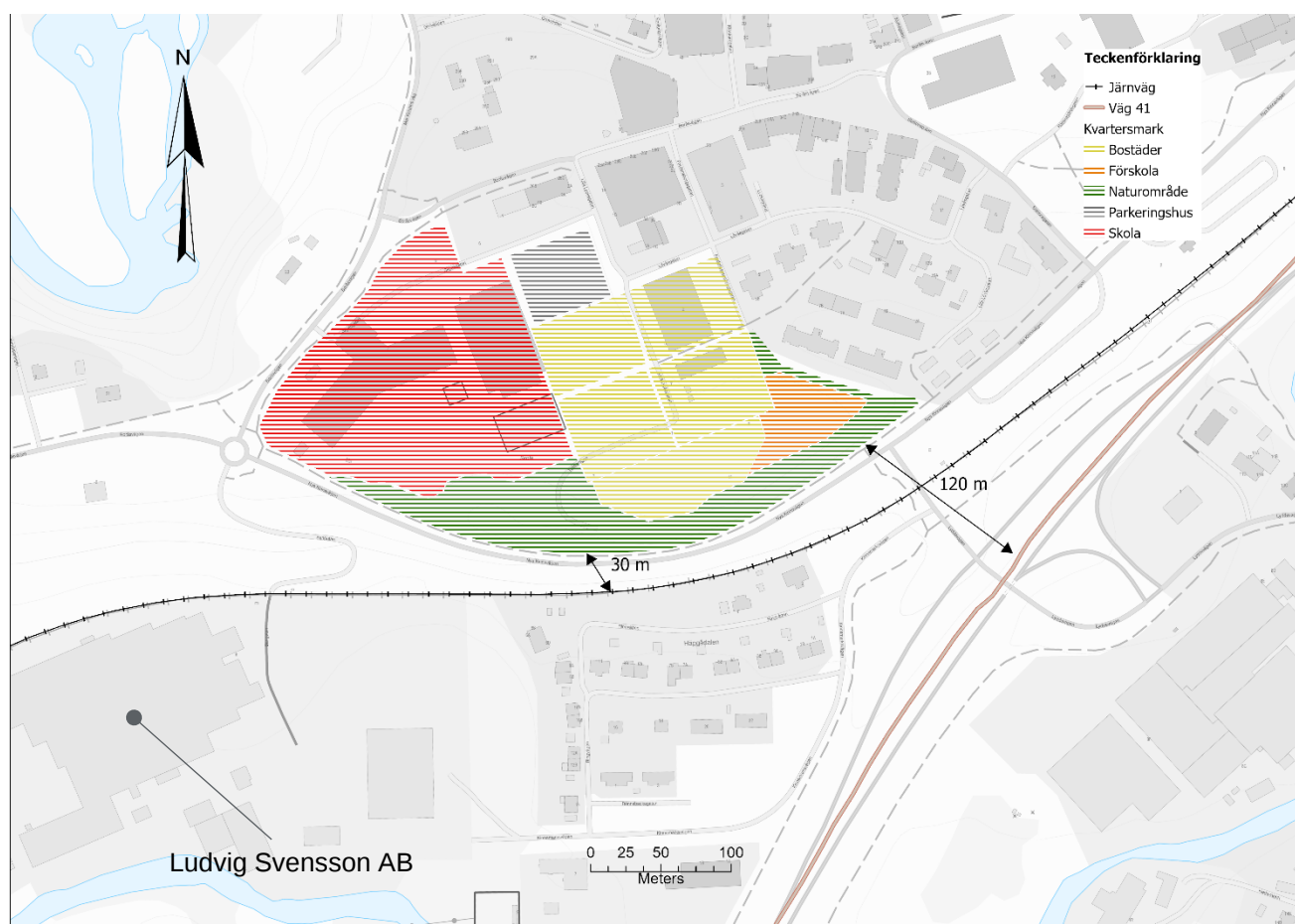
1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	6
1.2	Avgränsningar	6
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	7
2.1	Vad är risker?	7
2.2	Riskhantering	8
2.3	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
2.4	Översiktlig riskutredning Marks kommun	12
3	Risker med transport av farligt gods	13
3.1	Typer av farligt gods	13
3.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	13
4	Områdesbeskrivning	15
4.1	Området	15
4.2	Planerad bebyggelse	16
4.3	Antalet personer närvarande	16
5	Riskidentifiering	18
5.1	Väg 41	18
5.2	Viskadalsbanan	20
6	Riskanalys och riskvärdering	23
6.1	Individrisk	23
6.2	Samhällsrisk	25
6.3	Osäkerhetsanalys	28
7	Skyddsavstånd Ludvig Svensson AB	31
7.1	Dimensionerande olycksscenario	31
7.2	Skyddsåtgärder och rekommendationer	32
8	Diskussion och slutsats	33
9	Referenser	34
	Bilaga 1 – Beräkningar av risker transport av farligt gods på väg	
	Bilaga 2 – Beräkningar av risker transport av farligt gods på järnväg	

1 Inledning

Marks kommun arbetar med att ta fram en ny detaljplan för bostäder, skol- och förskoleverksamhet, idrottshall samt parkeringshus i Kinna, se Figur 1. Planen syftar till att uppdatera befintlig plan för att reglera för kommunala anläggningar (skola och parkeringshus) som uppförs under planprocessen (Marks kommun, 2022). Vidare syftar även planen till att ge byggrätt för en ny del av tätorten som rymmer bostäder och kommunal service (förskola). Avsikten är att stärka kundunderlaget för handeln i centrum och att ge närhet till kollektivtrafik och service för att ge möjliggöra ett förhållandevis lågt bilinnehav.

Området angränsar i söder till Viskadalsbanan där transport av farligt gods kan ske, exempelvis genom omledning av godstrafik från Västkustbanan. Väg 41 är också belägen i nära anslutning (<150 meter) till planområdet och är en utpekad primär transportled för farligt gods, se Figur 1.

Sydväst om planområdet ligger textilverksamheten Ludvig Svensson AB som förvarar mindre mängder gasol på fastigheten. I samband med ombyggnationen av Lyckeskolan genomförde Norconsult (2016) en utredning för riskerna från verksamheten till skolan och tre tilltänkta områden för bostäder. Denna riskutredning genomför en kvalitativ bedömning av riskerna utifrån den tidigare utredningen i kapitel 7.



Figur 1. Karta med planområde för ny planerad bebyggelse i relation till utpekade transportleder för farligt gods (Esri, 2023).

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

1.1 Syfte och mål

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

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

1.2 Avgränsningar

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

Riskutredningen kommer även avgränsas till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen. Resultatet kommer redovisas utifrån prognosår 2040 utifrån Trafikverkets (2023) prognoser och generella trafikuppräkningsstal.

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

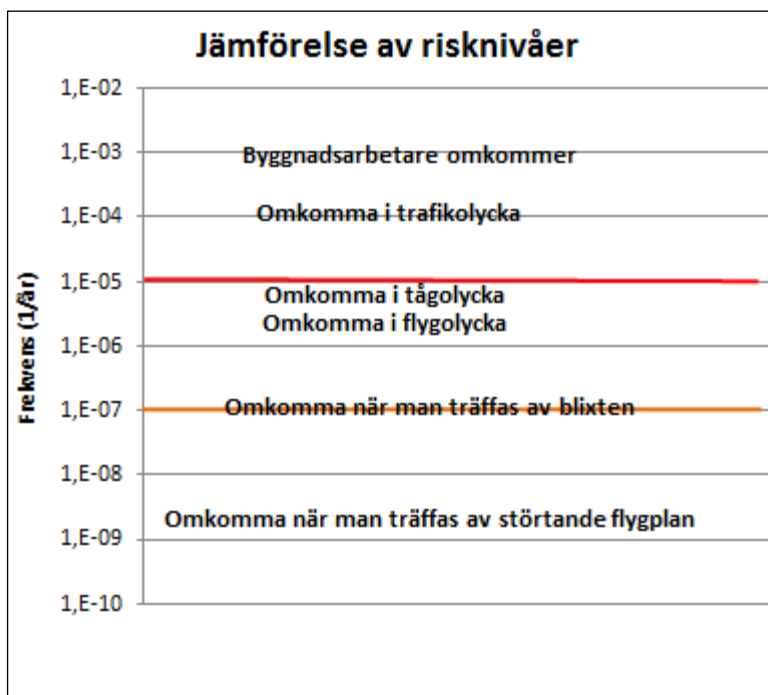
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. I kapitlet beskrivs även processen för riskhantering.

2.1 Vad är risker?

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

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

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



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

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

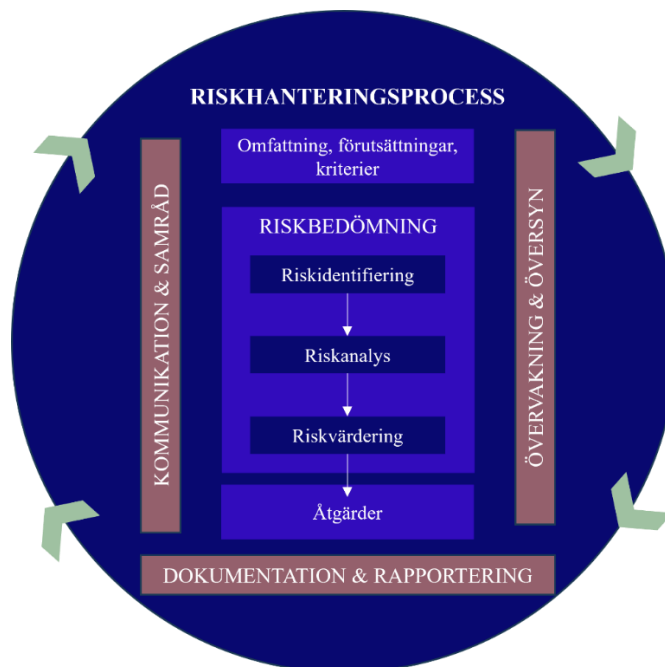
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled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

2.2 Riskhantering

2.2.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

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

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



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

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

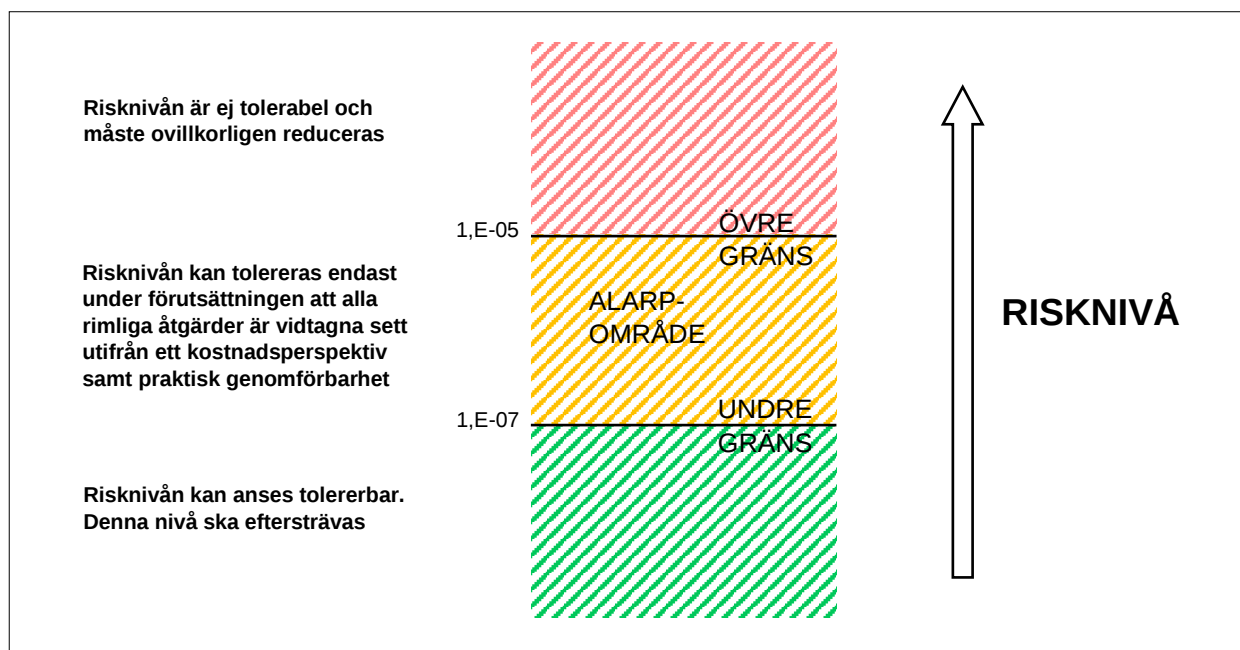
Riskanalysen utgår ifrån nuläget och år 2040 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa finns kan både individrisk och samhällsrisk användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3

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

2.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

2.3.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

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



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

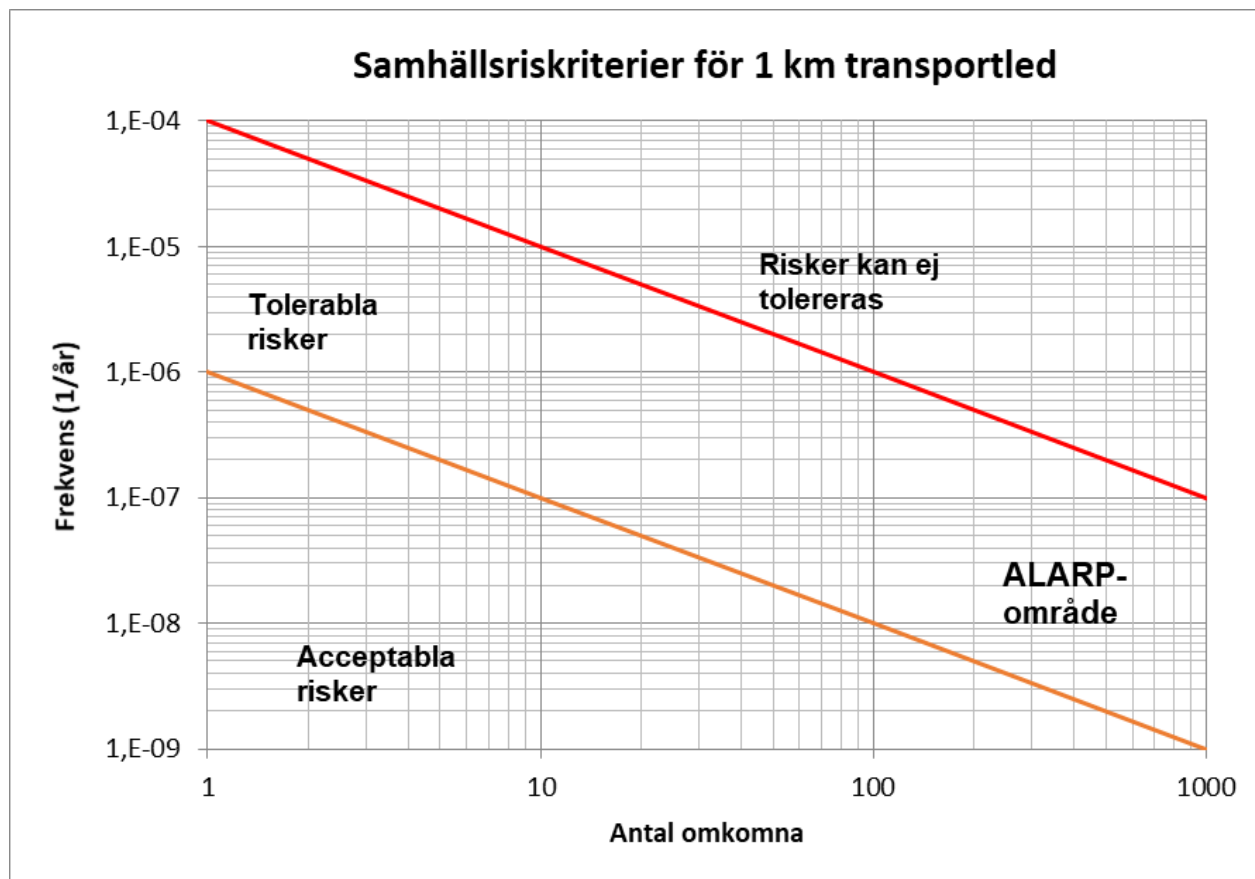
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

