

Riskutredning Vangsby 1:3, Uppsala

Utredning avseende risker med
farligt gods på järnväg



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
0.1	2024-03-25	Interngranskning	Johan Nimmermark	
1	2024-04-05	Granskningshandling		Elvira Sörman Laurien
1	2024-04-08	Slutgiltig version		Elvira Sörman Laurien

Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Upprättad av

RegNo 556767-9849
 Riskutredning farligt gods Vangsby
 30071414
 Vangsby Utveckling AB
 Thomas Frödin, Elvira Sörman
 Laurien

Datum
Ver

2024-04-08
 1

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1 Inledning	5
1.1 Syfte och mål	5
1.2 Metod	5
1.2.1 Riskbegreppet.....	5
1.1.1 Metodik för riskanalys.....	6
1.3 Avgränsningar	7
2 Styrande och vägledande dokument.....	8
2.1 Plan- och bygglag	8
2.2 Miljöbalken	8
2.3 Rekommendationer från Trafikverket för järnväg	9
2.4 Länsstyrelsens riktlinjer.....	9
2.5 Värdering av risk	10
3 Förutsättningar	12
4 Riskbedömning.....	15
4.1 Riskidentifiering.....	15
4.1.1 Olycka med transport av farligt gods	15
4.2 Riskanalys.....	17
4.2.1 Individrisk	19
4.2.2 Samhällsrisk	20
4.3 Riskvärdering	20
4.4 Osäkerheter	21
4.4.1 Förenklingar och antaganden.....	21
5 Samlad bedömning.....	22
Referenser	23
 Bilaga A – Frekvensberäkningar	
Bilaga B – Konsekvensberäkningar	

Sammanfattning

På fastigheten Vangsby 1:3 planeras det för bebyggelse av bostäder. Dessa kommer placeras inom 150 meter från Dalabanans järnväg, vilket innebär att en riskutredning gällande olyckor med farligt gods behöver utföras. Riskerna har utretts kvantitativt genom att räkna på individ- och samhällsrisknivån för det aktuella området med hänsyn till områdesspecifika förutsättningar som bebyggelse, persontäthet, järnvägstrafikvolym, hastigheter, typ av farligt gods med mera.

Resultatet visar att det tilltänkta detaljplaneområdet innebär mycket låga risker, acceptabla, för farligt gods olyckor. Därmed bedöms riskerna avseende transport av farligt gods på järnvägen inom planområdet som acceptabla. Det innebär att inga riskreducerande åtgärder anses vara motiverade att vidta.

1 Inledning

På fastigheten Vangsby 1:3 i Vänge, Uppsala kommun, planerar Vangsby utveckling AB att bygga ett nytt bostadsområde. Området är beläget relativt nära Dalabanan söder om Dalabanan. Utöver ett tjugotal småbostadshus planeras även ett LSS-boende¹ att uppföras. Då delar av fastigheten ligger inom riskhanteringsavståndet på 150 meter från järnväg där farligt gods transporteras ska risker från denna utredas.

Utredningen genomförs kvantitativt, det vill säga beräkningar av frekvenser och konsekvenser för olika olycksscenarier genomförs. Lokala förutsättningar så som bebyggelse, persontäthet, järnvägstrafikvolym, hastigheter, typ av farligt gods och planerad bebyggelse används för att beräkna individ- och samhällsrisknivåer för området.

Beräkningsresultaten värderas utifrån branschvedertagna acceptanskriterier, styrande och vägledande dokument, platsspecifika förhållanden samt erfarenheter från liknande utredningar. Eventuella rekommendationer kring åtgärder för att reducera risker till acceptabla nivåer redovisas om behov finns.

1.1 Syfte och mål

Denna riskutredning syftar till att utreda om risknivåerna för planerad bebyggelse på fastigheten Vangsby 1:3 är acceptabla med hänsyn till järnvägstrafik på Dalabanan, med avseende på risk för olycka med farligt gods.

Målsättningen är att i denna riskutredning presentera den sammantagna risknivån för det aktuella planområdet, samt att vid behov presentera förslag på riskreducerande åtgärder som kan möjliggöra planen och den planerade bebyggelsen. Utifrån beräknade risknivåer syftar utredningen till att presentera åtgärdsförslag (om så bedöms lämpligt) vars riskreducerande effekter är rimliga sett till deras kostnader och genomförbarhet.

Utredningens syfte är också att bidra till att detaljplanen uppfyller lagstiftning vad gäller att säkerställa människors hälsa och säkerhet sett till olyckor (Plan- och bygglag, 2010:900). Därutöver att detaljplanen främjar en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god livsmiljö (Miljöbalk, 1998:808)².

1.2 Metod

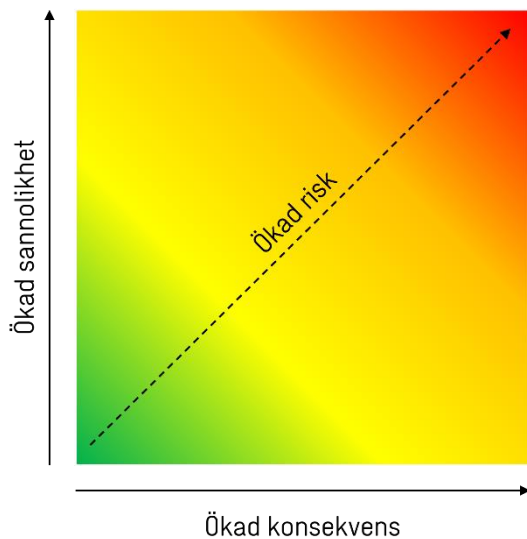
1.2.1 Riskbegreppet

Risk definieras här som en sammanvägning av sannolikheten för en önskad händelse och konsekvensen av denna händelse om den inträffar. Sannolikheten redovisas som en förväntad frekvens för den önskade händelsen, och konsekvensen beskriver omfattningen av de skador som kan uppstå.

Figur 1 nedan illustrerar hur risken ökar när sannolikheten för, och/eller konsekvensen av, en händelse ökar.

¹ LSS – lagen om stöd och service till vissa funktionshindrade.

² Se även avsnitt 2 *Styrande och vägledande dokument*.



Figur 1. Ökande risk i förhållande till sannolikhet och konsekvens.

1.1.1 Metodik för riskanalys

Metodiken som används i denna utredning följer riskhanteringsprocessens steg:

- **Riskbedömning** – omfattar riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering
 - Riskidentifiering: inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser.
 - Riskanalys: kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.
 - Riskvärdering: Efter riskanalysen görs en värdering för att avgöra huruvida riskerna kan accepteras eller ej. Som del av riskvärderingen kan även förslag till riskreducerande åtgärder för att sänka riskerna ges.
- **Riskreduktion/riskkontroll** – det sista steget i riskhanteringsprocessen omfattar de beslut som tas kopplat till genomförd riskbedömning och de eventuella åtgärder som bedöms vara nödvändiga för att uppnå en acceptabel risknivå.

Således omfattar riskhanteringsprocessen riskbedömning (riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering) samt riskreduktion/riskkontroll.

Individrisk beskriver sannolikheten för dödliga skador i anslutning till en eller flera riskkällor under ett år. Individrisk tar ej hänsyn till hur många människor som vistas i närheten av riskkällan utan antar att en person befinner sig oskyddad på samma avstånd från riskkällan dygnet runt under ett år. Eftersom det utifrån måttet går att avgöra om enskilda individer utsätts för oacceptabelt hög risk brukar måttet beskrivas som ett rättighetsbaserat mått. Individrisken presenteras i denna riskutredning i form av en individriskkurva där risken beskrivs som funktion av avståndet från riskkällan. Individrisk beror alltså endast på riskkällan och påverkas inte av hur den omgivande bebyggelsen ser ut.

Samhällsrisk beskriver risken med hänsyn till hur många människor som kan omkomma om det sker en olycka vid riskkällan. Hänsyn tas då till den områdesspecifika persontätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Vidare påverkas samhällsrisk av hur omgivningen bebyggs/är bebyggd. Konsekvenserna beräknas utifrån medelpersontätheten.

Samhällsrisk presenteras i ett så kallat F/N-diagram³. I diagrammet kan man avläsa sannolikheten för att olika antal personer omkommer i anslutning till riskkällan.

Beräkningarna har genomförts med hjälp av Monte Carlo-simuleringar⁴ i programvaran @Risk⁵. Det innebär att sannolikhetsfördelningar har antagits för de ingående parametrarna vilket till skillnad från medelvärdesberäkningar ger möjlighet att redovisa osäkerheter och genomföra en känslighetsanalys⁶ på ett utförligt sätt. Simuleringar med 2000 iterationer har genomförts i beräkningarna. En mer utförlig beskrivning av beräkningarna finns i bilagorna.

1.3 Avgränsningar

Riskutredningen är avgränsad till risker förknippade med transport av farligt gods på Dalabanan förbi det aktuella planområdet. De kvantitativa beräkningarna omfattar olyckor som medför påverkan på människor på sådant sätt att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej.

I denna riskutredning beaktas inte egendomsskador, naturskador eller långtgående dominoeffekter av de beaktade olyckorna.

Risker på grund av mänskligt sabotage ingår inte i denna utredning.

Resultatet av riskutredningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna kan riskutredningen behöva uppdateras.