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

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

2.3.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

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

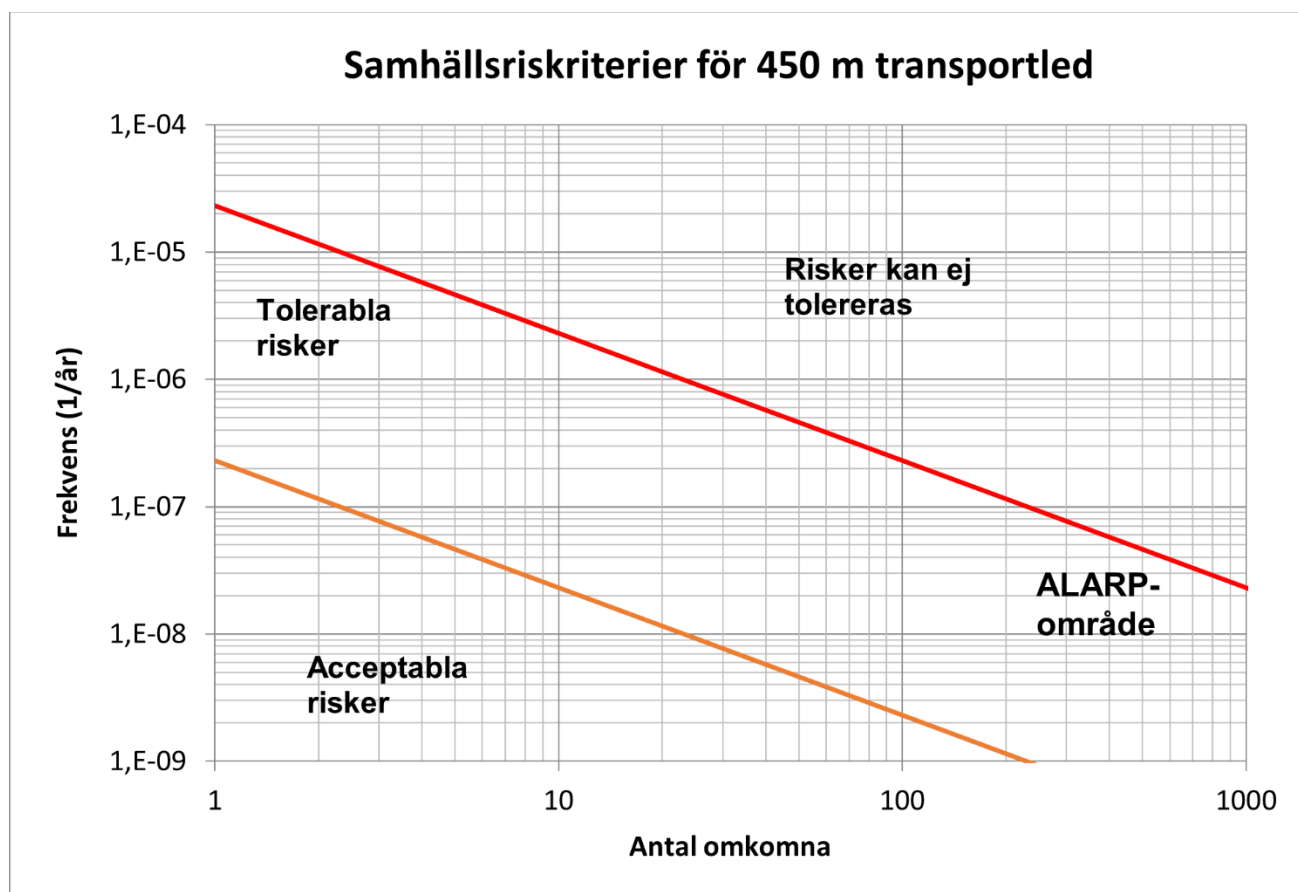


Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

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

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

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs Viskadalsbanan och väg 41 samt att området ligger på en sida av leden. Omräknade kriterier visas i Figur 6. Planområdets genomsnittliga längd utmed transportlederna är cirka 450 meter.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 450 meter enkelsidig bebyggelse.

2.3.3 ALARP-området

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

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

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

2.4 Översiktlig riskutredning Marks kommun

På uppdrag av Marks kommun genomförde COWI (2021) en översiktlig riskanalys med avseende på transporter av farligt gods genom kommunen. I rapporten presenteras generella riktlinjer för avstånd mellan berörda leder och bebyggelse av olika känslighetgrad. Riskanalysen är tänkt att användas som ett stöd i planprocessen och att ge förutsättningar för att riskhänsyn i de kommunala planerna ska kunna beaktas på ett tidigt stadium.

Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd för olika typer av bebyggelse från COWI (2021) presenteras i Tabell 1 för Viskadalsbanan och Tabell 2 för väg 41

Tabell 1 Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Viskadalsbanan (COWI, 2021).

Viskadalsbanan								
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Mindre känslig verksamhet		Normalkänslig verksamhet			Känslig verksamhet		
	Parkeringshus	Industri/Lager	Enstaka bostadshus	Handel	Kontor	Flerbostadshus	Skola	Vård
Rekommenderade skyddsavstånd	20 m	25 m	30 m	30 m	45 m	55 m	70 m	80 m
Reducerade skyddsavstånd								
Brandklassad fasad EW30	20 m	25 m	30 m	25 m	30 m	30 m	70 m	80 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	20 m	25 m	30 m	25 m	30 m	30 m	70 m	80 m

Tabell 2 Rekommenderade och reducerade skyddsavstånd till Väg 41 (COWI, 2021).

Väg 41									
Skyddsavstånd och skyddsåtgärder	Känslig verksamhet								
	Flerbostadshus*			Skola			Vård		
	0 - 50 km/h	51 - 80 km/h	81 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 80 km/h	81 -100 km/h	0 - 50 km/h	51 - 80 km/h	81 -100 km/h
Rekommenderade skyddsavstånd	45 m	50 m	55 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m
Reducerade skyddsavstånd									
Brandklassad fasad EW30	30 m	35 m	40 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m
Brandklassad fasad EW30 samt att byggnad dimensioneras för att motstå en gasmolnsexplosion	30 m	35 m	40 m	60 m	70 m	80 m	65 m	80 m	90 m

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 3.

Tabell 3. Indelning av farligt gods.

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

3.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

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

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

Klass 1. Explosiva ämnen

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

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

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

Klass 3: Brandfarliga vätskor

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

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

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

Klass 5: Oxiderande ämnen

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

Klass 6: Giftiga ämnen.

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

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

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.

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

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

4 Områdesbeskrivning

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

4.1 Området

I Figur 7 illustreras planområdet i relation till sin omgivning. I dagsläget består det planerade området främst av befintliga byggnader och hårdgjorda ytor, med några grönområden. Viskadalsbanan löper längs den planerade bebyggelsen, med det närmaste avståndet på cirka 30 meter och ligger något lägre än området. Den planerade bebyggelsen är belägen ungefär 60 meter över havet, medan Viskadalsbanan utanför området befinner sig på cirka 50 meters höjd över havet. Dessutom passerar väg 41 intill den planerade bebyggelsen med ett närmsta avstånd på ungefär 120 meter och är också beläget något lägre än planområdet, med en höjd på cirka 45 meter över havet.



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

4.2 Planerad bebyggelse

Den planerade markanvändningen innefattar bebyggelse med skol- och förskoleverksamhet, bostäder, idrottshall och parkeringshus. Kvartersmarken som planeras att tas i anspråk utgör en total yta på cirka 49 000 m². Denna yta har planerats och fördelats för olika typer av användningsområden, se Tabell 4.

Tabell 4. Yta per markanvändningsområde.

Markanvändning	Yta (m ²)
Bostäder	16 000
Skola	27 000
Förskola	3 000
Parkeringshus	3 000

Bostäderna planeras att utgöras av 302 lägenheter och är uppdelade i 5 olika byggnadsområden. Skolan ska ha kapacitet för 630 elever och bebyggelsen inkluderar även en idrottshall. Parkeringshuset projekteras för att rymma 251 parkeringsplatser i sitt uppförande men förbereds för att i ett senare skede kunna utökas med ytterligare en våning till 80 parkeringsplatser. I denna riskutredning antas därför 331 parkeringsplatser i beräkningarna. Förskolan är planerad till 3 avdelningar med plats för totalt 60 barn och denna typ av bebyggelse anses som svårutrymda lokaler, vilket beaktas i riskutredningen.

4.3 Antalet personer närvarande

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

För persontäthet gällande bostäder har underlaget baserats på statistik från SCB (2022) och uppgifter från Marks kommun. Antal bostäder planeras till 302 och det antas att 2 boende per bostad. Under dagtid förväntas 50% av personerna befinna sig i området och under nattetid förväntas 100% personnärvaro. På dagtid i området antas 93% av personerna att befinna sig inomhus och 7% utomhus. Under nattetid i antas 99% befinna sig inomhus och 1% utomhus.

Antaganden om persontäthet i skolan har baserats på uppgifter från Marks kommun och statistik från SCB (2020). Antal elever förväntas vara cirka 630 och lärartätheten antas vara 12 elever per heltidstjänst. Övrigt personalantal förväntas vara 5. Hänsyn i beräkningar av persontäthet tas till att skolan inte är öppen alla dagar i veckan och att närvaron inte sträcker sig över en hel dag. Andelen inomhus på dagen antas vara 80 %. Resterande personer befinner sig utomhus. Nattetid bedöms ingen verksamhet ske i skolan. Inom skolområdet finns även en idrottshall, denna hall används framförallt till skolans verksamheter och inte till idrottsverksamhet utanför skoltid. För att ta höjd för eventuella evenemang i idrottshallen antas dock 2 personer befinna sig på skolområdet nattetid.

Antaganden om persontäthet i förskolan har baserats på uppgifter från Marks kommun och Skolverket (2022). Antalet barn förväntas vara 60 och personaltätheten är 5,1 barn per heltidstjänst. Hänsyn i beräkningar av persontäthet tas till att förskolan inte är öppen alla dagar i veckan och att närvaron inte sträcker sig över en hel dag. Andelen inomhus på dagen antas vara 80 %. Resterande personer befinner sig utomhus. Nattetid bedöms ingen verksamhet ske i förskolan.

För persontäthet gällande parkeringshuset används samma uppgifter i en annan riskutredning som Norconsult (2020) har genomfört samt uppgifter från Marks kommun. Det förväntas finnas 331 parkeringsplatser med en beläggning på 30%, 2 byten per plats och 2 personer per fordon. Personnärvaron antas vara mestadels under dagtid, men i beräkningarna förväntas 1 person befinna sig i området för att ta höjd för boendeparkeringar och eventuella kvällsevenemang.

Bebyggelsen är planerad inom olika delar av planområdet, vilket innebär att persontätheten ser olika ut baserat på var bebyggelsen är planerad. Tabell 5 presenterar persontätheten för planerad bebyggelse och Figur 8 illustrerar de olika markanvändningsområdena.

Tabell 5. Persontäthet för olika typer av bebyggelse samt kortaste avstånd mellan Viskadalsbanan/Väg 41 och bebyggelse.

	Personer dagtid	Personer nattetid	Kortaste avstånd Viskadalsbanan/Väg 41 (m)
Bostäder A	48	95	140/300
Bostäder B+D	124	247	90/200
Bostäder C	59	118	80/240
Bostäder E	57	114	45/190
Skola	263	2	70/300
Förskola	45	0	65/150
Parkeringshus	3	1	190/350
Naturområde	1	0	30/120
Totalt	600	580	-



Figur 8. Karta över bebyggelse inom planområdet.

5 Riskidentifiering

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

5.1 Väg 41

Väg 41 löper sydöst om planområdet och är utpekad som rekommenderad primär transportled för farligt gods. Transportleden ligger på ett avstånd på inom 150 meter från planområdet, vilket innebär att denna riskutredning tar hänsyn till farligt gods som passerar väg 41 (Länsstyrelsen, 2006).

Transportleden ingår i MSB:s (2006) undersökning om transporterade mängder farligt gods från september månad år 2006. Enligt MSB:s uppgifter sker cirka 130 transporter med farligt gods under samma år. År 2040 förväntas antalet transporter med farligt gods öka till cirka 230 förutsatt en ökning av godstrafiken med ungefär 80% (Trafikverket, 2023).

Nationellt genomsnitt är en annan källa som också brukar användas vid riskanalyser av transport av farligt gods. Uppgifter från nationell statistik anger att cirka 3,9% av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFA, 2019). Antalet tunga fordon på väg 41 har av Trafikverket (2022) uppmätts till 711 tunga transporter per dygn. Med stöd av procentandelen 3,9% (TRAFA, 2019) och trafikuppräkningsstal 1,48 (Trafikverket, 2023) förväntas antalet transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt uppgå till cirka 13 800 år 2040. Dessa transporter fördelas till de olika ADR-klasserna enligt nationell statistik, se Tabell 6.

Den översiktliga riskutredningen för Marks kommun använder också nationellt genomsnitt av tung trafik men fördelar transporter enligt nationellt snitt från MSBs kartläggning, se Tabell 6. Det totala antalet transporter i den översiktliga analysen är cirka 15 500 transporter för prognosår 2040.

Eftersom den platsspecifika kartläggning visar att få transporter sker förbi planområdet och att de flesta transporter innehåller klass 3 bedöms i det här fallet att den översiktliga riskanalysen stämmer bättre än nationellt genomsnitt.

Tabell 6. Antal förväntade transporter år 2040 med farligt gods på väg 41 förbi planområdet.

Klass	MSB (uppräknat till 2040)	Nationellt genomsnitt (uppräknat till 2040)	Översiktlig riskanalys Marks kommun (COWI, 2021)	Används i riskberäkningarna (prognosår 2040)
1 Explosiva ämnen	0	37	15	15
2.1 Brandfarliga gaser	0	660	332	332
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	2 100	0	0
2.3 Giftiga gaser	0	4	3	3
3 Brandfarliga vätskor	10	6 800	12 699	12 699
4 Brandfarliga fasta ämnen	5	370	0	0
5 Oxiderande ämnen	0	340	117	117
6 Giftiga ämnen m m	12	960	37	37
8 Frätande ämnen	190	1 900	2 280	2 280
9 Övriga farliga ämnen	15	680	0	0
Totalt	230	14 000	15 500	15 500

Av klasserna i Tabell 6 är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna. Dessa är därför markerade med fet stil i tabellen.

De angivna klasserna omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna. Detta görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA, 2004). För klass 2 är det klass 2:1 brandfarliga gaser och klass 2:3 giftiga gaser som utgör de mest betydande riskerna. Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (exempelvis bensin) sätts till 75 % (ØSA, 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. En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i Tabell 7.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i Tabell 7.

Tabell 7. Farligt gods på väg 41 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	2
2.1 Brandfarliga gaser	332
2.3 Giftiga gaser	3
3. Mycket brandfarliga vätskor	9 524
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	39

5.1.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket, 2020). Risken för olyckor på en statlig väg med en högsta tillåten hastighet på 80 km/h anges till 0,085 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $8,5 \times 10^{-8}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 45% (SRV, 1996), vilket innebär att det vid 55% av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $8,5 \times 10^{-8} \times (2 - 0,45) \times 1,1 = 1,45 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

5.2 Viskadalsbanan

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

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

Viskadalsbanan är inte med i MSBs kartläggning över transporter med farligt gods från 2006 utan andra källor krävs. I den översiktliga riskanalysen för Marks kommun användes trafiksiffror från riskanalys för Borås stad (WUZ, 2016). Den dimensionerande mängden på Viskadalsbanan var 10 godståg per dag.

Senaste prognos från Trafikverket anger 0,2 godståg per dag på Viskadalsbanan år 2040 (Trafikverket, 2023:2). Prognosen är från 2023-02-21 vilket medför att den borde inkludera att Viskadalsbanan har genomgått en upprustning, persontrafiken antas till exempel tredubblas från 11 till 32 tåg per dag.

Viskadalsbanan kan även användas som omledning av trafiken på Väst kustbanan vid stopp eller underhåll på järnvägen mellan Varberg och Göteborg. Enligt Trafikverkets prognos kommer maximalt 31 godståg trafikera någon sträcka mellan Varberg och Göteborg (Trafikverket, 2023:2). Jämfört med antal godståg i den översiktliga analysen kan alltså vart tredje godståg omledas till Viskadalsbanan för att komma upp i de dimensionerande mängderna som ligger till grund för den analysen.

Slutsatsen vid jämförelse av tillgängliga data över antal godståg på Viskadalsbanan är att 10 godståg per dag borde vara ett konservativt antagande. Den begränsade datan gör det dock svårt att motivera färre än 10 godståg i beräkningarna. Antal transporter med farligt gods har därför hämtats från den översiktliga riskanalysen för Marks kommun (COWI, 2021). En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i Tabell 8.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i Tabell 8, se avsnitt 6.3.

Tabell 8. Farligt gods på Viskadalsbanan som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	46
2.3 Gifftiga gaser	275
3. Mycket brandfarliga vätskor	425
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	1 750

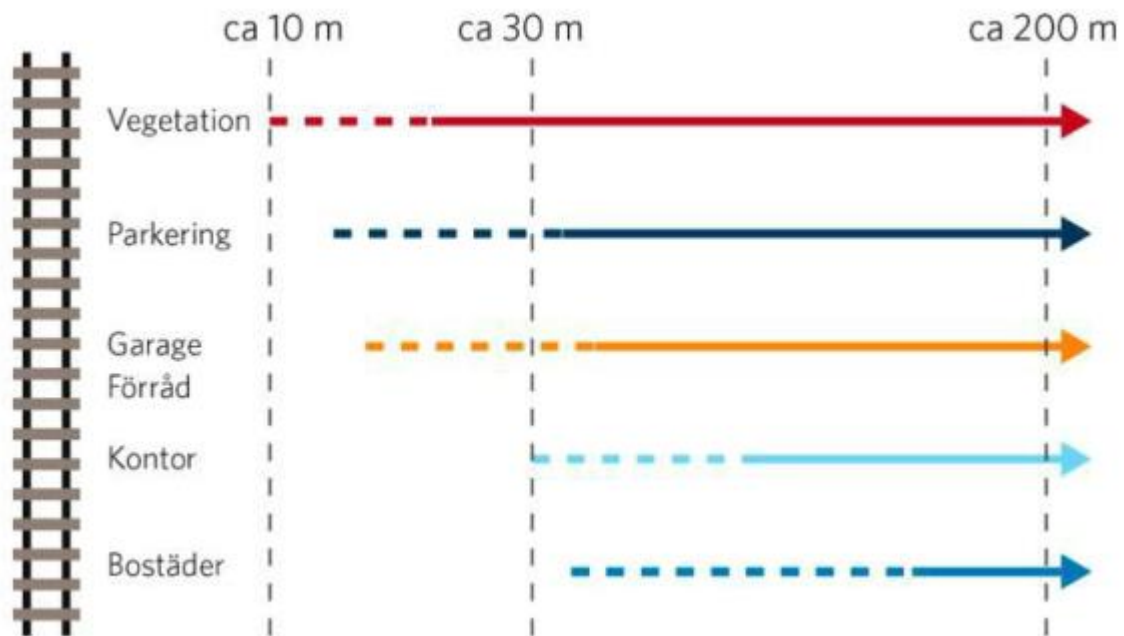
5.2.1 Sannolikhet för olyckor

Enligt nationell järnvägsdatabas (Trafikverket, 2019) är högsta tillåtna hastighet för tåg på sträckan 75 km/h. Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi aktuellt område har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna visas i Bilaga 2. Sannolikheten för en olycka har beräknats till $4,0 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år.

5.2.2 Urspårningsrisk och bebyggelsefritt område

Det förefaller även risk för urspårning vid järnvägar. Enligt tillgänglig statistik är det osannolikt att tågdelar vid en urspårning hamnar på ett avstånd längre än 30 meter från spårmitt (Banverket, 2001) (IUR, 2003). Detta innebär att urspårning ej bör påverka bebyggelse inom detaljplanen då avståndet är cirka 30 meter mellan närmaste räl och bebyggelse. Dessutom fungerar nivåskillnaden mellan järnväg och planområde som en skyddsbarriär mot urspårning.

Generellt anser Trafikverket att ny bebyggelse inte bör tillåtas inom ett område av 30 meter från spårmitt på närmaste spår (Trafikverket, 2020:2), se Figur 9. 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 9. Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamhet (Trafikverket, 2020:2).

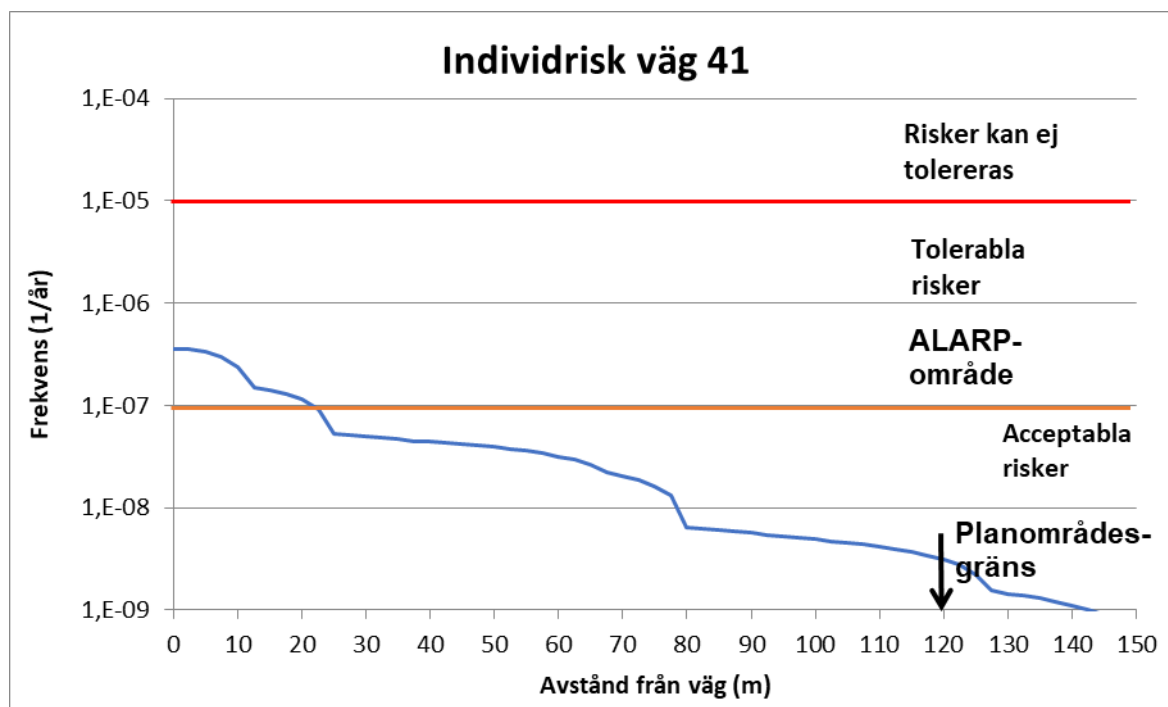
6 Riskanalys och riskvärdering

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk för och samhällsrisk samt beräkningar för skyddsåtgärder gällande transporter av farligt gods på väg 41 och Viskadalsbanan. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys för individ- och samhällsrisk. För individrisken i osäkerhetsanalysen ökas antalet transporter av farligt gods med 25%. För samhällsrisk i osäkerhetsanalysen ökas både antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i området med 25%. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området redovisas i Kapitel 4 & 5.

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

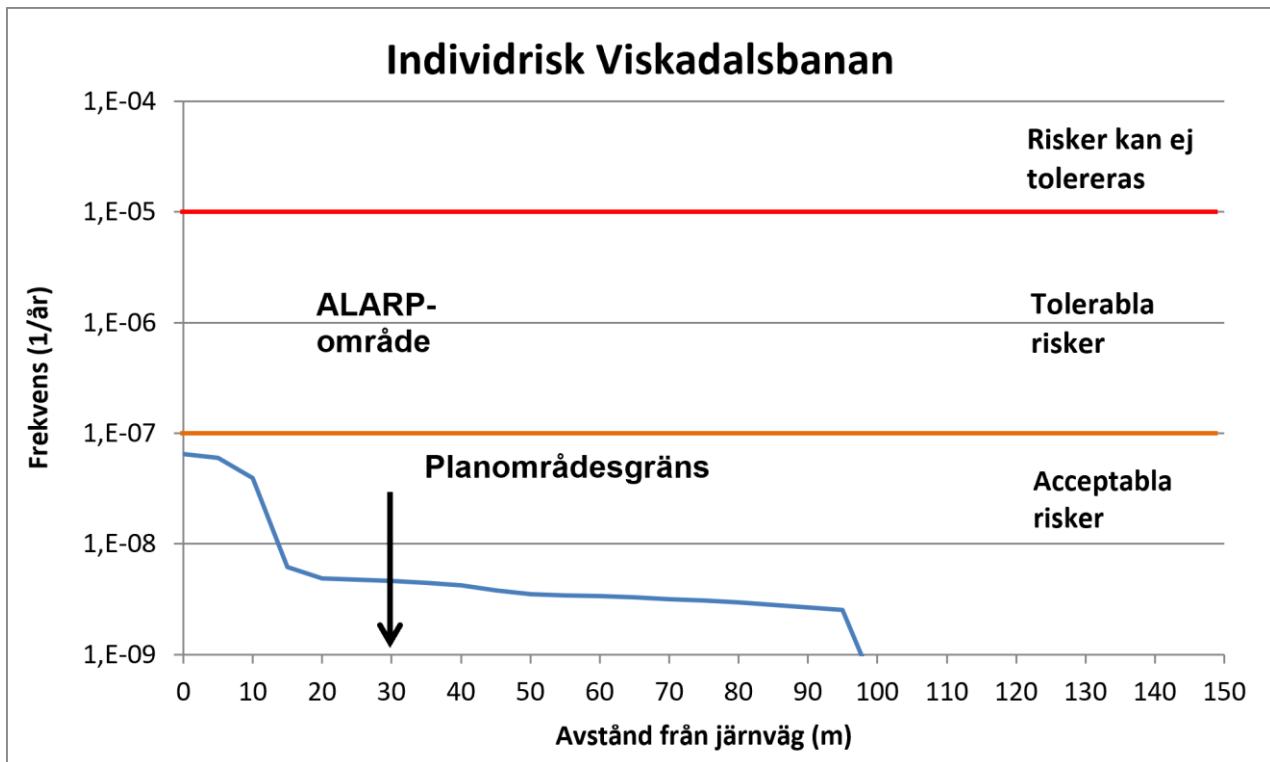
6.1 Individrisk

I Figur 10 visas individrisken i området på grund av farligt gods på väg 41. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå. Planområdet ligger som närmst cirka 120 meter från väg 41, vilket innebär att risknivån anses som acceptabel. Detta innebär att inga riskreducerande åtgärder måste vidtas med hänseende till individrisken.



Figur 10. Individrisken vid planområdet längs väg 41.

I Figur 11 visas individrisken i området på grund av farligt gods på Viskadalsbanan. Individrisker beräknas ligga på en acceptabel nivå. Planområdet ligger som närmst cirka 30 meter från Viskadalsbanan, vilket innebär att inga riskreducerande åtgärder måste vidtas med hänseende på individrisken.

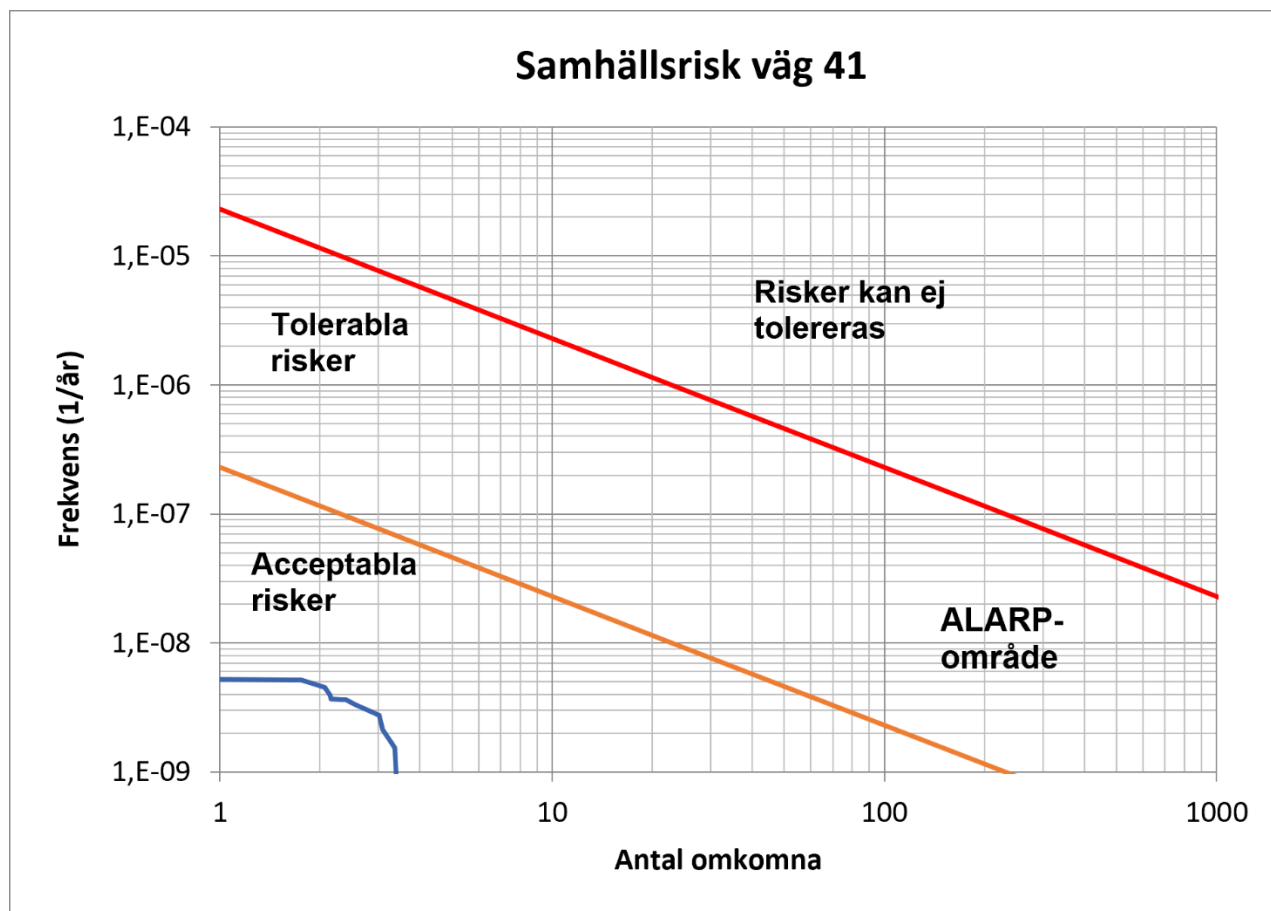


Figur 11. Individrisken vid planområdet längs Viskadalsbanan.

6.2 Samhällsrisk

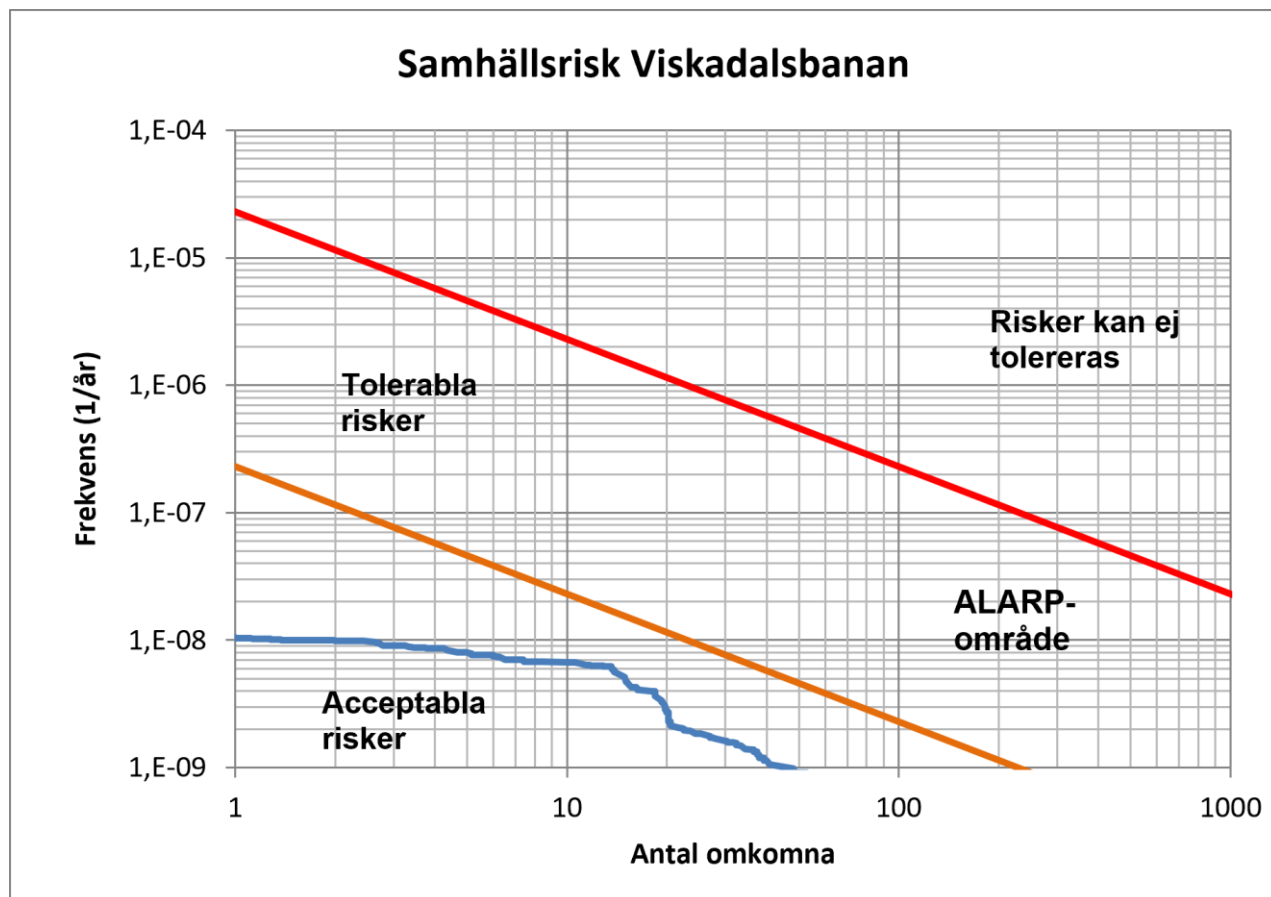
I följande avsnitt redovisas först samhällsrisk för väg 41 och Viskadalsbanan separat. Efter följer en redovisning av en sammanslagen beräkning som utgör den samlade samhällsrisk för planområdet.