³ Frequency of accidents / Number of fatalities. På svenska Olycksfrekvens / Antal dödsfall.

⁴ Viss typ av matematiska algoritmer som bygger på slumpstal. I stället för ett medelvärde för beräkningarna så anges ett intervall och en fördelning där ett slumpmässigt tal inom detta intervall dras. Genom att tillräckligt många simuleringar genomförs fås ett resultat där genomsnittet ger ett rättvisande resultat.

⁵ Utläses på engelska "at risk".

⁶ Analys av hur känslig beräkningen är för förändringar. Där kan det testas att variera olika indata och se hur de påverkar resultatet.

2 Styrande och vägledande dokument

2.1 Plan- och bygglag

Plan- och bygglag (2010:900) omfattar bestämmelser som syftar till att:

"Med hänsyn till den enskilda människans frihet, främja en samhällsutveckling med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden och en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer"
(2010:900, 1 kap. 1 §)

I lagen anges att vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked ska bebyggelse och byggnadsverk bland annat lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor. Boverket sammanfattar hur:

"Hänsyn till hälsa, säkerhet, och risken för olyckor ... är viktiga begrepp i PBL och ingår i de allmänna intressen som regleras i 2 kap. PBL. De allmänna intressena i 2 kap. PBL utgör sådana krav som staten (genom att lagstifta om PBL) anser att kommunen ska ta hänsyn till eller främja, vid beslut om användning av mark och vatten" (Boverket, 2019)

Planläggning och prövningen i ärenden om lov eller förhandsbesked enligt lagen ska syfta till att mark- och vattenområden används för det eller de ändamål som områdena är mest lämpade för med hänsyn till beskaffenhet, läge och behov.

Det är enskilda kommuners angelägenhet att reglera användningen av mark- och vattenresurser inom den egna kommunens gränser. Det är inom ramen för detaljplaneringen som en kommun får bestämma om specifika åtgärder behöver implementeras för att skydda mot olyckor (Plan- och bygglag, 2010:900, 4 kap. 12 §). Plan- och bygglagens 4 kap. 30–37 § föreskriver minimikraven gällande vilka typer av handlingar en detaljplan skall innehålla.

2.2 Miljöbalken

Miljöbalken (1998:808) syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. Detta innebär bland annat att miljöbalken ska tillämpas så att människor och miljön skyddas mot skador. I både Plan- och bygglag (2010:900) och Miljöbalken (1998:808) beskrivs de skyldigheter som finns i en detaljplaneprocess vad gäller att ta hänsyn till planens eventuella påverkan på miljön.

2.3 Rekommendationer från Trafikverket för järnväg

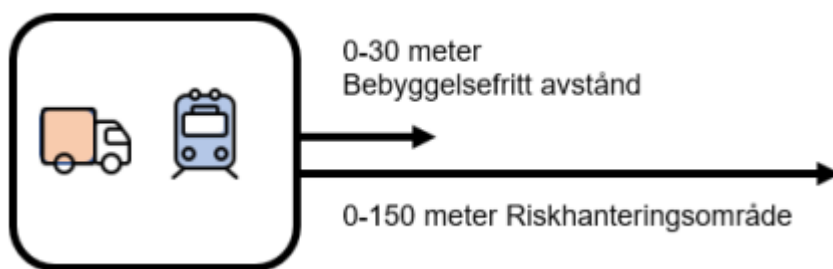
Som stöd i samhällsplanering kring järnvägar har Trafikverket (2020) tagit fram publikationen *Transportsystemet i samhällsplaneringen* där ett generellt bebyggelsefritt avstånd från spår på 30 meter (från spårmitt på närmaste spår) till ny bebyggelse rekommenderas:

Ett sådant avstånd ger utrymme för underhållsåtgärder och eventuella räddningsinsatser om det skulle ske en olycka. Det medger också en komplettering av riskreducerande åtgärder vid en förändrad risksituation. Influensområdet för risker kan vara betydligt större än 30 meter, och riskanalyser kan behöva tas fram även för sådant som ligger längre från järnvägen än så. Ett riktvärde att gå efter kan vara att göra riskanalyser för transporter av farligt gods för bebyggelse inom 150 meter från närmaste spårmitt då nya åtgärder planeras (Trafikverket, 2020, s. 85)

2.4 Länsstyrelsens riktlinjer

Det finns inga nationella krav eller riktlinjer för hur bebyggelse ska planeras intill vägar eller järnvägar där farligt gods transporteras. Med anledning av detta har flertalet länsstyrelser tagit fram egna riktlinjer, anpassade till lokala förutsättningar. Dessa riktlinjer används vägledande, det vill säga utgör inga skall-krav i planläggningen. Då länsstyrelsen är en viktig tillsyns- och samrådsmyndighet i planprocessen används dock länsstyrelsernas riktlinjer vanligtvis i denna typ av utredningar.

Länsstyrelsen Uppsala län (2023) beskriver i vägledningen *Riskhantering vid transportleder för farligt gods* hur risker med transport av farligt gods ska hanteras i olika planprocesser. När det gäller områden intill vägar och järnvägar där farligt gods transporteras uppges att en riskbedömning alltid bör göras om tilltänkt markanvändning befinner sig inom ett avstånd på 150 meter från transportleden. Inom detta riskhanteringsområde bör även ett generellt bebyggelsefritt avstånd som sträcker sig 30 meter från riskkällan upprätthållas, se Figur 2.



Figur 2. Illustration över riskhanteringsområde och bebyggelsefritt avstånd från väg- och järnväg. Länsstyrelsen Uppsala län, s. 8 (2023).

I vägledningen delas avstånden upp i gröna, gula respektive röda zoner beroende på avstånd till riskkällan, i detta fall järnvägen där transporter av farligt gods sker, och markanvändningens känslighetsnivå. Beroende på grön, gul eller röd zon kan olika typer av information behöva ingå och redovisas i planhandlingarna.

I röd och gul zon ska riskerna utredas med hjälp av kvantitativ metod. Inom grön zon bedöms risknivån vanligtvis vara acceptabel, men en riskbedömning (som kan vara kvalitativ) behöver ändå göras för att säkerställa detta. I

föreliggande utredning bedöms den planerade markanvändningen utgöras av normalkänslig (småbostadshus) och känslig (LSS-boende). Preliminärt planeras endast normalkänslig bebyggelse placeras inom 150 meter från Dalabanan vilket utgör bebyggelse enligt grön zon, men då känslig verksamhet (LSS-boende) finns med i detaljplanen bedöms det motiverat att utreda riskerna kvantitativt i det fall placeringen av de olika byggnaderna skulle ändras.

2.5 Värdering av risk

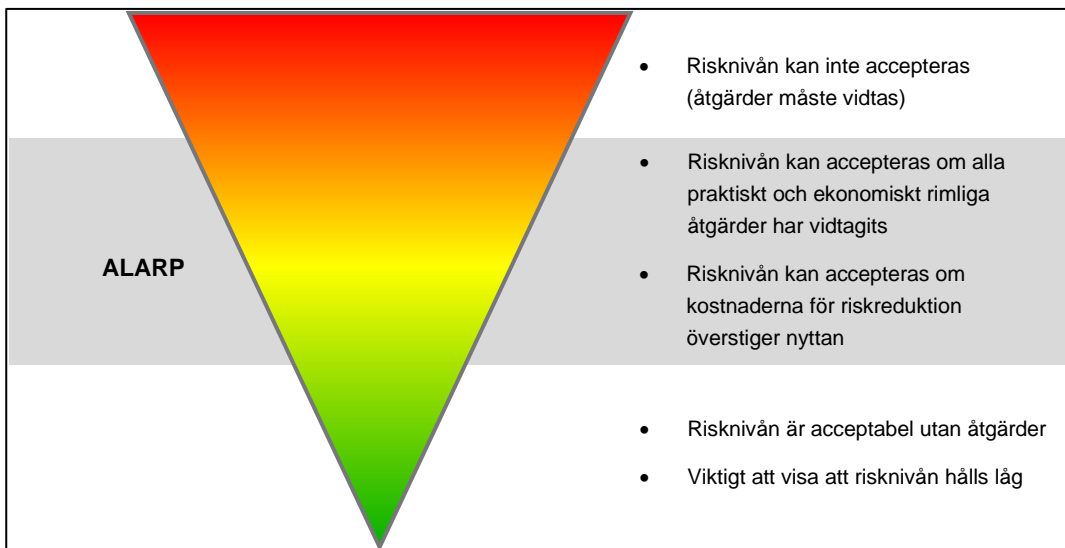
Rapporten *Värdering av risk* (Räddningsverket, 1997) har kommit att bli ett standardverk för svensk riskhantering. I rapporten diskuteras hur risker i samband med fysisk planering ska värderas i Sverige och förslag på principer för detta ges.

De fyra principer som presenteras är de som idag används för att värdera risk i Sverige och bör ses som ett svar på samhällets acceptans av vissa risker på grund av att resurserna för att hantera samhällsrisker är inte är oändliga.