I Figur 12 visas samhällsrisk i planområdet från transporter av farligt gods på väg 41. Resultatet visar att samhällsrisk är inom området för acceptabla risker, vilket innebär att inga skyddsåtgärder behöver vidtas för att risknivån ska tolereras.



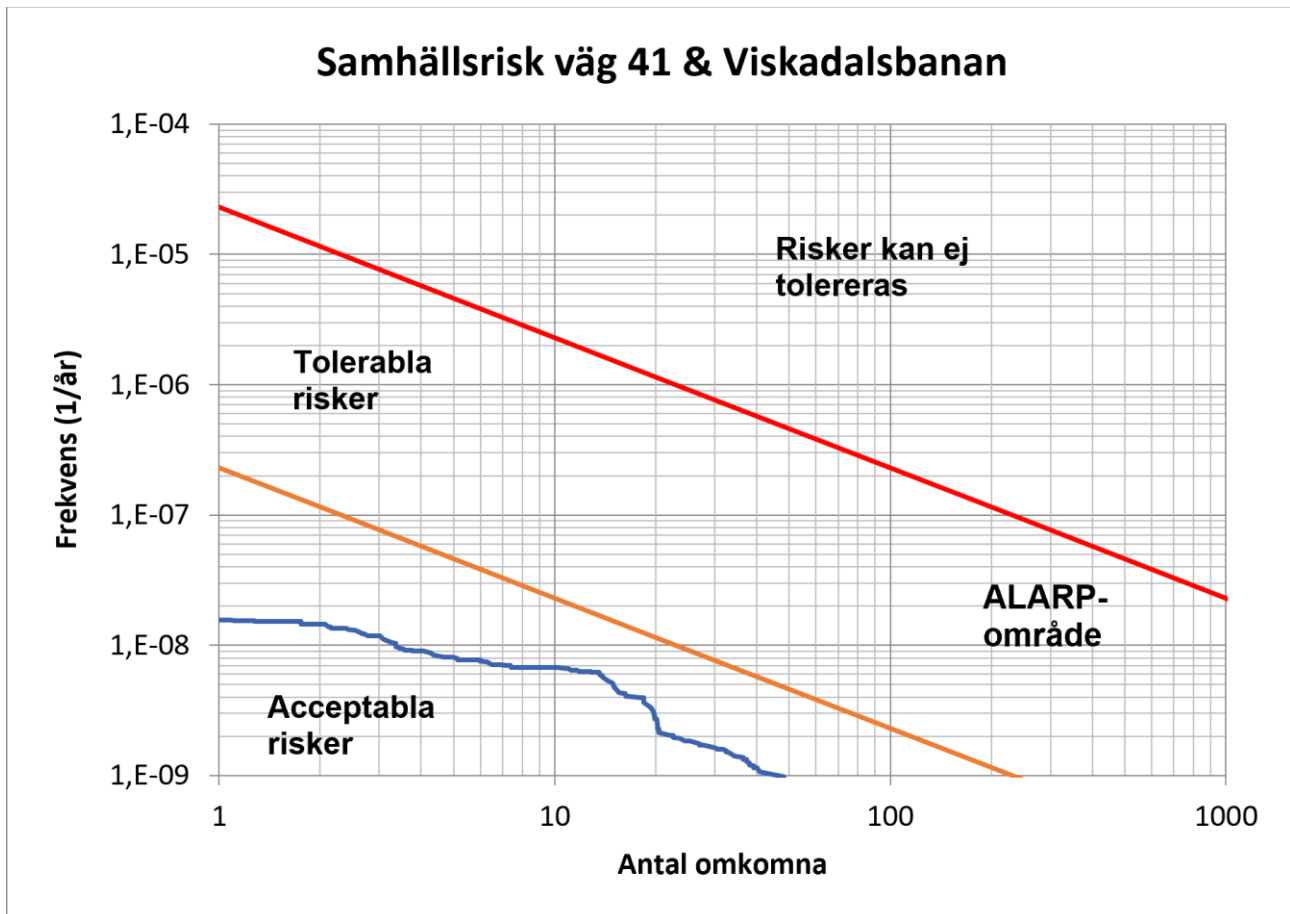
Figur 12. Samhällsrisk för planområdet från väg 41.

I Figur 13 visas samhällsrisk i planområdet från transporter av farligt gods på Viskadalsbanan. Resultatet visar även här att samhällsrisk är inom området för acceptabla risker, vilket innebär att inga skyddsåtgärder behöver vidtas för att risknivån ska tolereras.



Figur 13. Samhällsrisk för planområdet från Viskadalsbanan.

Den sammanslagna beräkningen för samhällsrisk från väg 41 och Viskadalsbanan presenteras i Figur 14, vilket utgör den samlade samhällsrisk för planområdet. Resultatet av den sammanslagna beräkningen visar att samhällsrisk fortfarande är inom området för acceptabla risker, vilket innebär att inga skyddsåtgärder behöver vidtas för att risknivån ska tolereras.



Figur 14. Sammanslagen beräkning av samhällsrisk för planområdet från väg 41 och Viskadalsbanan.

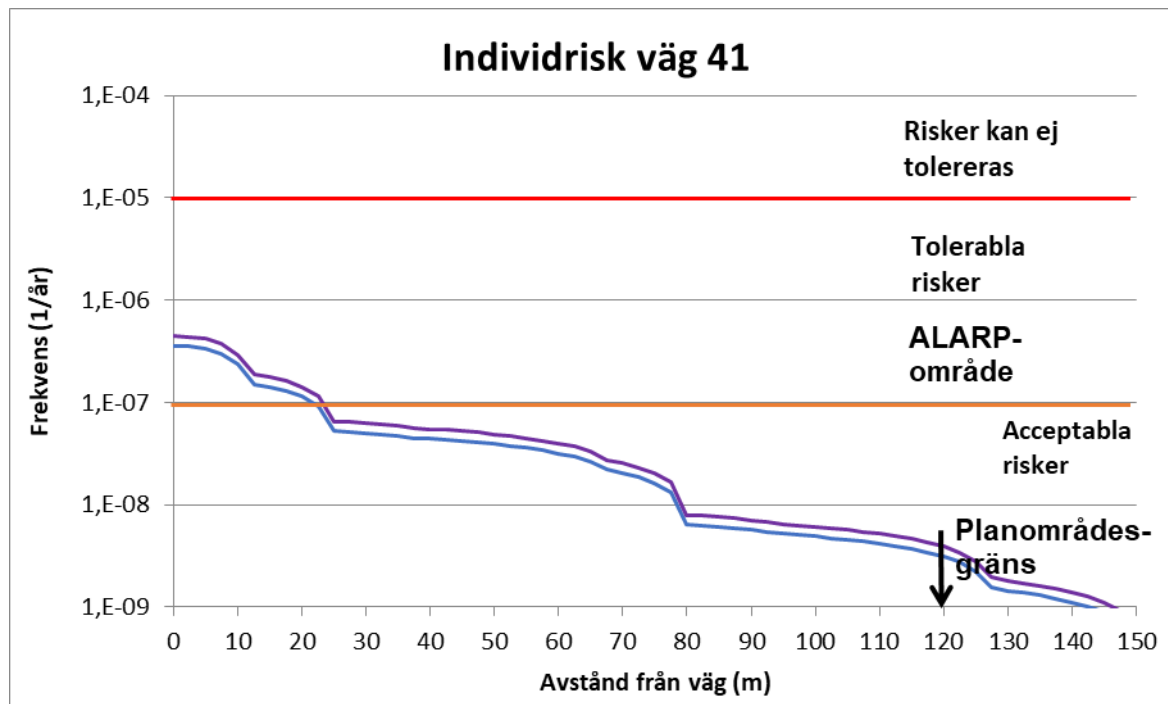
6.3 Osäkerhetsanalys

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

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

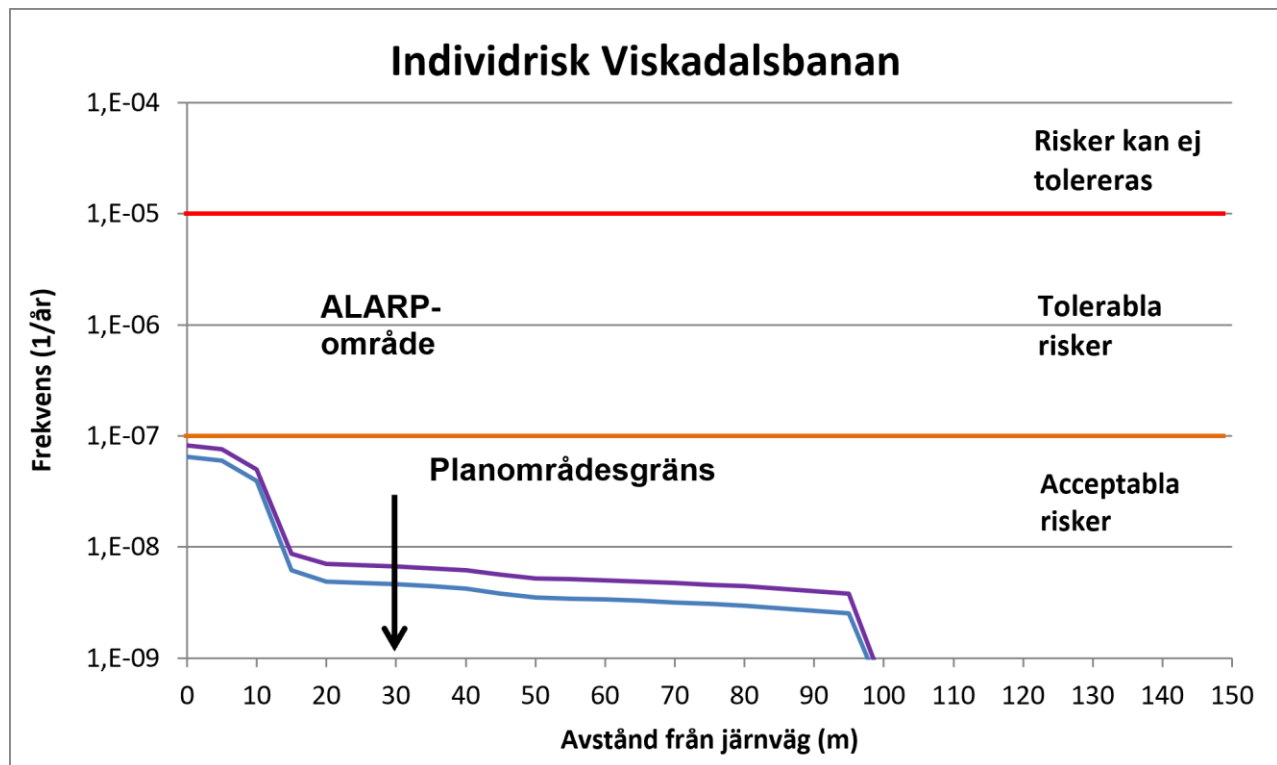
6.3.1 Individrisk

Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods på väg 41 presenteras i Figur 15. Enligt beräkningarna ökar risknivån, men den ses fortfarande som acceptabel.



Figur 15. Individrisken vid planområdet längs väg 41. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

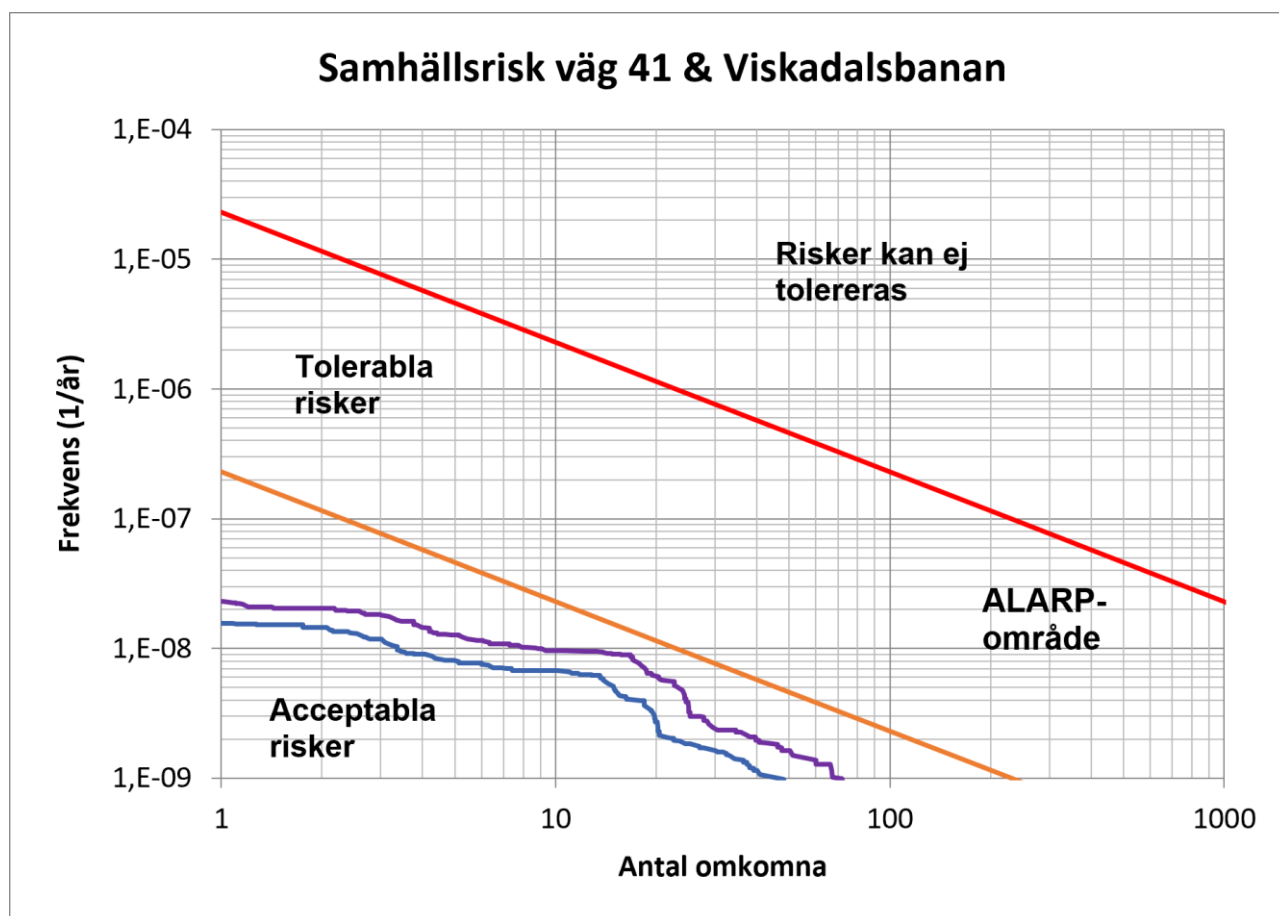
Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods på Viskadalsbanan presenteras i Figur 16. Enligt beräkningarna ökar risknivån, men den ses fortfarande som acceptabel.



Figur 16. Individrisken vid planområdet längs Viskadalsbanan. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

6.3.2 Samhällsrisk

Figur 17 visar att samhällsrisken i den sammanslagna beräkningen ökar, men risknivån beräknas att fortfarande hamna innanför området för acceptabla risker. I osäkerhetsanalysen har antalet transporter av farligt gods samt att antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %. Resultatet av osäkerhetsanalysen visar på fortsatt acceptabla nivåer med avseende på risker för transporter av farligt gods. Det stärker att de antaganden som legat till grund för beräkningar av riskbilden är robusta.

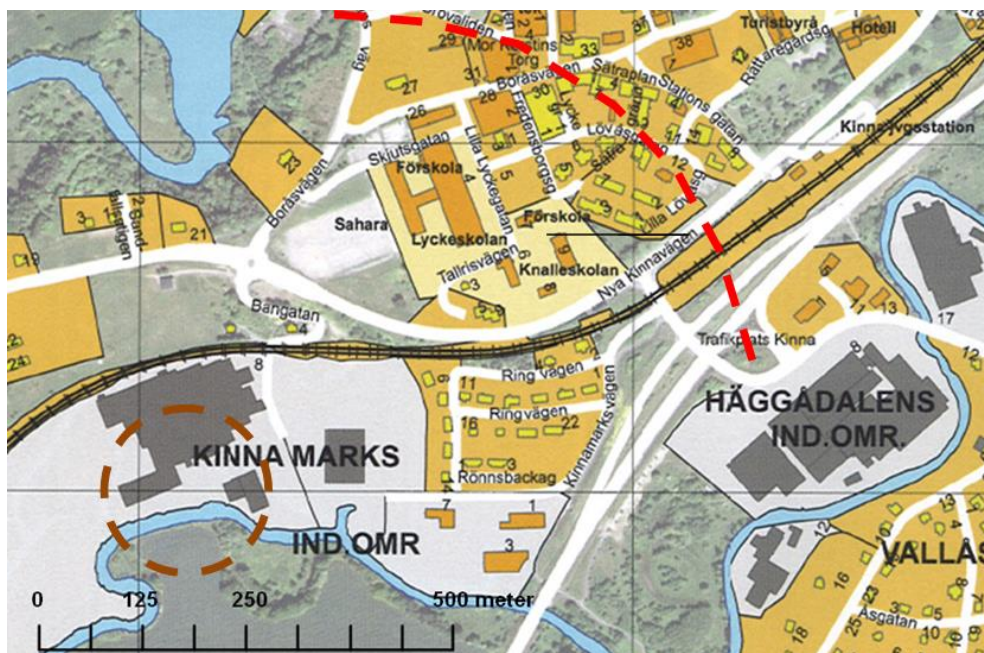


Figur 17. Sammanslagen beräkning av samhällsrisk för planområdet från väg 41 och Viskadalsbanan. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

7 Skyddsavstånd Ludvig Svensson AB

Skyddsavståndet som anges i översiktsplanen för Marks kommun för Ludvig Svensson AB:s verksamhet är 400 meter. Avståndet är baserat på ett schablonmässigt riktvärde i rapporten "Bättre plats för arbete" och gäller för alla textilindustrier med en årsproduktion över 200 ton per år. Enligt lagen om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler och de föreskrifter som är baserade på lagen skall det finnas skyddsavstånd kring cisterner där brandfarlig gas lagras. Skyddsavstånd enligt föreskrifterna till svårutrymda lokaler (skola, sjukhus m.m) ska vara minst 100 meter och till bostäder minst 25 meter (MSBFS, 2020:1).

Planområdet för Kv Folkskolan ligger med god marginal utanför skyddsavståndet för lagen om hantering av brandfarliga och explosiva varor. Men skyddsavståndet enligt Boverkets allmänna råd klaras inte för planområdet, se Figur 18. Det är därför angeläget att belysa situationen mer i detalj.



Figur 18 Skyddsområden kring Ludvig Svenssons AB. Brun cirkel är skyddsområde för den närmaste gasoltanken, den röda kurvan är gränsen för skyddsområde enligt Boverket (Norconsult, 2016)

7.1 Dimensionerande olycksscenario

Beräkningar från tidigare riskutredning visar att den värsta tänkbara olycka som kan inträffa vid gasolhantering är en så kallad BLEVE (Norconsult, 2016). Ludvig Svensson AB har två gasoltankar på fastigheten varav den ena är en backup och som endast används tillfälligt vid exempelvis underhållsarbete på den större tanken. Konsekvenserna av en BLEVE kan leda till omkomna eller ger mycket allvarliga skador på upp till cirka 475 meters avstånd från gasoltanken (Norconsult, 2016).

Som genomsnitt anges en sannolikhet på 5×10^{-7} (en återkomsttid på 1 gång per 2 miljoner år) för att en BLEVE ska inträffa för trycksatta cisterner med brandfarlig gas (Norconsult, 2016). Cisternerna vid Ludvig Svensson AB är försedda med sprinklers som skyddar de vid brand, dessutom tål cisternerna en del påfrestningar. Detta skapar tidsutrymme att evakuera skol- och bostadsområdena. Erfarenheter från tidigare BLEVE-olyckor har visat att det finns relativt gott om tid för att utrymma ett stort område kring olycksplatsen innan en BLEVE inträffar (Norconsult, 2016).

7.2 Skyddsåtgärder och rekommendationer

I Boverkets allmänna råd anges att åtgärder inom skyddsområdet enbart får genomföras om den totala risknivån minskar. Detta innebär att om/tillbyggnader inom skyddsavståndet bör åtgärder genomföras så att risksituationen sänks ytterligare. De viktigaste åtgärder är sådana som rör evakuering och materialval på byggnaderna. Vid projektering för om/tillbyggnationen av Lyckeskolan föreslogs ett antal skyddsåtgärder för att minska sannolikheten för en BLEVE (Norconsult, 2016). Dessa inkluderade:

- Gasoltankarna skall invallas åt tre håll enligt och höjden på invallningen bör vara minst lika hög som gasoltankens höjd. Materialet som används ska vara utfört i minst brandklass EI 60. Det innebär att vallen kan stå emot en normalbrand i upp till 60 minuter.
- Gasoltankarna ska skyddas från påkörning med räcke eller liknande som klarar påkörning med lastfordon på området. Om invallningen utförs så att det även skyddar mot påkörning så bedöms det vara ett erforderligt skydd.
- Det ska säkerställas att ett fungerande sprinklersystem finns vid båda gasoltankarna som kan vattenbegjuta tankarna vid eventuell brand.

Med hänseende till det dimensionerande olycksscenariot och att tidigare föreslagna skyddsåtgärder är genomförda så föreslås följande åtgärder på tillkommande bebyggelse inom 500 meter från närmaste cistern:

- Utrymning ska vara möjlig bort från Ludvig Svensson AB:s verksamhet.
- Byggnaderna ska vara utförda i svårantändligt material (ej trä).

8 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna för individrisken visar att risknivån är på acceptabla nivåer för planområdet både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Samhällsriskerna hamnar också i området för acceptabla risker både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen.

Med avseende på topografin där riskkällorna är på en lägre höjdnivå än själva planområdet är det troligt att en del scenarion ger utslag på lägre risknivåer än vad som visas i resultatet. Däremot är det inte nödvändigt att beräkna det i mer detalj då risknivåerna redan är inom området för acceptabla risker.

Jämfört med den översiktliga riskanalysen för Marks kommun är det bara naturområdet, förskolan och bostäder område E som ligger delvis inom rekommenderade skyddsavstånd från Viskadalsbanan. Övriga områden ligger på tillräckligt långt avstånd från Viskadalsbanan för att skyddsavståndet ska anses som en tillräcklig skyddsåtgärd. Alla områden ligger bortom rekommenderade skyddsavstånd från väg 41. De mest persontäta områdena inom planområdet är skolområdet (dagtid) och bostadsområde A-D (nattid), alla de här områdena ligger bortanför de rekommenderade skyddsavstånden.

Risknivån i den översiktliga riskanalysen baseras på att ett antal generella skyddsåtgärder vidtas. Även fast beräkningsresultatet från den här riskanalysen visar på att risken ligger på acceptabla risknivåer föreslås att dessa generella skyddsåtgärder vidtas även för kv. Folkskolan. De generella skyddsåtgärderna kan ses i kapitel 6.5.1 i rapporten "Översiktlig riskutredning Marks kommun" (COWI, 2021). Sammanfattningsvis innebär skyddsåtgärderna följande:

- Områden inom 30 meter från Viskadalsbanan ska vara bebyggelsefritt och inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus.
- Områden inom 30–50 meter från Viskadalsbanan ska ha utrymning bort från leden.
- Bebyggelse inom 30–100 meter ska ha friskluftsintag placerade minst 8 meter ovanför leden eller på byggnadens tak samt vara vänt bort från leden. Höjdmätning sker från riskkällans nivå.
- Förskolans friskluftsintag bör vara centralt avstängningsbar.

Gällande riskerna från textilverksamheten Ludvig Svensson AB visar tidigare riskutredning att dimensionerande olycksscenario är BLEVE. Denna olycka kan leda till omkomna eller ger mycket allvarliga skador på upp till cirka 475 meters avstånd från gasoltanken. Åtgärder har genomförts kring cisternerna för att minska risken för allvarliga konsekvenser vid en olycka. Ytterligare åtgärder som föreslås på tillkommande bebyggelse inom 500 meter från närmaste cistern är följande:

- Utrymning ska vara möjlig bort från Ludvig Svensson AB:s verksamhet.
- Byggnaderna ska vara utförda i svårantändligt material (ej trä).

9 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
- COWI. (2021). *Översiktlig riskutredning marks kommun*. Göteborg: COWI AB.
- 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.
- Marks kommun. (2022). *Detaljplan Kvarterat Folkskolan*.
- Miljöbalken. (1998:808).
- MSB. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter*. MSB.
- MSBFS. (2020:1). *MSBFS 2020:1 föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler*. ISSN 2000-1886: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Norconsult. (2016). *Riskutredning för ny markanvändning inom skyddsavstånd för Ludvig Svensson AB*. Norconsult 2016-09-30.
- Norconsult. (2020). *Risikanalytiskt farligt gods. Detaljplan för Lisebergs utbyggnad öster om Nellickevägen*. Göteborg: Norconsult.
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Rtj Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.
- SCB. (2020). *Fler grundskollärare än någonsin – men lägre andel med examen*. Hämtat från SCB: <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2020/fler-grundskollarare-an-nagonsin--men-farre-med-examen/>
- SCB. (2022). *Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år*. Hämtat från SCB: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HE__HE0111__HE0111A/HushallT29/tableViewLayout1/
- SIS. (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Stockholm: Utgåva 2, ICS: 03.100.01.
- Skolverket. (2022). *Statistik över barn och personal i förskola 2022*. Hämtat från Skolverket: <https://www.skolverket.se/skolutveckling/statistik/fler-statistiknyheter/statistik/2023-03-30-statistik-over-barn-och-personal-i-forskola-2022>
- SRV. (1996). *Farligt gods – Riskbedömning vid transport*. Räddningsverket.
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- TRAFA. (2019). *Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFA (f.d. SIKa) tillsammans med SCB*.
- Trafikverket. (2019). *Nationell Järnvägsdatabas, NJDB*. Hämtat från Trafikverket: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>

- Trafikverket. (2020). *Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2020-06-15.* . Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2020:2). *ransportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen.*
- Trafikverket. (2022). *Vägtrafikflödeskartan.* Hämtat från Trafikverket:
<https://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=6230131&laenkrollista=1&typ=Stickprov>
- Trafikverket. (2023). *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065.* Borlänge: Trafikverket. Hämtat från Trafikverket.
- Trafikverket. (2023:2). *Trafikuppgifter järnväg T22 och bullerprognos 2040.*
- WUZ. (2016). *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods - Översiktlig riskanalys av transporter med farligt gods på väg och järnväg i Borås Stad.* WUZ 20161-12-19.
- ØSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen.* Øresund Safety Advisers AB.

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

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
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	6
2.2	Klass 1	7
2.3	Klass 5.1	8
3	Konsekvenser av scenario	10
3.1	Klass 1	11
3.1.1	Skador på bebyggelsen	13
3.1.2	Skador utomhus	14
3.2	Klass 5.1	15
3.3	Individrisk	15
	Referenser	16

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

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

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

1 Beräkning av sannolikhet för olycka

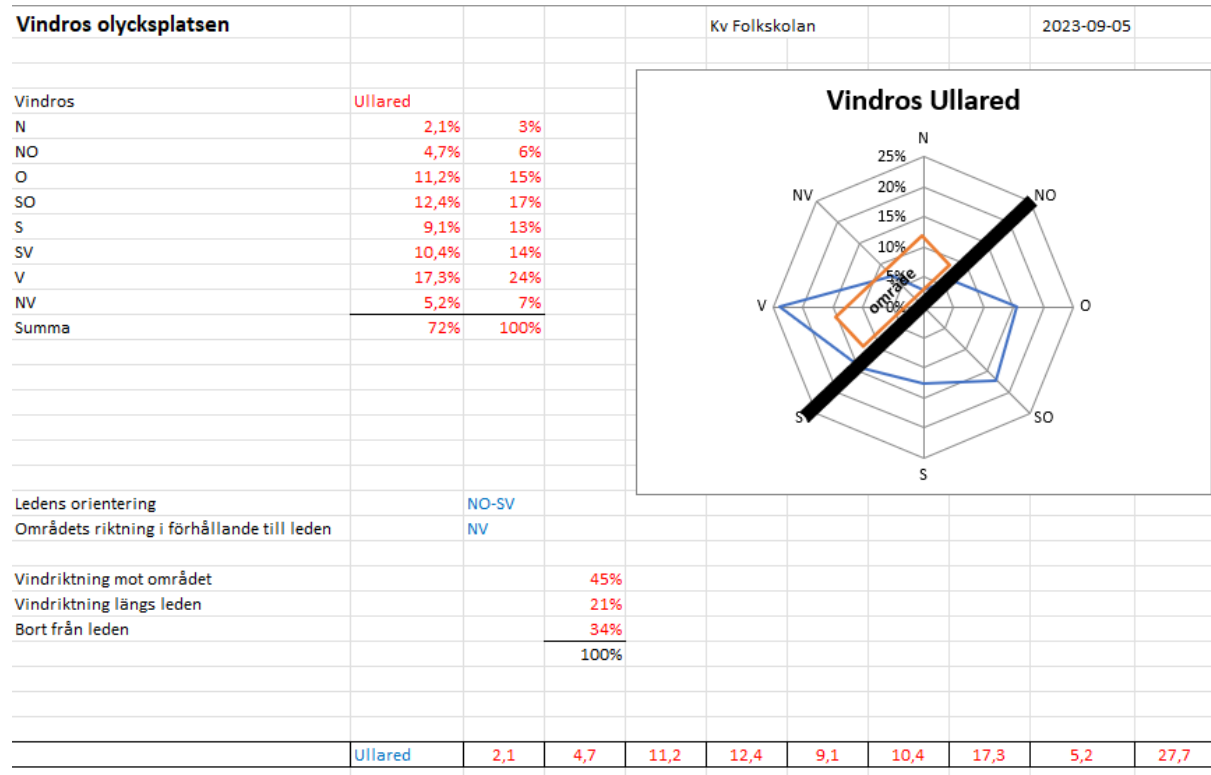
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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		Uppdrags namn: Kv Folkskolan		2023-09-05
Olycksrisk				
Risk för olycka	8,50E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,45			
Olycksrisk fordon	1,45E-07	1/km, år		
Område enl nedan	4	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid				
Andel transporter dagtid	0,7			
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid o	1			
	antal transport er totalt	risk>100 kg	utsläppsri sk dag/km,å r	utsläppsri sk natt/km, år
Klass 1, massexplosiv	1,5	1	1,5E-07	6,5E-08
Klass 2.1	332,0	0,043	1,4E-06	6,2E-07
Klass 2.3	3,0	0,043	1,3E-08	5,6E-09
Klass 3, bensin	9524,3	0,089	8,6E-05	3,7E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	39,0	0,089	3,5E-07	1,5E-07
Bredd på hus första raden [m]	45			
Medelavstånd till område inne [m]	200			
Medelavstånd till område ute [m]	180			
Områdets längd längs leden [m]	460			

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

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



Figur 2. Vindros för planområdet.