- **Rimlighetsprincipen:** En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med teknisk och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas, oavsett risknivå.
- **Proportionalitetsprincipen:** De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster etcetera) som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen:** Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de positiva effekter som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- **Principen om undvikande av katastrofer:** Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

I rapporten nyttjas även ALARP-konceptet⁷, vilket är en vanligt förekommande princip för att sätta kriterier för beräknade risknivåer. Figur 3 nedan illustrerar hur risknivån kan förstås som tre områden: ett övre där risken inte kan accepteras alls (åtgärder måste vidtas), ett i mitten där risken kan accepteras om rimliga åtgärder vidtas, samt ett nedre där risken kan accepteras utan riskreducerande åtgärder. Det är området i mitten som kallas ALARP-området.

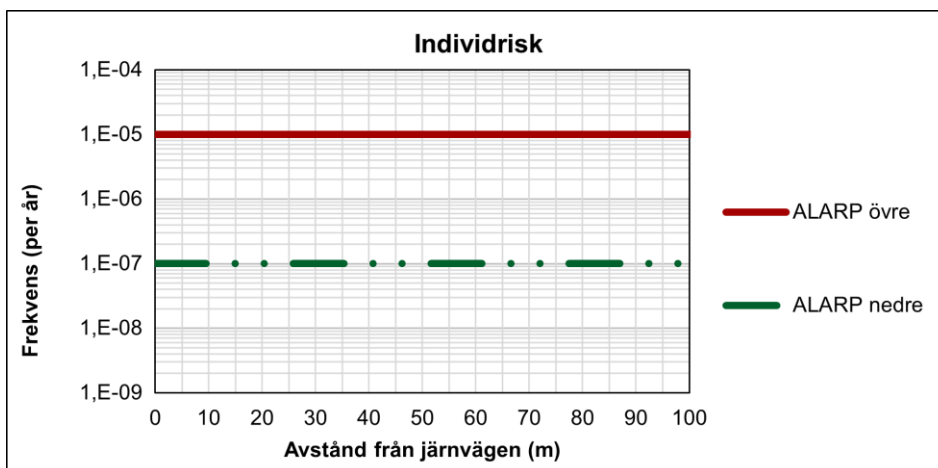
⁷ As Low As Reasonably Practicable. Engelska ungefärligt översatt: så låg som är praktiskt möjligt och rimligt.



Figur 3: Förslag till uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

I *Värdering av risk* (Räddningsverket, 1997) ges ett förslag till kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk från farlig verksamhet och transporter. Det ursprungliga syftet med rapporten var att verka som en startpunkt för diskussion gällande riskkriterier. Dessa riskkriterier har dock kommit att bli de som regelmässigt används för att värdera risk i Sverige.

För individrisk föreslås övre gräns för ALARP-området 10^{-5} per år⁸ och nedre gräns för ALARP-området 10^{-7} per år⁹, se Figur 4 nedan.

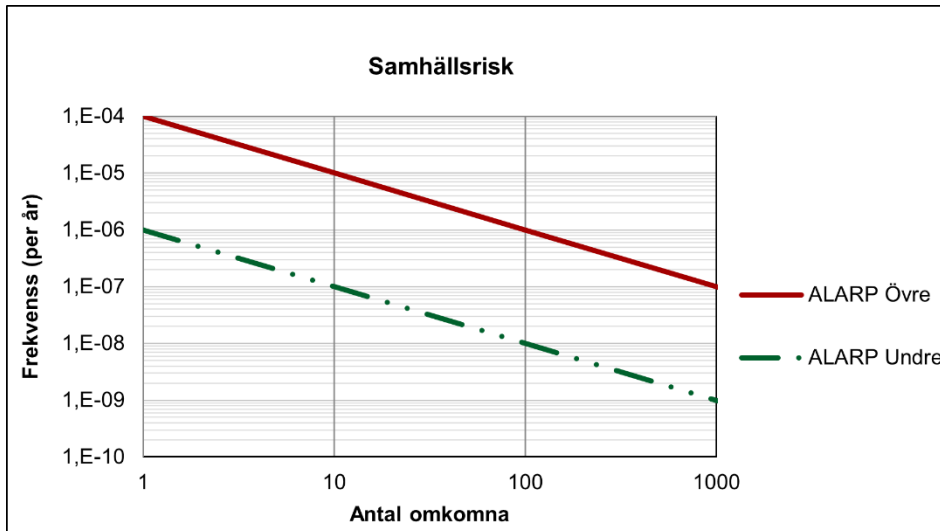


Figur 4: Förslag till kriterier för individrisk., där ALARP-området befinner sig mellan sannolikhet på 10^{-5} och 10^{-7} . (Räddningsverket, 1997). $1E^{-x}$ är detsamma som 10^{-x}

⁸ 10^{-5} är ett matematiskt uttryck för 0,00001, det vill säga "en på 100 000".

⁹ 10^{-7} är ett matematiskt uttryck för 0,0000001, det vill säga "en på 10 000 000".

För samhällsrisk föreslås för ett dödsfall en övre gräns för ALARP-området på 10^{-4} per år och nedre gräns för ALARP-området på 10^{-6} per år och kilometer. En lutning på linje för fler dödsfall föreslås vara -1.¹⁰ Sammantaget ger detta kriterier enligt Figur 5 nedan.

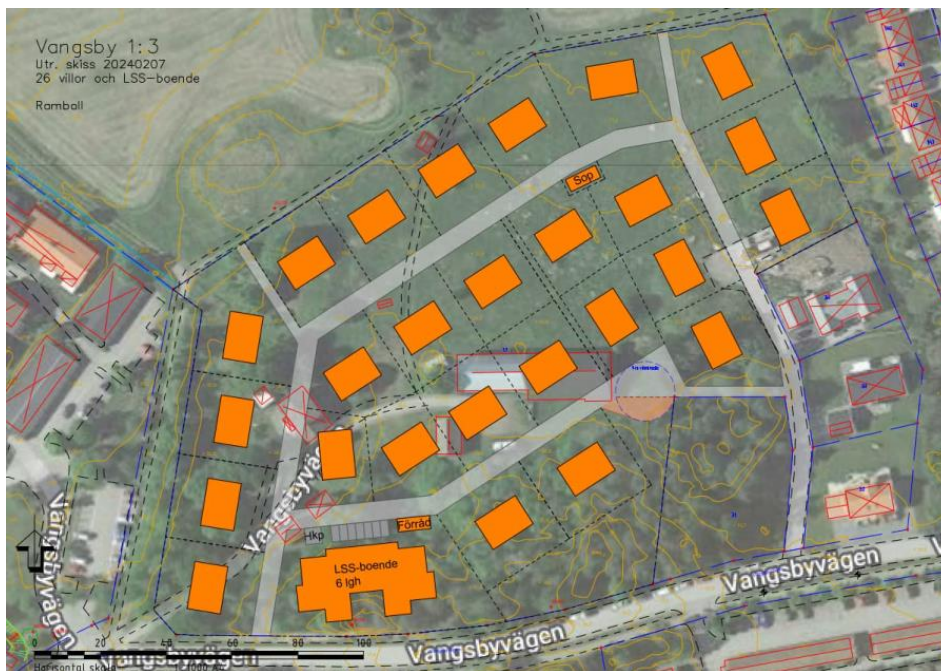


Figur 5: Förslag till kriterier för samhällsrisk, där ALARP-området befinner sig mellan 10^{-4} och 10^{-6} för olyckor med ett dödsfall och med en lutning på -1 för olyckor med fler antal omkomna (Räddningsverket, 1997). $1E^{-x}$ är detsamma som 10^{-x}

3 Förutsättningar

På fastigheten Vangsby 1:3 i Vänge planerar Vangsby Utveckling AB för uppförande av 26 villor och ett vårdboende (LLS-boende) enligt skiss i Figur 6. Enligt Länsstyrelsen i Uppsala läns (2023) riktlinjer klassas enfamiljshus som är lättutrymliga som normalkänslig markanvändning och vårdinrättningar som känslig markanvändning. Typiska förutsättningar för denna bebyggelsetyp är exempelvis stadigvarande vistelse, mer omfattande vistelse utomhus och sovande personer. För vårdboendet kan det även antas vara mer svårutrymt, eftersom de boende kan ha en begränsad förmåga att inse fara, samt att de som vistas i lokalerna inte kan antas ha samma möjligheter att utrymma på egen hand.

¹⁰ "En FN-kurva med en angiven lutning av -1 innebär till exempel att olyckor med 100 eller fler omkomna har en frekvens som är 1/10 (eller 10^{-1}) av frekvensen för olyckor med 10 eller fler omkomna." (Räddningsverket, 1997).



Figur 6. Planerad bebyggelse på fastigheten Vangsby 1:3 illustrerat i orange. Placering av byggnader är preliminär. Bild erhållen från Vangsby utveckling AB.

Planområdet är beläget söder om Dalabanan som är en enkelspårig och elektrifierad järnväg och trafikeras av både person- och godståg. Del av järnvägssträckan har bytesspår nordväst om planområdet. Fastighetsgränsen ligger som närmast cirka 85 meter från mitten av närmaste järnvägsspår.

Området mellan tilltänkt bostadsområde och järnvägen består främst av åkermark och en liten trädunge. I västlig, östlig och sydlig riktning finns sedan tidigare andra bostadsområden, se Figur 7.

I syd-sydvästlig riktning ligger även riksväg 72 som är primär rekommenderad led för transport av farligt gods på väg. Dock är avståndet så stort (cirka 750 meter) att väg 72 inte bedöms utgöra en riskkälla för planområdet.