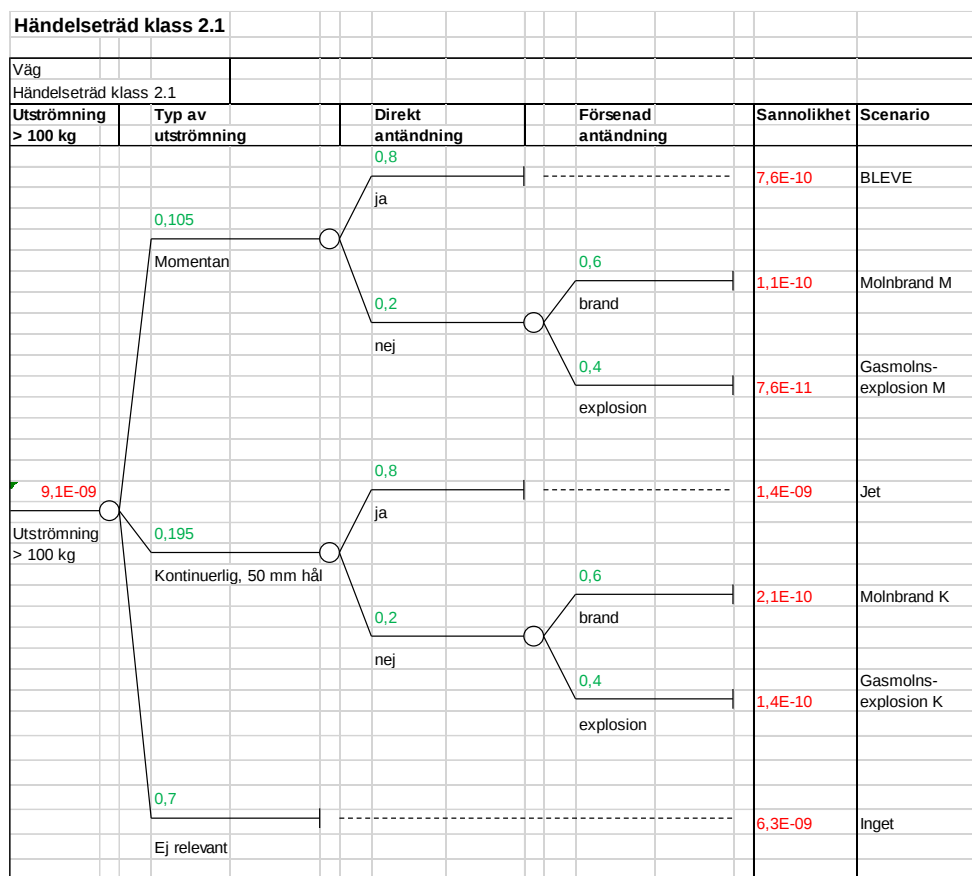
2 Händelseträäd

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. I beräkningsmodellen finns händelseträd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

2.1 Händelseträd från RBM II

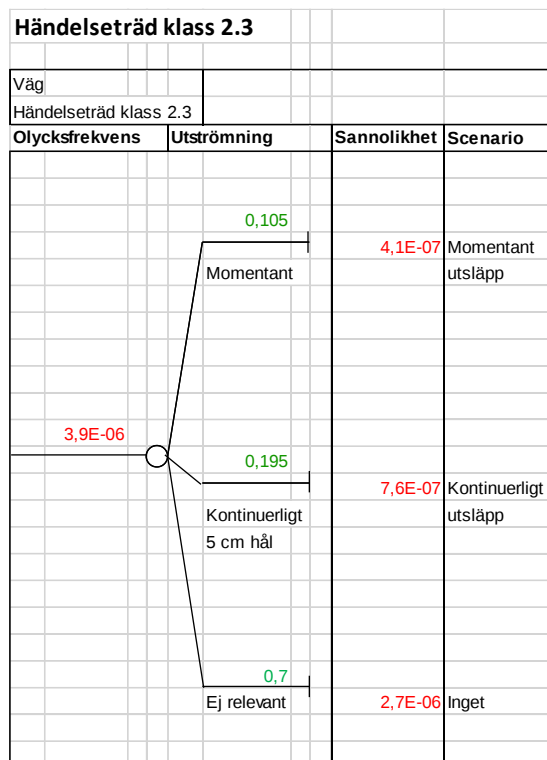
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet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



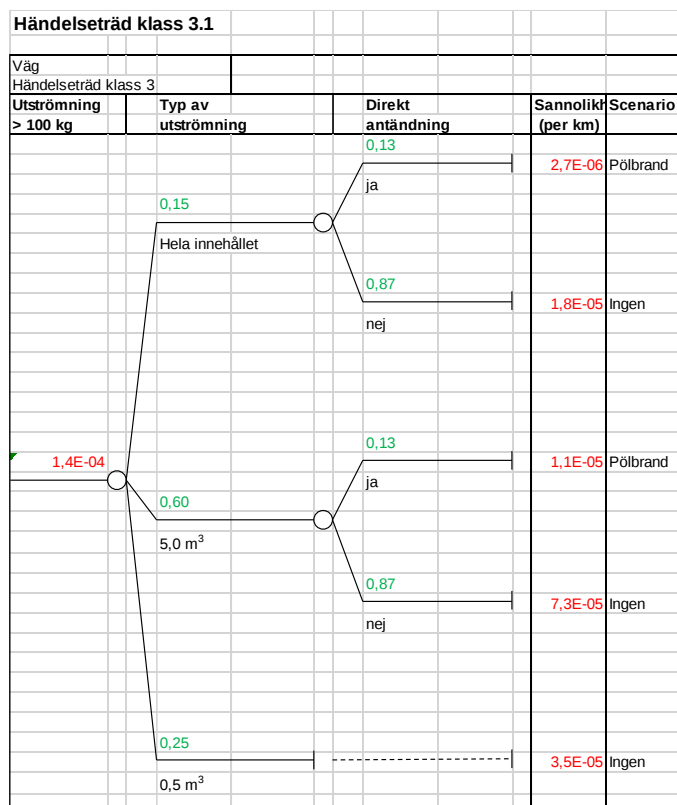
Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas.

2.1.2 Klass 2.3



Figur 4. Händelseträäd för olycka giftiga gaser.

2.1.3 Klass 3



Figur 5. Händelseträäd 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.

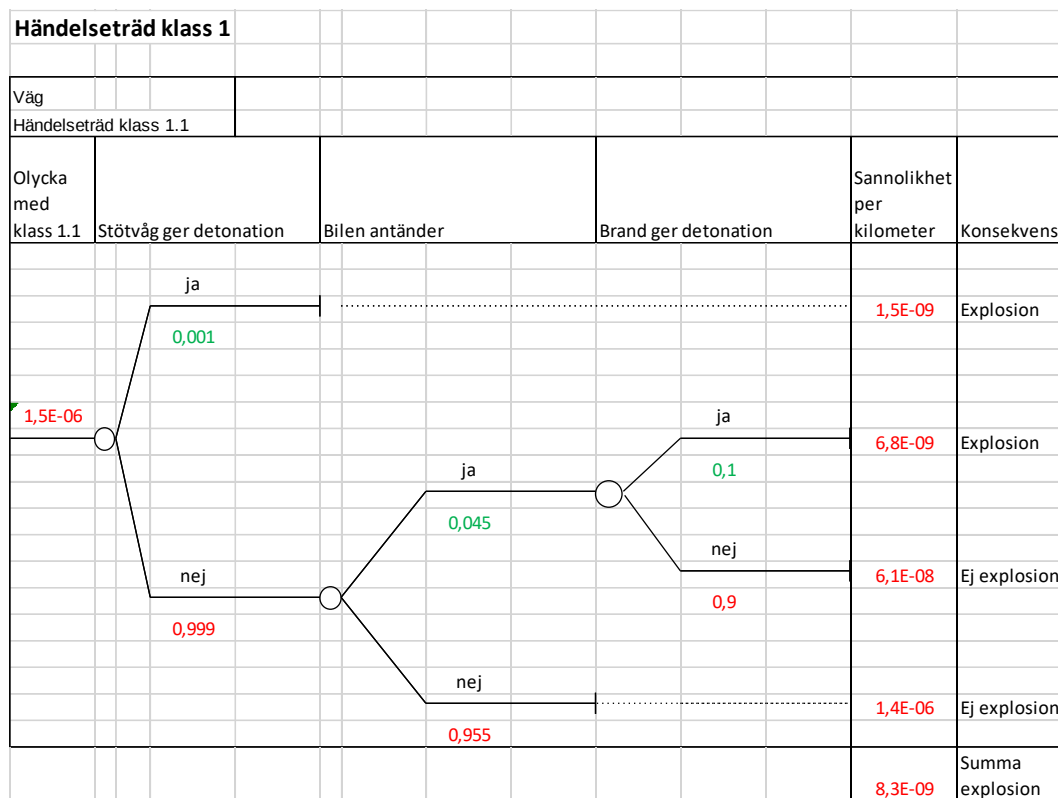
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %.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

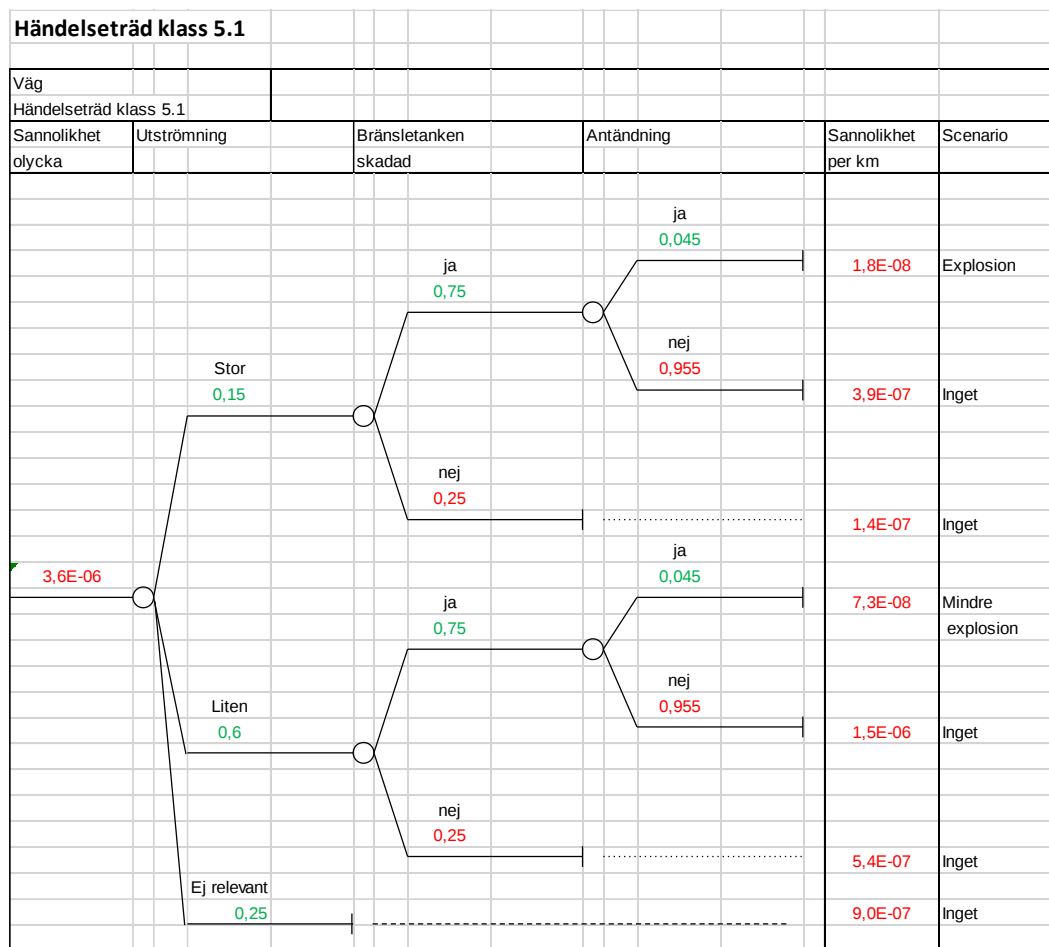
2.3 Klass 5.1

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

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

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

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



Figur 7. 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



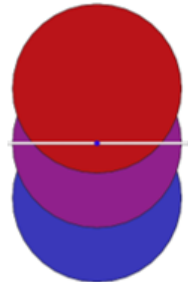
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



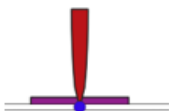
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



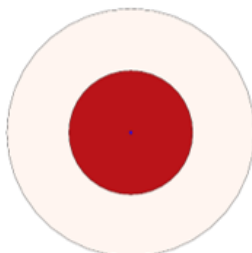
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



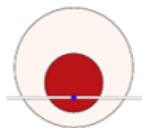
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



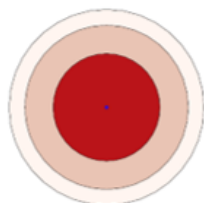
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



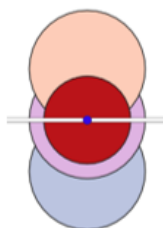
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



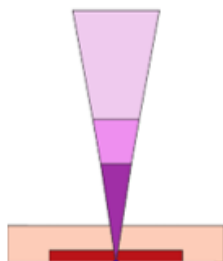
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



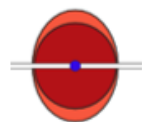
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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

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

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

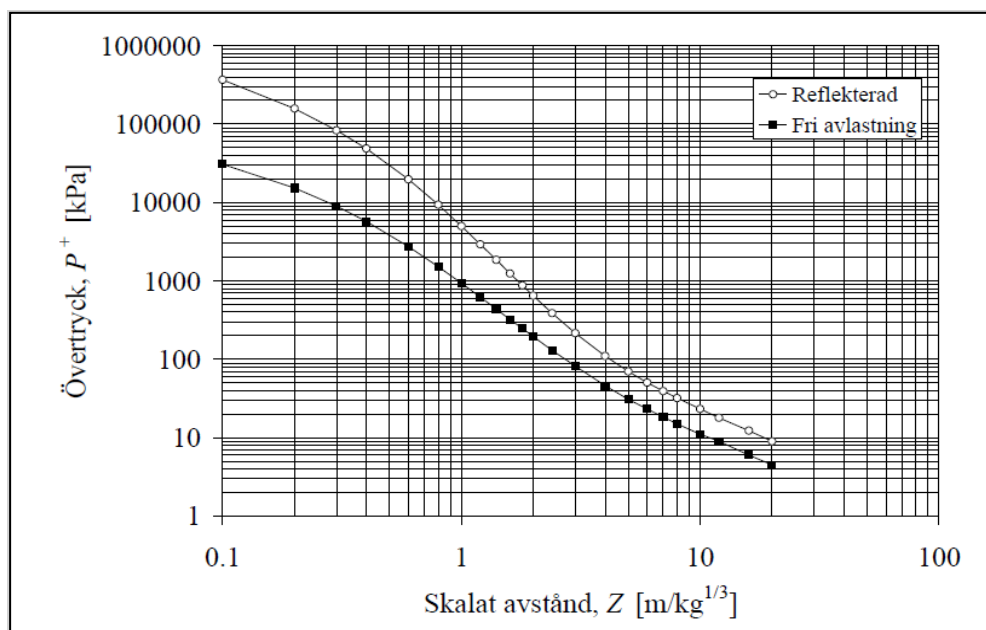
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

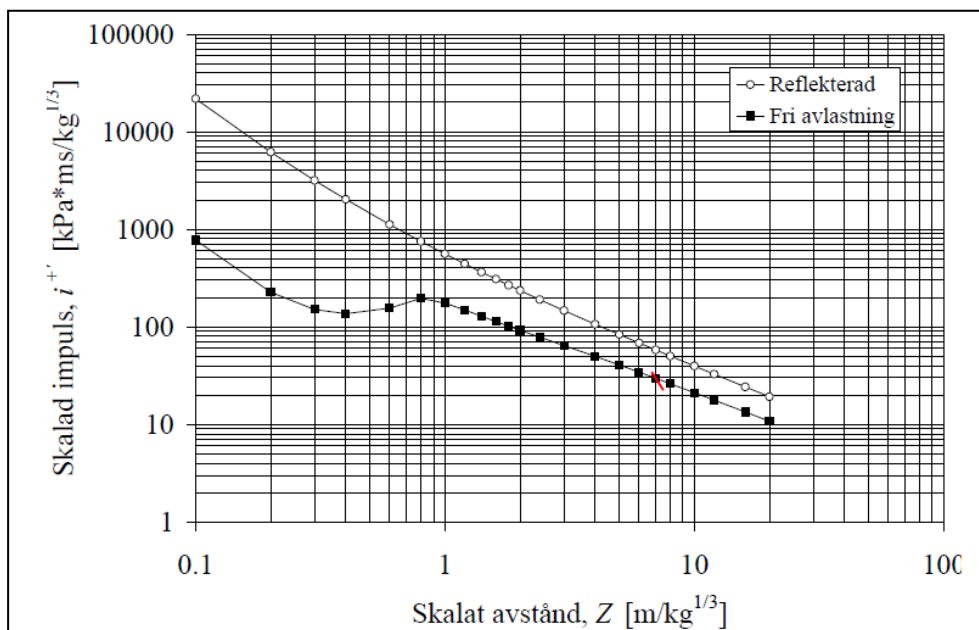
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



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

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



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

Resultaten visas i tabell 1.

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

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

3.1.1 Skador på bebyggelsen

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

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

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

3.1.2 Skador utomhus

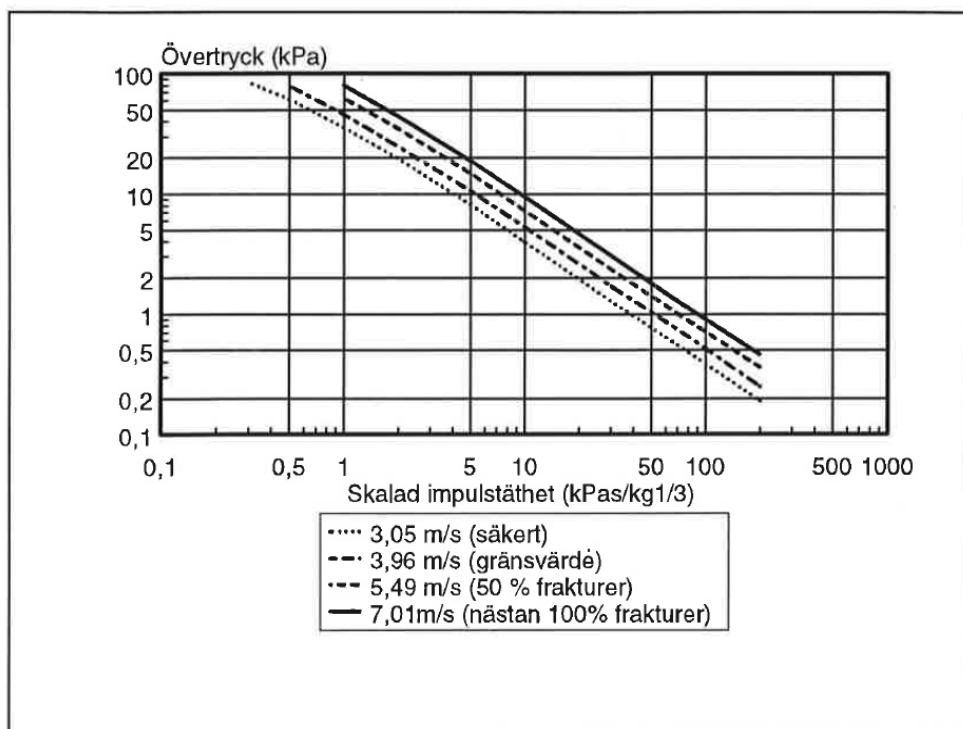
Direkta skador pga. tryck

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 skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



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

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

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

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 2,5 meters mellanrum.