Figur 7. Kartbild som visar området mellan fastighet Vangsby 1:3 och järnvägen. Röd streckad linje markerar enkelspårig del av järnväg och de två ljusgröna streckade linjerna markerar var spårväxel och det före detta stationsområdet är beläget. Hämtat från Lantmäteriets verktyg Min Karta 2024-03-28.

Mellan järnvägen och planområdet är höjdskillnaden cirka 2 meter både vid utritat streck 1 och 2 där planområdet är beläget högre än järnvägen, se Figur 8. Nordväst om planområdet, cirka 150 meter från fastighetsgränsen ligger även en spårväxel där spåret är uppdelat i dubbelspår och det tidigare legat en station.



Figur 8. Kartbild och beskrivning av höjdskillnader mellan järnväg och planområde. Hämtat från Lantmäteriets verktyg Min Karta 2024-03-28.

Riskerna med transporter av farligt gods på Dalabanan har utretts kvantitativt genom att beräkna sannolikheter och konsekvenser för olycka med farligt gods. Beräkningarna baseras på lokala förutsättningar som persontäthet och förväntat trafikflöde samt nationell statistik för transporter av farligt gods. Beräkningarna utgår från en trafikprognos för år 2040.

4 Riskbedömning

4.1 Riskidentifiering

Det riskobjekt som beaktas i föreliggande utredning är järnvägen Dalabanan, som är en järnväg där farligt gods transporteras. Som riskkälla beaktas farligt godstrafik på järnvägen. Urspårning på järnvägen som direkt drabbar planområdet bedöms inte vara en relevant risk på grund av det stora avståndet och höjdförhållanden.

Utifrån detta utreds risken för olycka med transport av farligt gods och en sådan olyckas påverkan på planområdet. Nedan redogörs för risken i allmänna ordalag. I avsnitt 4.2 genomförs en analys utifrån det aktuella planområdet.

4.1.1 Olycka med transport av farligt gods

Farligt gods är ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom vid en olycka eller felaktig hantering vid transport och lagring. Vissa ämnen utgör en mer akut risk och andra ämnen utgör en risk först efter långvarig exponering.

Angående olyckor med farligt gods skriver dåvarande Banverket och Räddningsverket följande i rapporten Säkra järnvägstransporter av farligt gods:

Olyckor med farligt gods på järnväg är i grunden järnvägsolyckor. För att en olycka ska klassificeras som farligt godsolycka ska järnvägsolyckan även förorsaka en olycka med det farliga godset, till exempel utsläpp eller explosion. På grund av de stränga hållfasthetskrav som gäller för järnvägsfordon är det mycket sällsynt att farliga ämnen läcker ut vid olyckor (Banverket & Räddningsverket, 2004, s. 12)

Mellan år 2006 och 2012 inträffade 296 olyckor med farligt gods i Sverige. Endast 9 % av dessa inträffade på järnväg (Trafikverket, 2014). Därmed är sannolikheten för en olycka med farligt gods på järnväg generellt låg, konsekvenserna kan dock bli stora. Omfattningen på konsekvenserna beror till stor del på vilket ämne som är inblandat i olyckan.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2020) ger ut föreskrifter för transport av farliga ämnen, och för järnväg benämns dessa RID-S. Enligt föreskrifterna ska ämnen märkas beroende på vilket som är den dominerande faran som ämnet eller föremålet utgör vid transport. Klassificering av ämnena enligt RID-S illustreras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1: Klassificering av farligt gods på järnväg enligt RID-S.

Klass	Farligt gods
1	Explosiva ämnen och föremål
2	Gaser
3	Brandfarliga vätskor
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen, polymeriserande ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen
4.2	Självantändande ämnen
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
5.1	Oxiderande ämnen
5.2	Organiska peroxider
6.1	Giftiga ämnen
6.2	Smittförande ämnen
7	Radioaktiva ämnen
8	Frätande ämnen
9	Övriga farliga ämnen och föremål

Det är främst farligt gods i klasserna 1 (explosiva ämnen), 2 (gaser)¹¹, 3 (brandfarliga vätskor), 5.1 (oxiderande ämnen) samt 5.2 (organiska peroxider) som förväntas kunna leda till dödliga konsekvenser på så långa avstånd att det är relevant att beakta avseende fysisk planering intill transportleden. Ytterligare anledningar till att övriga klasser inte analyseras beskrivs i bilagorna.

I Räddningsverkets och Banverkets rapport *Säkra järnvägstransporter av farligt gods* (2004) beskrivs vilka konsekvenser några av dessa farligt gods-klasser kan ge upphov till:

- **Explosiva gaser** kan orsaka brand, splitter och tryckvåg. Människor kan få dödliga skador på över hundra meters avstånd från olycksplatsen. Tryckvågor kan radera byggnader på ett långt avstånd från olycksplatsen.
- **Brandfarliga gaser** kan orsaka jetflammar alternativt, om gasen inte antänds direkt, större gasmoln som kan driva och antändas längre bort från olycksplatsen.
- **Brandfarliga vätskor** i oskadade tankvagnar kan hettas upp om de utsätts för yttre brand, vilket kan leda till en stor explosion med efterföljande eldklot och värmestrålning (så kallad BLEVE). Den allra vanligaste olyckan med brandfarlig vätska är dock utsläpp och antändning av vätskepöl.
- **Giftiga gaser** kan bilda gasmoln som kan röra sig långa sträckor och därmed utgöra en fara långt bort från olycksplatsen. Koncentrationerna kan vara dödliga även när gasmolnet färdats flera kilometer.

¹¹ I de uppdaterade föreskrifterna för RID-S från 2021 har de tre tidigare klasserna 2.1 (brandfarliga gaser), 2.2 (icke giftiga, icke brandfarliga gaser) samt 2.3 (giftiga gaser) slagits samman till klass 2 (gaser).

Det uppskattas att ungefär $\frac{3}{4}$ av den totala mängden farligt gods som transporteras på väg och järnväg i Sverige utgörs av oljebaserade produkter, så som till exempel bil- och flygplansbränsle (Trafikverket, 2014, s. 4).

4.2 Riskanalys

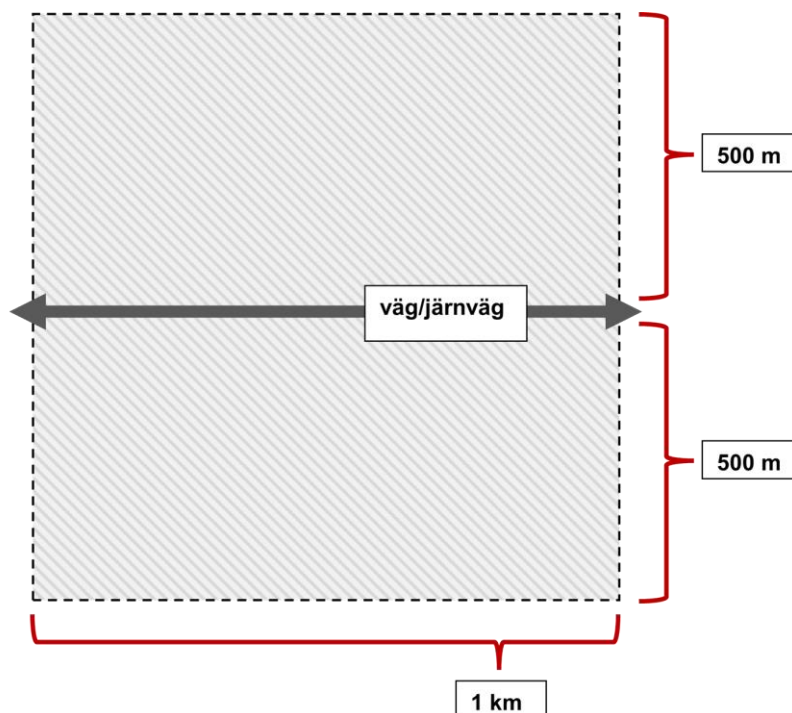
Resultatet och viktiga indata för beräkning av individ- och samhällsrisik för det aktuella området redovisas nedan. Detaljer redovisas i Bilaga A och B.

För de beräkningar som görs inom ramen för denna utredning används en uppsättning standardparametrar. Bland annat används årsmedeldygnstrafik (ÅDT) och största tillåtna hastighet (STH) för godståg, persontäthet samt det kortaste avståndet mellan spårmittpunkt och närmaste bebyggelse. I Tabell 2 sammanfattas specifika indata för några av de standardparametrar som används.

Indata avseende trafikmängd (ÅDT) används ÅDT för prognosår 2040. Information är den samma som används i projektets bullerutredning (Sweco, 2024), med data från Trafikverkets trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning¹².

Indata avseende största tillåtna hastighet (STH) har inhämtats från Trafikverkets databas *NJDB på webb* (Trafikverket, 2024).

Persontäthet avser antalet personer som befinner sig på en yta av 1 km^2 . För att uppskatta persontätheten för ett område studeras ytan 500 meter på vardera sida om 1 kilometer av järnvägssträckan i fråga. Detta illustreras i Figur 9 nedan där den skuggade ytan representerar en yta av 1 km^2 .



Figur 9: Persontätheten uppskattas genom att studera bebyggelsen inom den närmaste kvadratkilometern från aktuellt planområde. Persontätheten uttrycks som x antal personer per km^2 .

¹² Tågtrafikdata för nuläget och prognosår 2040 har erhållits från tågprognos T21 och Stockholms linjebok från Trafikverket. Hämtad 2023-03-27.

För att skatta den genomsnittliga persontätheten för delsträckan har Lantmäteriets kartjänst *Min Karta* (Lantmäteriet, 2024) använts med kartlagret *Samhälle*, som baserar sin information på data från Statistiska Centralbyrån (SCB). Kartlagret visar en uppskattning av antal personer per km² genom ett fixerat rutnät vilket gör att inga definitiva persontätheter kan utläsas enbart ifrån denna tjänst. Informationen kan dock ge en fingervisning om persontätheten i området. Som komplement har även befintlig bebyggelse längs respektive delsträcka studerats i Lantmäteriets webbtjänst *Min karta* (Lantmäteriet, 2024) samt SCB:s statistik över genomsnittligt antal personer per boendetyper (SCB, 2018). Vidare beaktas befolkningsantalet i Vänge vilken enligt SCB (2024) utgjordes av 1292 personer år 2020. Slutligen har information erhållits från beställaren angående uppskattat antal personer som kommer vistas i byggnaderna enligt den planerade nya detaljplanen. Detta tas i beaktande när uppskattning av persontätheten i området görs.

Som beskrevs i avsnitt 1.1.1 "Metodik för riskanalys" tar samhällsrisikberäkningarna hänsyn till den områdesspecifika persontätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Individrisken, å andra sidan, tar inte hänsyn till hur många människor som vistas i närheten av järnvägen i snitt utan antar att en person befinner sig oskyddad på samma avstånd från riskkällan dygnet runt under ett år. Detta gör att förändringar i persontätheten endast påverkar samhällsrisiknivån.

Slutligen används två avståndsbaserade parametrar: "bebyggelsefritt avstånd" samt "område inom vilket inga personer förväntas befinna sig". I denna utredning antas inga personer befinna sig inom 5 meter från spårmit. Bebyggelsefritt avstånd innebär det avstånd mellan spårmit och närmaste befintlig bebyggelse där det förutsätts att inga personer vistas stadigvarande. I föreliggande utredning är detta avstånd 30 meter. I beräkningarna beräknas risken på en sträcka om 1 kilometer. Något västerut (men inom den kilometer av Dalabanan som beaktas) från fastigheten Vangsby 1:3 ligger närmaste bebyggelse inom 30 meter från spår, vilket är anledningen till att detta avsätts som kortaste bebyggelsefritt avstånd.

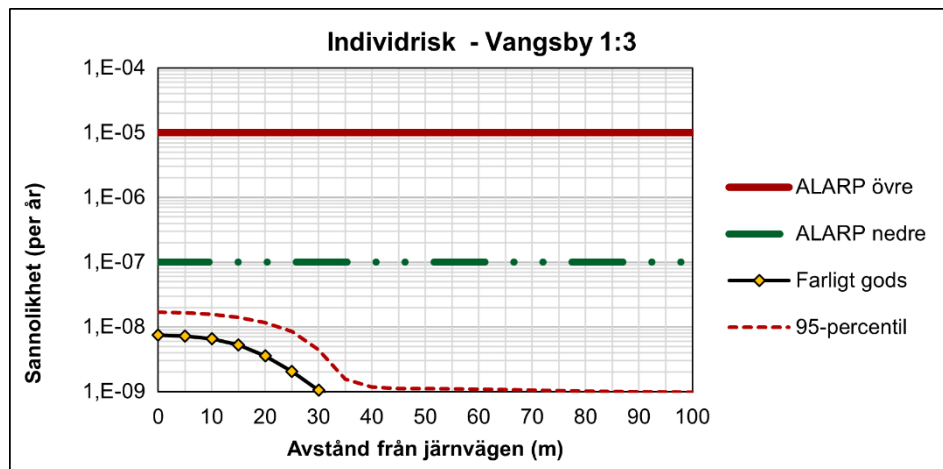
En kort sammanställning av indata för beräkningarna presenteras i Tabell 2 nedan. Beräkningsunderlaget redovisas mer utförligt i kapitel 3 och detaljer kring frekvensberäkningar och konsekvensavstånd finns i bilagorna.

Tabell 2: Beräkningsunderlag avseende Vangsby 1:3 i Vänge, Uppsala. Sammanställning av beräkningsunderlag för några av de parametrar som används för beräkningarna av individ- och samhällsrisik.

Parametrar	Indata
ÅDT ¹³ godståg, prognos 2040	2,3
STH ¹⁴ godståg	100 km/h
Bebyggelsefritt avstånd ¹⁵	30 meter
Område inom vilket inga personer förväntas befinna sig ¹⁶	5 meter
Persontäthet inom bebyggelsefritt avstånd	50 personer per km ²
Persontäthet inom den närmaste kvadratkilometern	1000 personer per km ²

4.2.1 Individrisk

Beräkningsresultatet för individrisk illustreras i Figur 10 nedan. Resultatet visar att **individrisken** avseende olyckor med transport av farligt gods på järnvägen ligger under ALARP-områdets nedre gräns, vilket innebär att individrisknivån är acceptabel och inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas. Den 95:e percentilen bidrar till en förståelse för de allra mest allvarliga scenarierna i den simulering som gjorts. Sammantaget kan 95:e percentilen tolkas som att risknivån, i minst 95% av utfallen (högst troligt fler), ligger under ALARP-områdets nedre gräns och är acceptabel.



Figur 10. Individrisknivån (medelvärde samt 95:e percentil) för Vangsby 1:3. Ur figuren kan det utläsas att risknivån befinner sig under ALARP-områdets nedre gräns och att individrisknivån därmed är acceptabel.

¹³ ÅDT står för "årsmedeldygnstrafik" och är ett genomsnittligt värde på den mängd fordon som kan förväntas på en järnvägssträcka under ett dygn.

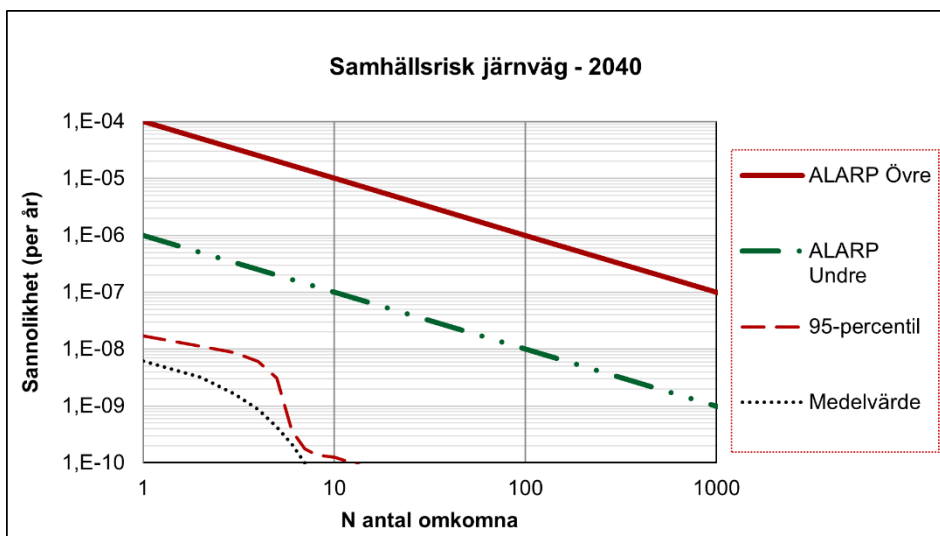
¹⁴ STH står för "största tillåtna hastighet"

¹⁵ Avser kortaste avstånd mellan järnväg och bebyggelse (ny eller befintlig) som omfattas av riskutredningen.

¹⁶ Skiljer sig från "bebyggelsefritt avstånd" då det här inte förväntas befinna sig några personer alls. I utredningar som avser järnväg finns till exempel ofta spårtekniska åtgärder som gör att inga personer förväntas befinna sig inom 5 meter från spår.

4.2.2 Samhällsrisk

Beräkningsresultatet för **samhällsrisken** illustreras i Figur 11 nedan. Resultatet visar att samhällsrisknivån är under ALARP-områdets nedre gräns avseende olyckor med transport av farligt gods på järnvägen, oavsett antal omkomna, och samhällsrisken är därmed acceptabel. Det innebär att planerad bebyggelse inte bidrar till att den övergripande risken för människor som bor och vistas i området blir oacceptabel. Den 95:e percentilen bidrar till en förståelse för de allra mest allvarliga scenarierna i den simulering som gjorts. Sammantaget kan 95:e percentilen tolkas som att risknivån, i minst 95% av utfallen (högst troligt fler), ligger under ALARP-områdets nedre gräns och är acceptabel.



Figur 11. Samhällsrisknivå (medelvärde samt 95:e percentil) för Vangsby 1:3 och intilliggande område. Ur figuren kan det utläsas att risknivån befinner sig under ALARP-områdets nedre gräns och att samhällsrisknivån därmed är acceptabel.

4.3 Riskvärdering

Beräkningarna baseras på ett bebyggelsefritt avstånd om 30 meter från spårmittpå Dalabanan och den planerade bebyggelsen. Beräkningarna visar att både individ- och samhällsrisknivån är acceptabel, vilket innebär att inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att människors hälsa och säkerhet ska kunna anses tillgodosedd.