Referenser

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

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

Innehåll

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 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

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

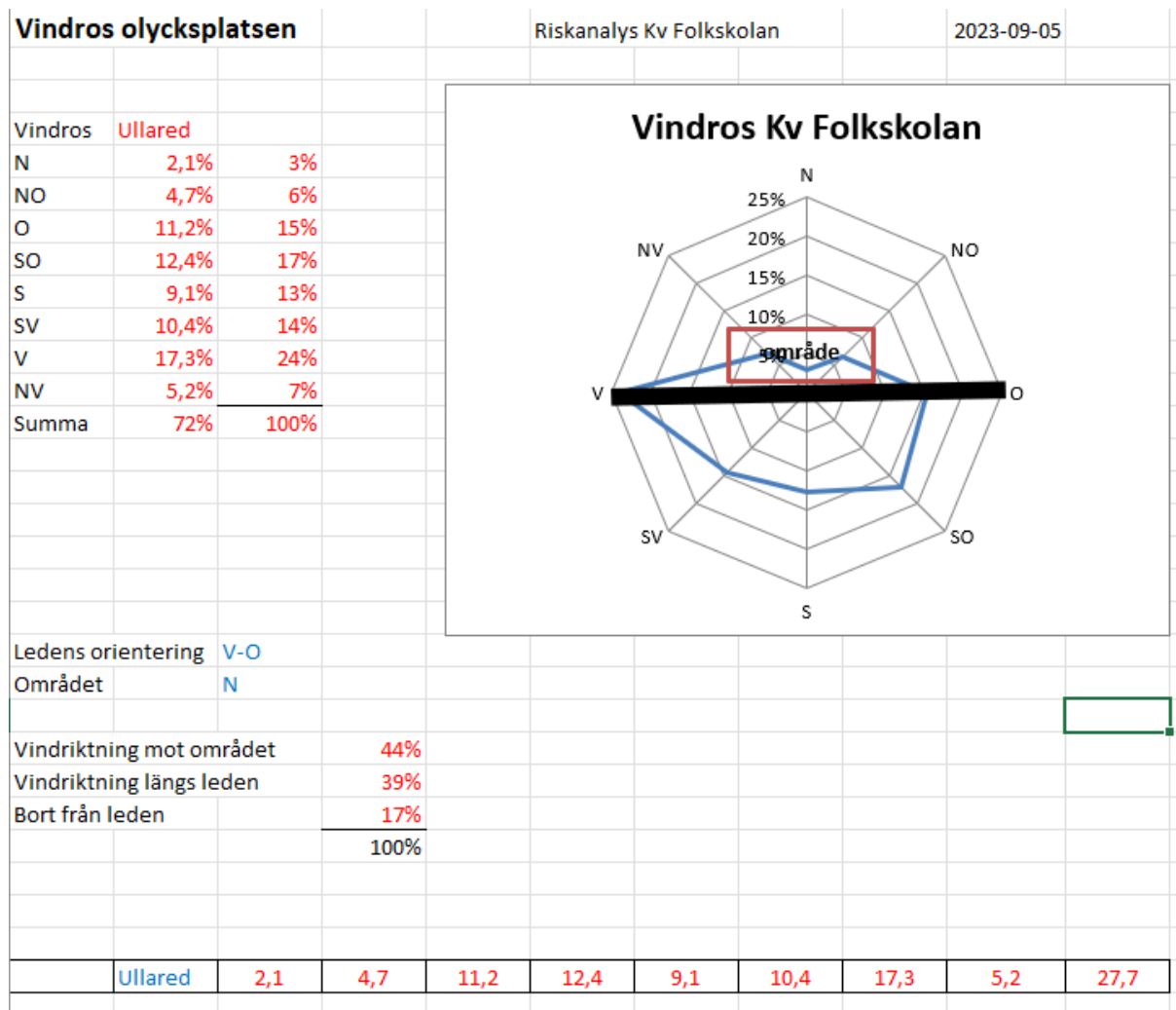
I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata 1(2)		Uppdrag snamn: Riskanalys Kv Folkskolan	2023-09-05
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	204 m		Beräknas
Vagnlängd	20 m		
Godståg/dag	10		
Persontåg/dag	32		
Pendeltåg/dag	0		
Antal vagnar/tåg	10,2		
Antal tåg/dag	42		
Antal tåg/år	15330		
Antal tåg/v	295		
Antal växlar	0		
Plankorsn. bommar	2		
Plankorsn. ljus	0		
Plankorsn. Kryss	0		
Vagnaxelkm/år	4,3E+05		
Vagnkm	1,6E+05		
Beräkning olycksrisken			
		Intensitet	Frekvens
Orsak	Parameter	Spårklass	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04
Spårslägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07
Summa	Olyckor per år/km		
Antal tågkm/år			
Olyckor per tågkm, år			
Antal vagnkm/år			
Olyckor per vagnkm, år			

Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	1,0	0,3	1,0E-08	0,8	3,0E-08
Klass 2.1	46,0	11,5	4,6E-07	34,5	1,4E-06
Klass 2.3	275,0	68,8	2,7E-06	206,3	8,2E-06
Klass 3, bensin	425,0	106,3	4,2E-06	318,8	1,3E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	1750,0	437,5	1,7E-05	1312,5	5,2E-05
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	3650				
andel m bensinvagnar	12%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leda	70	50	m		
Bredd på hus första raden	45		m		
Områdets längd längs leda	460		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.

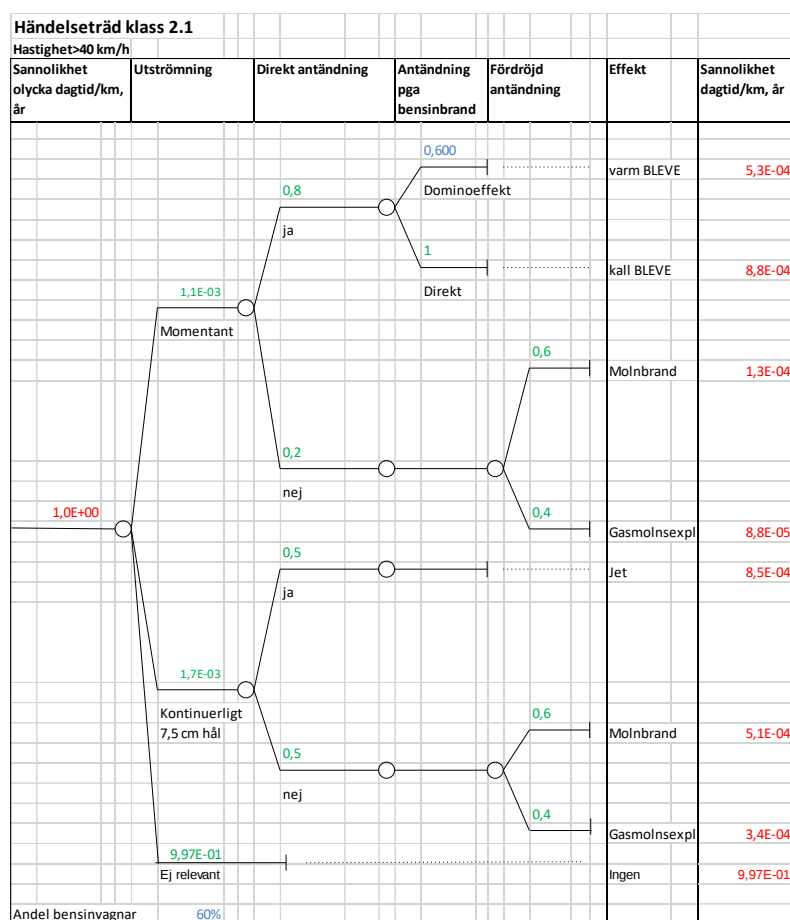
2 Händelseträd

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.

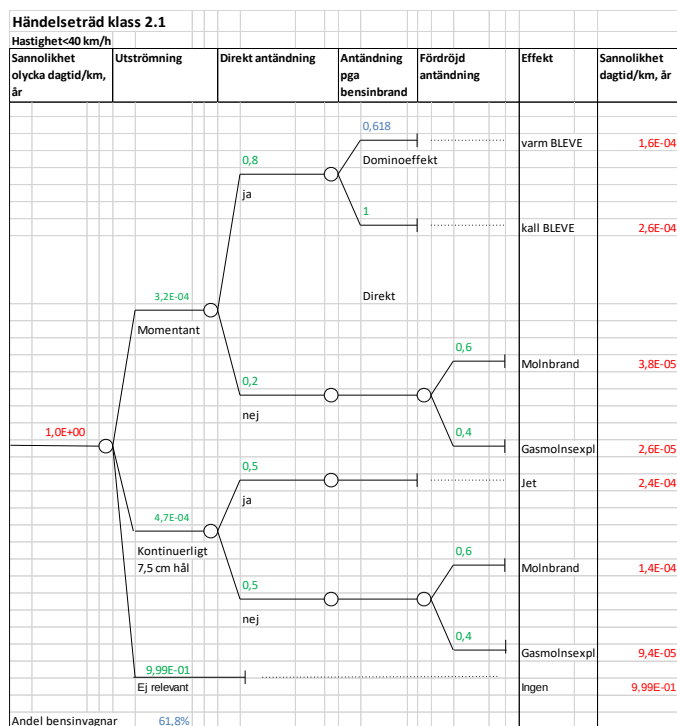
2.1 Händelseträd från RBM II

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

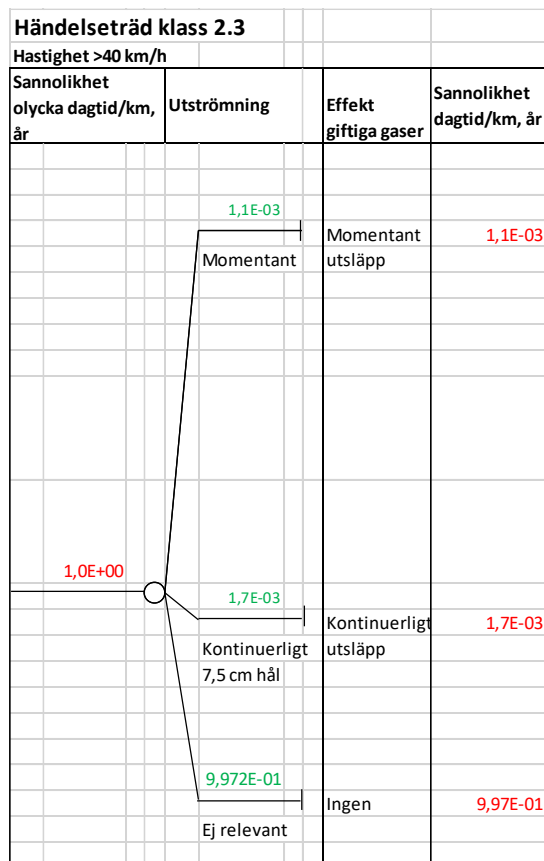


Figur 3. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h

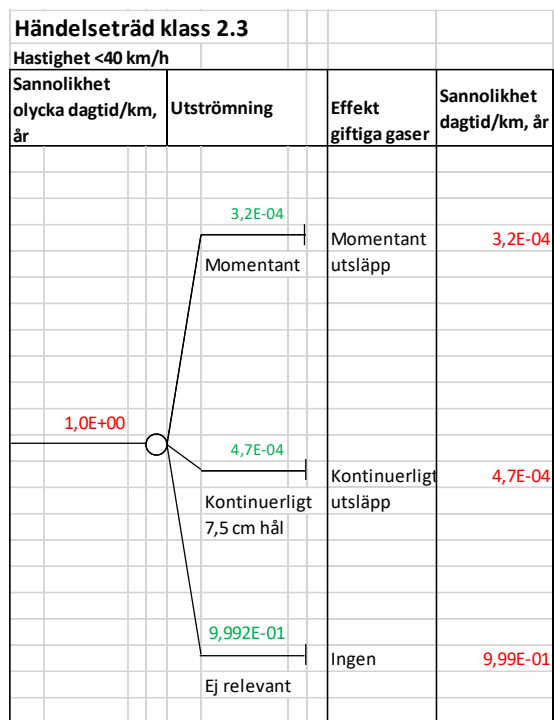


Figur 4. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3

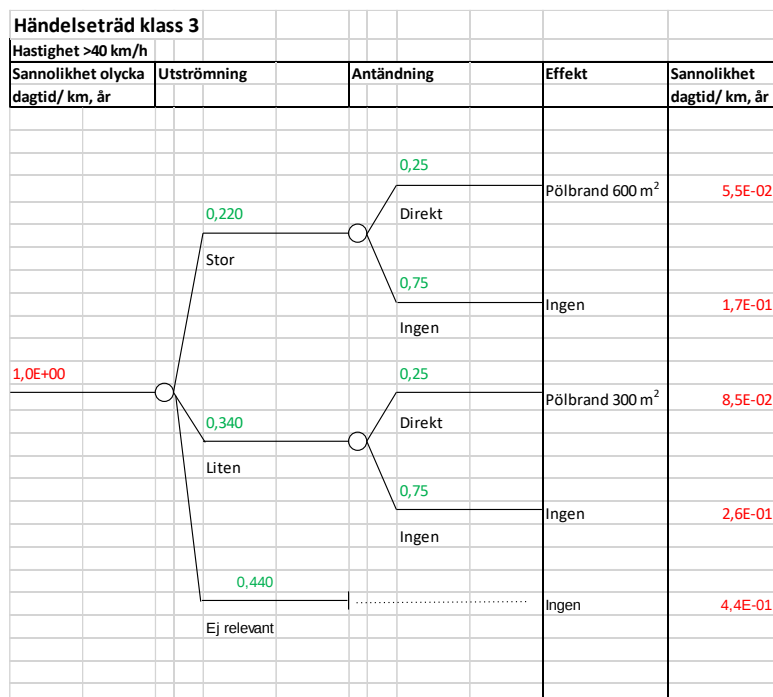


Figur 5. Händelseträd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h



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

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

Figur 8. Händelsesträd 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.