På den del av järnvägen som beaktas i beräkningarna ligger det en spårväxel vilket är en faktor som allmänt sett bidrar till förhöjd risk för urspårning. Eftersom olyckor med farligt gods på järnväg i de allra flesta fall är urspårningsolyckor beaktas växel i beräkningarna av individ- och samhällsrisknivå avseende olycka med farligt gods för hela sträckan, detta är ett konservativt antagande. Dock är avståndet från riskällan till planerat område relativt stort samtidigt som prognosen för framtida godstransporter på Dalabanan år 2040 är mycket låg, vilket i hög grad är bidragande till den låga risknivån.

4.4 Osäkerheter

Beräkningarna av individ- och samhällsrisk är förknippade med osäkerheter, exempelvis avseende uppskattade godsmängder, sannolikheter för identifierade olyckshändelser och konsekvenser. Att använda beräkningsmodeller är en förenkling av verkligheten, men målet är att ge en tillräckligt bra beskrivning utifrån tillgänglig kunskap så att det ger ett robust beslutsunderlag.

I denna riskutredning har flera konservativa (försiktiga) antaganden och förenklingar gjorts. Antaganden behövs där det statistiska underlaget är otillräckligt och görs då på ett sätt så att riskerna inte underskattas. Detta medför att risknivåerna i verkligheten troligen är lägre än beräknat. För att hålla beräkningarna på en praktiskt hanterbar nivå görs också ett antal förenklingar. Några av de mer betydelsefulla antaganden och förenklingar som gjorts presenteras i avsnitt 4.4.1 nedan.

I beräkningarna används intervall och Monte Carlo-simuleringar som ett sätt att beskriva osäkerheter, men det är viktigt att påtala att all osäkerhet inte fångats upp enbart med denna metod. Intervallen som används som indata till beräkningarna är i sig mycket osäker och bygger inte på någon omfattande statistik över inträffade händelser. Generellt antas beräkningarna överdriva riskerna eftersom det med dessa ingångsvärden då borde ha inträffat fler större allvarliga olyckor Sverige än vad det faktiskt gjort.

Trots ovan ska dock resultaten inte heller tolkas som att låg sannolikhet är detsamma som att en olycka inte kan inträffa alls. Samtidigt måste sannolikheten vägas mot konsekvenserna. Ambitionen är ändå att beräkningarna och hur de används leder till att ny bebyggelse planeras med en avvägning mellan de risker som farligt gods utgör och de nyttor som uppnås genom att kunna exploatera mark intill transportlederna.

4.4.1 Förenklingar och antaganden

Frätande ämnen har inte beaktats då konsekvensavstånden är mycket korta. Akut påverkan på människor uppstår i princip endast om ämnet hamnar rakt på en person vilket innebär att den sannolikt redan påverkats av själva fordonet. Inte heller smittförande ämnen, giftiga ämnen samt radioaktiva ämnen har beaktats eftersom antalet försändelser är mycket litet, sannolikheten för utsläpp är extremt låg alternativt konsekvensavstånden är mycket korta eller endast allvarligt under långvarig påverkan.

Konsekvensberäkningarna grundar sig på antagandet att alla ämnen inom respektive klass av farligt gods utgörs av det ämne inom klassen som kan ge allvarligast konsekvenser, till exempel svaveldioxid (på väg) och klorgas (på järnväg) för giftiga gaser och hexan för brandfarlig vätska. Beräkningarna utgår från dessa ämnen som bedömts dimensionerande inom varje farligt gods-klass. Dessa utgör troligtvis endast en marginell del av respektive transporterad farligt gods-klass men bidrar till en förenkling av beräkningsmodellen och är konservativa antaganden. För flera av scenarierna saknas tillräckligt statistiskt underlag för att mer noggrant beräkna sannolikheterna för att de ska inträffa och här görs i flera fall uppskattningar som bygger på ingenjörsmässiga bedömningar.

Hänsyn tas inte heller till att det för flertalet av scenarierna är så att byggnader närmast riskkällan kan verka skyddande mot bakomvarande bebyggelse. Detta hade minskat samhällsriskerna.

Trafikverket rekommenderar användning av prognosår för sina vägar och järnvägar, men det är behäftat med mycket stora osäkerheter att anta trafikmängder längre fram i tiden.

Det använda konsekvensavståndet är en förenkling, där sannolikheten för att omkomma är 1 för de som befinner sig inom konsekvensområdet, och 0 för de som befinner sig utanför riskområdet. Denna förenkling görs för att få en rimlig omfattning på beräkningarna, men kompenseras i viss mån av att sannolikhetsfördelningar för konsekvensavstånden används i beräkningarna.

I vissa riskutredningar hanteras detta i stället på så vis att sannolikheten att omkomma antas vara olika för olika avstånd vilket gör det möjligt att fånga upp att sannolikheten att omkomma generellt är högre närmare riskkällan. Av praktiska skäl görs inte det här, utan den beräkningsmodell som används hanterar i stället detta genom att ansätta ett intervall för avståndet till (100 %) dödlig skada. Detta får den effekten att vissa olycksscenario (exempelvis BLEVE) får relativt stort genomslag i beräkningarna av samhällsrisk, eftersom dödliga skada kan uppstå på långa avstånd även om detta sätt att räkna överskattar riskerna på längre avstånd, detta eftersom sannolikheten att omkomma minskar med avståndet. Se utredningens bilagor för mer information.

Att 100 % omkommer vid det angivna konsekvensavståndet gäller oskyddade personer utomhus. I beräkningarna antas att sannolikheten är lägre att personer som är inomhus omkommer, eftersom byggnader ger ett skydd mot de flesta scenarier. Även här är det så att sannolikheten avtar med avståndet, men att det av praktiska skäl förenklats till att sannolikheten att omkomma inomhus är konstant inom konsekvensavståndet. Att räkna på detta sätt underskattar effekten av skyddsavstånd eftersom det överskattar risken på längre avstånd. I rekommendationerna tas viss hänsyn till detta genom att utgå från att skyddsavstånd har betydelse för många händelser, även om det inte får så stort genomslag i denna modell.

5 Samlad bedömning

Olyckor med transport av farligt gods kan orsaka stor negativ omgivningspåverkan för både människa och miljö, men inträffar mycket sällan. Denna riskutredning har redogjort för järnvägen Dalabanan som riskobjekt avseende transport av farligt gods. Riskerna för det planerade området Vangsby 1:3 har utretts kvantitativt genom att risknivåer för individ- och samhällsrisk har beräknats i analysprogrammet @Risk.

Resultaten visar att både individ- och samhällsriskenivån är acceptabla. Därmed är inga riskreducerande åtgärder motiverade.

Sammantaget är bedömningen att **inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas** för att Plan- och bygglagens (2010:90) och Miljöbalkens (1998:808) krav på hänsyn till människors hälsa och säkerhet ska kunna säkerställas.

Referenser

- Banverket & Räddningsverket. (2004). *Säkra järnvägstransporter av farligt gods*.
- Finansdepartementet. (2010:900). Plan- och bygglag. SFS 2010:900.
- Lantmäteriet. (2024). *Lantmäteriet - Min karta*. Hämtat från <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Länsstyrelsen i Uppala län. (2023). *Riskhantering vid transportleder för farligt gods*.
- Miljödepartementet. (1998:808). Miljöbalk. SFS 1998:808.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2020). RID-S 2021 Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg. *MSBFS 2020:10 föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*. Hämtat från <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/transport-av-farligt-gods/msbfs-202010/>
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*.
- SCB. (2018). *Vanligast för barn att bo i småhus*. Hämtat från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende/>
- SCB. (2021). *Statistiska tätorter 2020, befolkning, landareal, befolkningstäthet per tätort*. Statistiska Centralbyrån. Hämtat från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/tatorter/pong/tabell-och-diagram/statistiska-tatorter-2020-befolkning-landareal-befolkningstathet-per-tatort/>
- Statistiska centralbyrån. (2024). *Folkmängd och landareal i tätorter, per tätort. Vart femte år 1960 - 2020*. Hämtat från https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MIO810__MI0810A/LandarealTatortN/table/tableViewLayout1/
- Sweco. (2024). *Bullerutredning Vangsby, Uppdragsnummer 30055933*.
- Trafikverket. (2014). *Säkra transporter av farligt gods*. Hämtat från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10630/RelatedFiles/100692_Sakra_transporter_av_farligt_gods.pdf
- Trafikverket. (2020). *Transportsystemet i samhällsplaneringen*. Hämtat från <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1466488/FULLTEXT01.pdf>
- Trafikverket. (2022). *Trafikuppgifter järnväg T22 och bullerprognos 2040*. Trafikverket. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>
- Trafikverket. (2024). *NJDB på webb*. Hämtat från <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>

Bilaga A

Frekvensberäkningar

Uppdrag: Riskutredning farligt gods Vangsby
Uppdragsnummer: 30071414
Kund: Vangsby Utveckling AB
Datum: 2024-04-08
Upprättad av: Thomas Frödin, Elvira Sörman Laurien

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Frekvensberäkningar för järnväg.....	3
2.1	Urspåring	3
2.1.1	Utsläpp vid urspåring.....	5
2.2	Frekvens för scenario med farligt gods på järnväg	5
3	Händelseförlopp för olika typer av farligt gods	6
3.1	Explosiva ämnen (RID 1)	6
3.2	Tryckkondenserade gaser (RID 2)	7
3.3	Brandfarliga gaser (RID 2.1)	7
3.4	Giftiga gaser (RID 2.3)	8
3.5	Brandfarliga vätskor (RID 3).....	8
3.6	Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID 5.1 och 5.2).....	9
	Referenser	11

1 Inledning

Risken analysen bygger i detta fall på en uppskattning av sannolikheter för dödsfall per år, dels som individrisk, dels som samhällsrisk. Sannolikhet per år kan också tolkas som en förväntad frekvens, det vill säga att en händelse förväntas inträffa ett visst antal gånger under en tidsperiod.

I många fall saknas tillförlitlig statistik för olika scenarier, och när antaganden måste göras har värden valts som ligger i närheten av antaganden i liknande utredningar som gjorts i Sverige. På så vis finns en strävan mot att resultaten av riskbedömningen blir liknande jämfört med andra platser inom landet, även om vissa parametrar är baserade på ingenjörsmässiga bedömningar.

Ett vanligt förekommande sätt att uppskatta sannolikheten för olika utfall vid en olycka är genom händelseträdd. Av praktiska skäl utgår metodiken från ett begränsat antal utfall där det egentligen handlar om ett spektrum av möjliga utfall. I denna rapport redovisas inte olika händelseträdd utan läsaren hänvisas i stället till de olika konsultrapporter som ligger till grund för den sammanställning som redovisas.

Det finns olika sätt att uppskatta sannolikheten för olika utfall. Därför har en sammanställning gjorts med sannolikheter för olika scenarier som använts i andra riskutredningar i Sverige (WUZ, 2016) (WSP, 2016) (WSP, 2014) (BRIAB, 2016) (Brandskyddslaget, 2015), och utifrån dessa underlag, tillsammans med Swecos egna beräkningar och ingenjörsmässiga uppskattningar, har ett troligt intervall för olika olycksscenarier uppskattats för järnväg och väg.

2 Frekvensberäkningar för järnväg

2.1 Urspårning

En grundläggande parameter vid beräkning av den uppskattade frekvensen (sannolikheten per år) för en olycka är antalet tåg som passerar på sträckan.

I de flesta riskanalyser i Sverige har Banverkets modell från 2001 använts för att beräkna urspårningsfrekvens. Den statistik som ligger till grund för uppgifterna i den modellen bygger på erfarenheter från 1980 och 90-talet, men det finns anledning att anta att tågsäkerheten förbättrats sedan dess.

I en rapport från Evert Andersson, professor emeritus vid Järnvägsteknik på Kungliga Tekniska Högskolan, hänvisas till forskning gjord på statistik över urspårningar i Sverige (Andersson, 2014) under åren 2003–2012. Utifrån denna statistik kan följande antaganden göras avseende sannolikheten för urspårningar:

- Urspårning sker i medeltal 7×10^{-8} gånger per tågakilometer (oavsett hastighet och tågtyp)

Enligt UIC (2002) kan det antas att sannolikheten för urspårning är 10 gånger större för godståg. Sannolikheten för persontåg beräknas då till ca 2×10^{-8} gånger och för godståg till 20×10^{-8} gånger per tågakilometer.

Enligt UIC är också risken för urspårning i stationsområden med växlar 10 gånger större än på rakspår och kurvspår i övrigt. Andersson (2014) uppskattar

att stationsområden utgör ca 15 % av den totala linjelängden i Sverige vilket efter beräkning ger följande urspårningssannolikheter för godståg:

- ca $2,5 \times 10^{-7}$ gånger per tågakilometer i stationsområden med växlar, >70 km/h
- ca $2,5 \times 10^{-8}$ gånger per tågakilometer på rakspår och kurvspår utan växlar, >70 km/h.

För beräkningarna i utredningen för Vangsby 1:3 har urspårningsfaktorn för stationsområden med växlar använts.

I Tabell 1 nedan redovisas indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen för godståg som använts i denna rapport.

Tabell 1. Indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen

Parameter	Prognos 2040	Fördelning som använts vid beräkningar (5- / 95-percentil för normalfördelning)
Antal godståg per dag	2,3	2-3
Antal dygn med trafikering per år	360	360
Antal vagnar per tåg	ca 40	32,5-46,9
Medelvärde för antal godsvagnar som förväntas spåra ur vid olycka	3,5	2,5 – 4,5
Andel farligt godsvagnar	3 %	2–4 %
Urspårningsfaktor per tågakilometer, godståg	$2,5 \times 10^{-7}$	+/- 50 %

Förväntad urspårningsfrekvens för godståg på Dalabanan förbi planområdet (på 1 km) blir då $2,3 \times 360 \times 2,5 \times 10^{-7} \approx 2,09 \times 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar ca en urspårning på 4800 år.

Som jämförelse har även beräkningar genomförts med Banverkets modell från 2001 vilket resulterar i en urspårningsfrekvens för sträckan på ca $4,18 \times 10^{-4}$ per år (eller ca en urspårning på 2 400 år). I Banverkets modell beror ca 50 % av urspårningarna på vagnfel. Ett argument för att inte använda den modellen för att uppskatta urspårningsfrekvens inom ett visst område är att vagnfelen i många fall inte leder till någon större urspårning förrän tåget passerar en växel eller går in i en kurva. En urspårad vagn kan släpas med av tåget en betydande sträcka utan att lokföraren uppmärksammar det (Andersson, 2014). Vagnfel bidrar därför till urspårningar men var själva urspårningen sker styrs mer av banans egenskaper, något som inte är lika tydligt i Banverkets modell från 2001.

Vid en urspårning kan hela tåget spåra ur, men oftast spårar ca 3,5 vagnar ur (VTI, 1994). Att någon av vagnarna som spårar ur innehåller farligt gods kan beräknas enligt följande formel:

$$1 - (1 - \text{andel farligt gods})^{\text{antal vagnar som spårar ur}} \approx \text{andel av urspårningarna som innehåller farligt gods}$$

Vilket ger att i aktuellt fall är det cirka 10 % av urspårningarna som en urspårad vagn innehåller farligt gods.

Vilket ämne som finns i en vagn som spårar ur baseras på fördelningen mellan olika godsklasser. Då denna information är konfidentiell och uppgifter inte varit möjliga att ta del av för den aktuella bandelen, har därför nationell statistik för farligt gods på järnvägar använts.

Beräkning med ovanstående parametrar ger att frekvensen för olycka med utsläpp av farligt gods ska ske på 1 km av järnvägen norr om planområdet $2,5 \times 10^{-6}$ gånger per år, vilket motsvarar ca en olycka på 400000 år, fördelat över RID-klasserna enligt Tabell 2 nedan.

Tabell 2. Beräknad frekvens för urspårning med utsläpp av farligt gods som innehåller respektive RID-klass. Avser Dalabanan förbi fastighet Vangsby 1:3.

RID-klass	Beräknad frekvens
RID 1 – Explosiva ämnen	~ 0
RID 2.1 - Brandfarlig gas	$1,7 \times 10^{-8}$
RID 2.3 - Giftig gas	$5,8 \times 10^{-9}$
RID 3 - Brandfarlig vätska	$7,6 \times 10^{-7}$
RID 5 - Oxiderande ämne och peroxider	$1,14 \times 10^{-6}$

2.1.1 Utsläpp vid urspårning

För tunnväggig tankvagn anges i Banverkets modell att sannolikheten för punktering är 25 % och sannolikheten för stort hål 5 % vid olyckor som inträffar i den största tillåtna hastigheten på banan (Fredén, 2001). Det finns statistik från studier över olyckor i USA som tyder på att ju högre hastighet desto mer sannolikt är ett utsläpp av farligt gods (Barkan et al., 2003), och även i den studien ligger sannolikheten för utsläpp mellan ca 5 och 25 %. Sambandet är relativt osäkert och därför används här ett intervall på 5–25 % (normalfördelning) för sannolikheten att ett utsläpp ska ske givet en urspårning. Någon skillnad görs inte här på storleken på utsläppet utan det fångas i stället upp i fördelningen av konsekvensavstånd, se Bilaga B.

Tjockväggiga tankar (med tryckkondenserad gas RID-klass 2 är betydligt mer robusta och bedöms i de flesta riskutredningar ha en sannolikhet för utsläpp som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar (Fredén, 2001).

För alla ämnen utom RID-klass 1 gäller att ett utsläpp måste ske innan det kan få konsekvenser för omgivningen.

2.2 Frekvens för scenario med farligt gods på järnväg

Nedan redovisas beräknade frekvenser för respektive scenario vid olycka med ämnen från respektive RID-klass, se Tabell 3 nedan. Sannolikhetsfördelningen för respektive scenario bygger på en sammanställning av ett flertal olika riskutredningar som utförts av ett flertal olika konsultfirmor i Sverige de senaste åren.