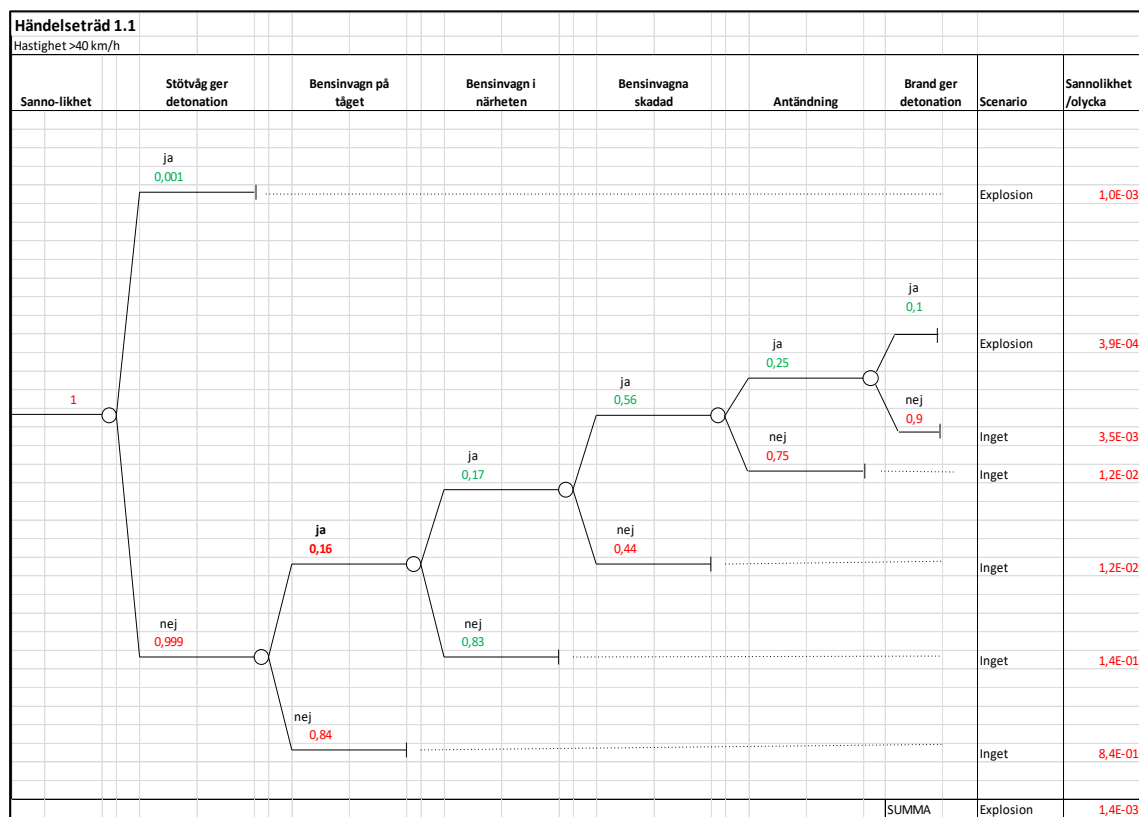
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

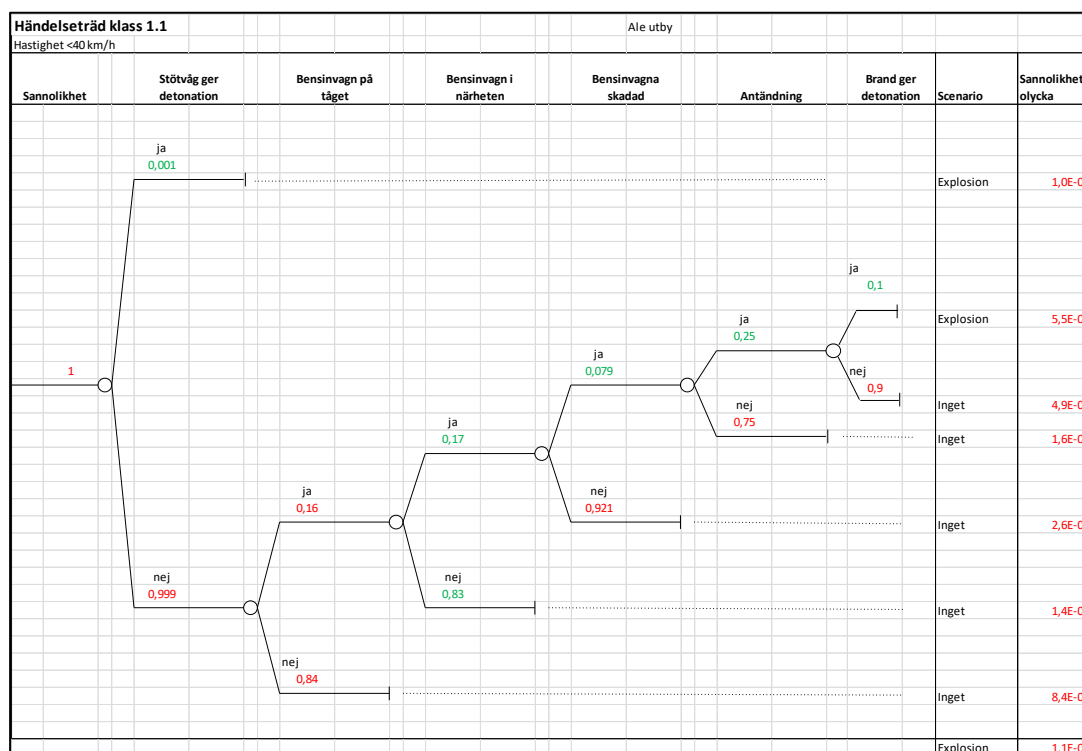
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

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.)

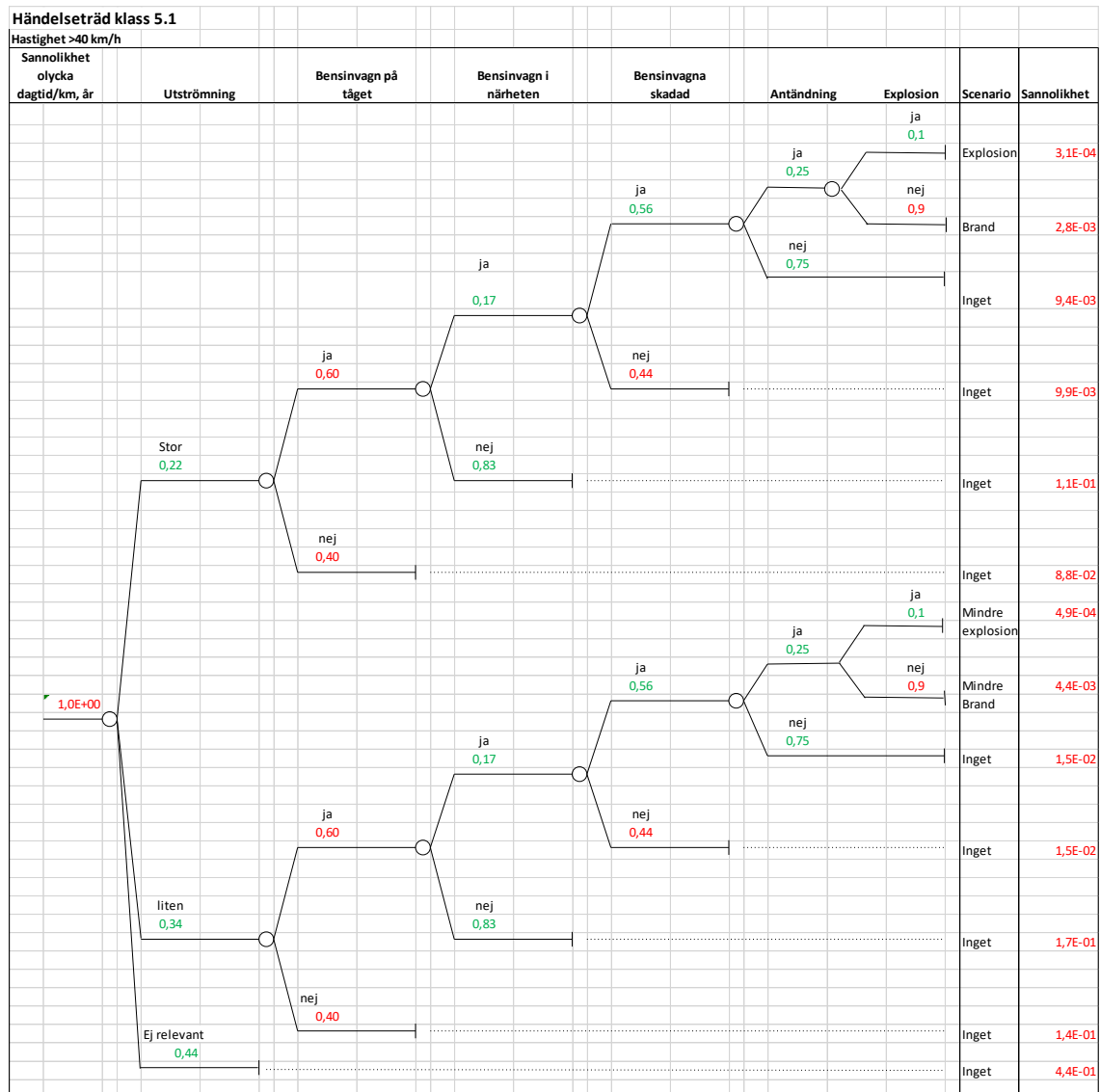
2.3 Klass 5.1

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.

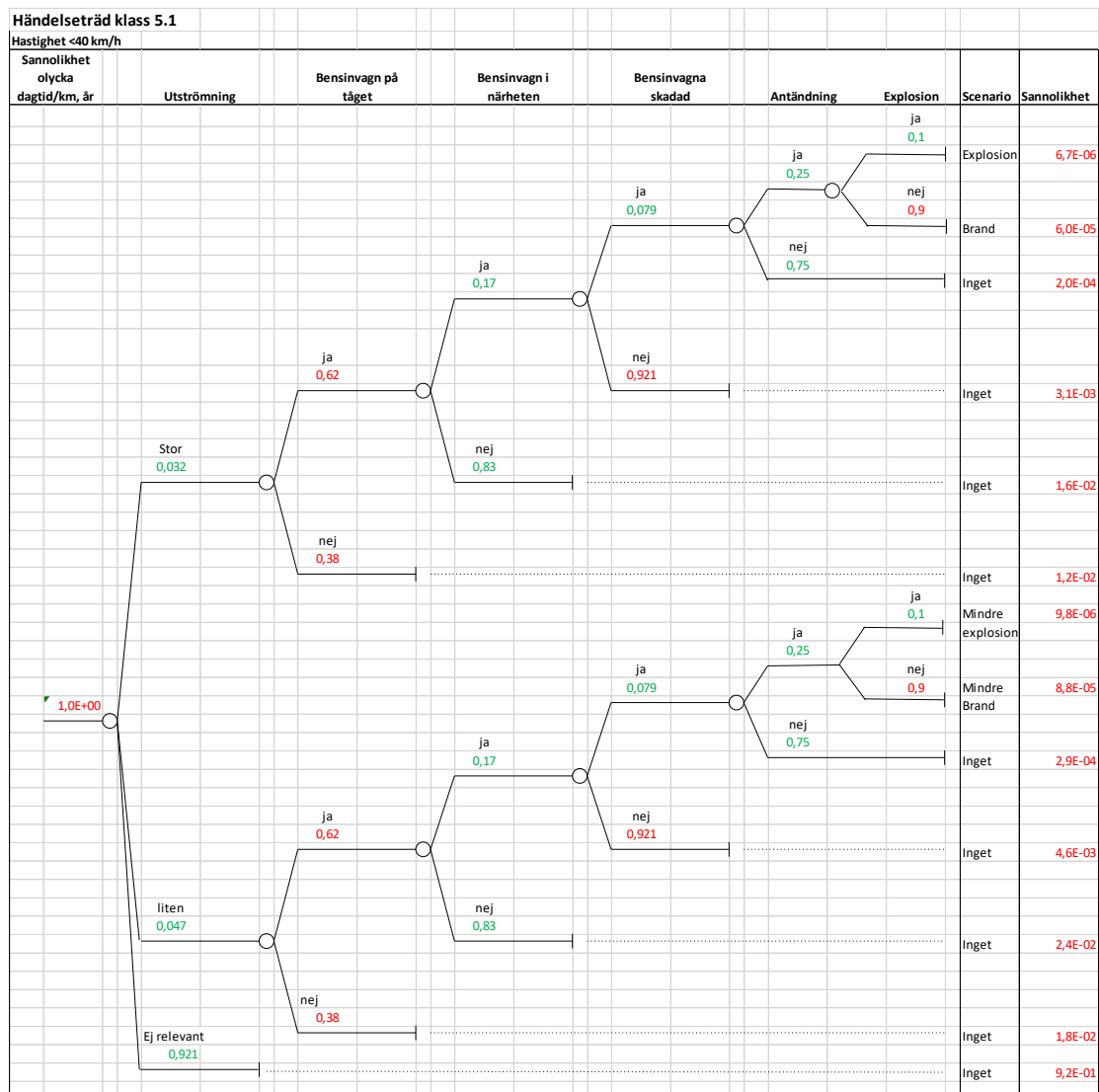
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensin och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

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

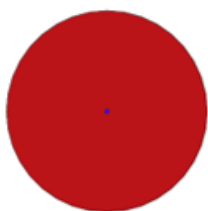
3 Konsekvenser av scenario

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

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

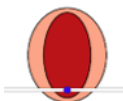
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i *figur 13*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden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



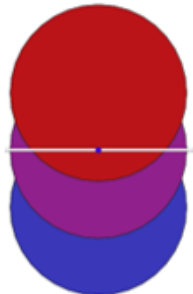
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

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



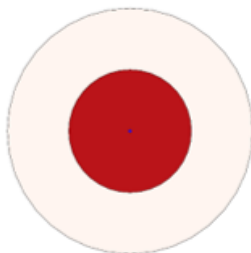
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



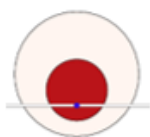
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



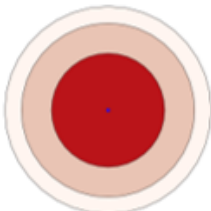
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



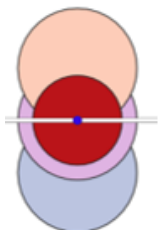
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



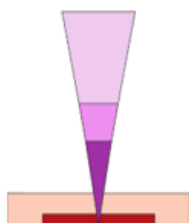
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



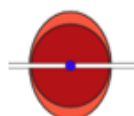
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

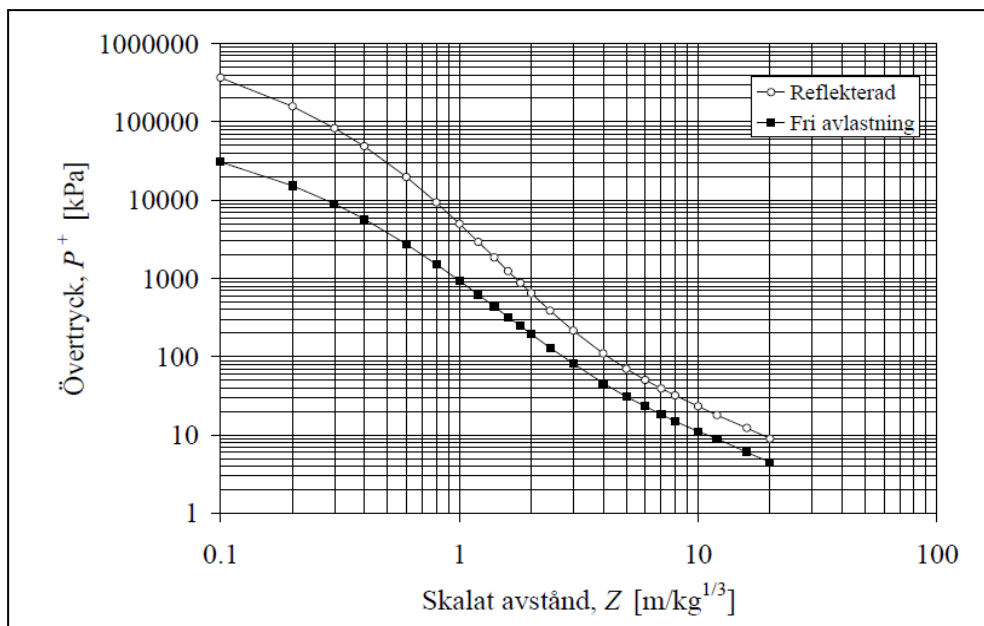
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

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

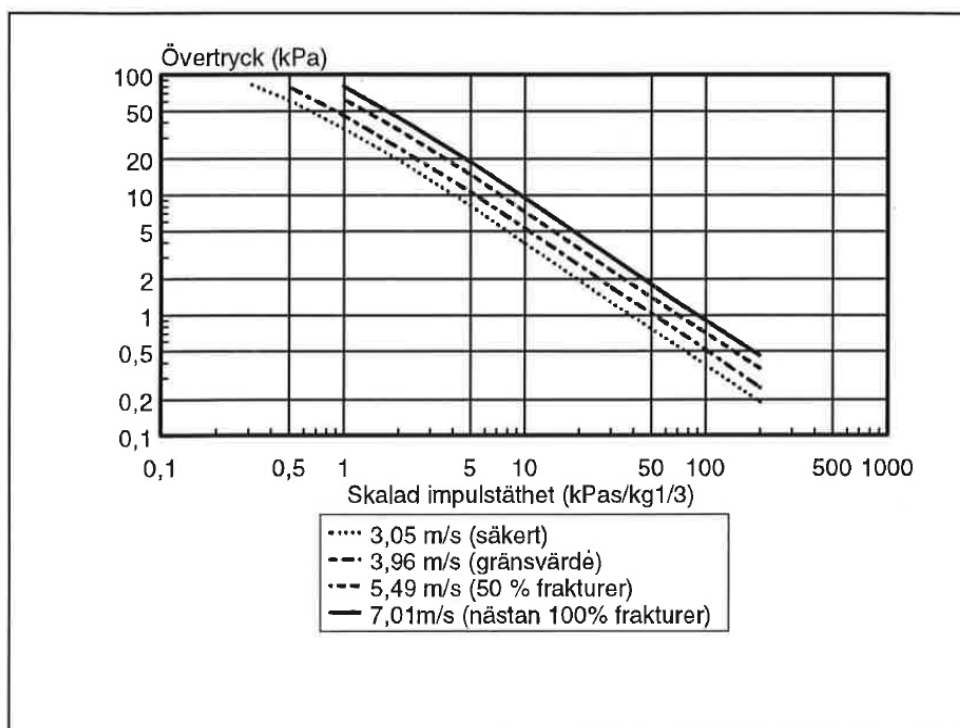
Direkta skador pga. tryck

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 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

Individriska beräknas med hjälp av följande ekvation:

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

I individriska beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i *figur 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 individriska med 5 meters mellanrum.

Referenser

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