Tabell 3. Sammanställning av sannolikhetsfördelningar för de olika scenarierna och beräknade frekvenser för dessa för 1 km av Dalabanan förbi planområdet Vangsby 1:3, Uppsala kommun. Kolumnerna för min, mest troligt och max indikerar sannolikhet (P) att omkomma inomhus angivet i procent

Klass	Scenario	Min (P)	Mest troligt (P)	Max (P)	Dalabanan Beräknad frekvens (medelvärde, per år)
1	Explosion*	0,01	0,3	1	0
2.1	BLEVE	0,1	0,13	1	$4,7 \times 10^{-11}$
	Jetflamma	10	20	30	$3,5 \times 10^{-9}$
	Gasmolnexplosion (UCVE)	5	50	70	8×10^{-9}
2.3	Giftigt gasmoln	100			$5,8 \times 10^{-9}$
3	Pölbrand	10	20	30	$1,5 \times 10^{-7}$
	Gasmolnsbrand	1	1,5	3	$1,3 \times 10^{-8}$
5.1	Explosion	0,0005	0,010	0,15	$3,6 \times 10^{-10}$
	Brand	0,024	0,048	0,071	$5,4 \times 10^{-10}$

*För RID-klass 1 är det är i stället krockvåld och brand som kan utlösa en explosion.

3 Händelseförlopp för olika typer av farligt gods

3.1 Explosiva ämnen (RID 1)

Exempel på explosiva varor är ammunition, tårgas, krut, fyrverkerier och trotyl. Vid en antändning av explosiva varor uppstår en kraftig och kortvarig tryckvåg som kan skada människor och byggnader.

För transport av explosiva varor finns omfattande bestämmelser och restriktioner för att minska sannolikheten för olyckor och begränsa konsekvenser vid olyckor.

Det är endast så kallade massexplosiva varor (RID-klass 1.1) som bedöms kunna skada människor allvarligt på längre avstånd än ett 10-tal meter (Göteborgs stad, 1999). Massexplosiva varor är explosiva ämnen som har en benägenhet att explodera i sin helhet och därför åstadkomma stora skador. I denna riskutredning undersöks endast transporter med massexplosiva varor eftersom dessa bedöms kunna leda till allvarligast skador, samtliga transporter med explosivämnen antas vara av denna klass.

För att en explosion ska inträffa vid en olycka måste antingen en brand uppstå och sprida sig till det explosiva ämnet eller så måste de mekaniska påkänningarna vid kollisionen vara så stora att de utlöser en detonation. Sannolikheten för att en brand uppstår efter en trafikolycka är relativt liten. Av dessa bränder släcks sannolikt ett flertal bränder av föraren eller av räddningstjänsten innan branden hunnit påverka lasten. Hur stor andel bränder som faktiskt släcks är dock mycket osäkert eftersom denna typ av statistik inte finns att tillgå.

Vid större transporter av explosiv vara (>1000 kg) måste varorna förvaras i brandklassade skåp för att minska sannolikheten för att utvändigt brand ska kunna påverka lasten. Detta innebär att även om en brand inte släcks är sannolikheten låg för att branden ska kunna antända de explosiva varorna. Vidare kommer flertalet explosiva ämnen att brinna upp i stället för att detonera vid en brand.

På järnväg är det tillåtet att lasta upp till maximalt 25 ton explosivämnen. Det är dock mycket ovanligt med så stora laster eftersom strikta samlastningsregler gäller för explosiva ämnen. Hänsyn har tagits till detta vid uppskattning av fördelning för konsekvensavstånd.

Med mekanisk påverkan på de explosiva varorna avses den stöt som uppstår vid en trafikolycka. Hur stor stöt som krävs för att de explosiva varorna ska antända är oklart. Ett flertal explosiva varor kräver kollisionshastigheter som överstiger flera hundra m/s för att antända, vilket motsvarar hastigheten hos en projektil från ett vapen. Detta tyder på att en kollision sannolikt inte kan orsaka en antändning. Denna bedömning är dock förknippad med osäkerheter. Konservativt görs en ingenjörsmässig bedömning i de flesta riskutredningar att 0,2 % sannolikhet för att mekanisk påverkan på godstågsvagn är tillräcklig för en explosion.

3.2 Tryckkondenserade gaser (RID 2)

Tryckkondenserade brandfarliga och giftiga gaser transporteras i tjockväggiga tankar vilka klarar relativt stora påfrestningar vid en olycka utan att punktering och utsläpp av gasen sker. Om ett sådant utsläpp ändå sker är skadeområdet starkt beroende av utsläppets storlek, vind- och väderförhållanden samt geografiska och topografiska förhållanden inom planområdet.

3.3 Brandfarliga gaser (RID 2.1)

Vid ett läckage av brandfarliga gaser kan utsläppet antända direkt, inte antända alls eller så sker en fördröjd antändning. När eller om gasen antänder får stor inverkan på konsekvensernas omfattning.

Ett utsläpp av brandfarliga gaser kan skada människor dels genom förgiftning, dels genom värmestrålning eller tryckpåverkan om gasen skulle antända. Om ett utsläpp av brandfarlig gas inte antänder i direkt anslutning till olycka skulle ett drivande gasmoln kunna uppstå som sannolikt har toxiska effekter för människor. Ett sådant gasmoln skulle vara mycket lättantändligt eftersom en brännbar blandning bildas tillsammans med luftens syre. Energin i ett fordon, en cigarett eller ett gatljus skulle potentiellt kunna antända gasmolnet. Detta innebär att ett gasmoln med tillräckligt hög koncentration för att förgifta människor sannolikt antänder och leder till brännskador långt innan allvarlig förgiftning uppstår.

Om ett utsläpp av brandfarlig gas antänds har följande tre scenarier beaktats:

- **Jetflamma:** Gasen skulle kunna antända direkt efter utsläppet och ge upphov till jetflamma. Beroende på utsläppets storlek och trycket i det tryckkärl som gasen förvaras i kan jetflamman nå storlekar på från några få meter upp till 75 meter. Jetflamman kan skada människor och egendom dels genom en direkt träff av jetflamman, dels genom värmestrålning från flamman.

- **BLEVE** (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan inträffa om ett tryckkärl med kondenserad brandfarlig gas utsätts för extrem upphettning. Tryckkärlet förlorar då sin tryckbärande förmåga och briserar med ett stort eldklot som följd. Människor och egendom kan då skadas av värmestrålning och splitter eller stora kaststycken från till exempel tryckkärlet. Denna händelse förväntas endas ske som en dominoeffekt av en jetflamma eller pölbrand, som i sin tur hettar upp det lastade tryckkärlet. En BLEVE bedöms konservativt inträffa i 1 % av de olyckor där en vagn med brandfarlig gas är involverad.
- **Gasmolnsbrand eller gasmolnsexplosion:** Dessa skadehändelser kan inträffa om inte gasmolnet antänder direkt efter att utsläppet inträffat. Ett gasmoln kan då driva iväg i vindriktningen och antända långt ifrån utsläppskällan. En spridningsvinkel för gasmoln antas konservativt till 45°. Vid en gasmolnsbrand bedöms endast allvarliga skador uppstå på de personer och byggnader som är inom molnet. Vid en gasmolnsexplosion kan en tryckvåg uppstå som skadar byggnader och i sin tur människor utanför gasmolnet. För att en gasmolnsexplosion ska inträffa krävs dock mycket stora mängder gas i gasmolnet och gasen måste vara väl omblandad med luft så att explosiva koncentrationer uppstår.

3.4 Giftiga gaser (RID 2.3)

Farligt godsklass 2.3, giftiga gaser, kan ha en starkt toxisk effekt om människor exponeras för något av dessa ämnen. Konsekvenserna som uppstår vid ett utsläpp av giftig gas beror bland annat på läckagets storlek, gasens toxicitet, vind- och väderförhållanden och områdets topografiska förutsättningar. I denna riskutredning antas alla vindriktningar vara lika sannolika.

Spridning av gasmoln påverkas till stor del av rådande väderförhållanden. Beroende på bland annat vindstyrka och solinstrålning påverkas riktning och gaskoncentration. Gasmolnet sprids som en plym vars form är beroende av ett flertal faktorer, bland annat källstyrka och vindstyrka. Vid högre vindstyrkor blir plymen längre men smalare och vid lägre vindstyrkor blir plymen bredare men kortare (WSP, 2016). Siffror för spridningsvinkel som redovisas i olika rapporter varierar mellan 15° (Thomasson, 2017) och 60° (WSP, 2016). Hänsyn har tagits till detta genom att anta att plymens vinkel vid ett utsläpp kan variera med 15–60°.

Exempel på mycket giftiga gaser som transporteras på svenska trafikleder är klor, ammoniak och svaveldioxid. På järnväg kan det transporteras upp till ca 65 ton per vagn. I denna utredning har klor antagits utgöra 100 % av den transporterade mängden på järnväg, vilket är extremt konservativt. Statistik över vilka gaser som transporteras under klass RID 2 finns inte tillgänglig, men efter att Akzo Nobel lade ner sin tillverkning av klor i Bohus och Skoghall 2005 respektive 2011 bedöms transporter med klor vara få. Klor tillverkas fortfarande i Stenungssund men transporter är sällsynt, under 2013 skedde inga transporter av klor (INEOS Sverige AB, 2014).

3.5 Brandfarliga vätskor (RID 3)

Vid ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle människor i närheten av utsläppet kunna skadas allvarligt om utsläppet antänder. Några exempel på brandfarliga vätskor är bensin, E85 (etanol) och diesel. De fysikaliska egenskaperna hos olika brandfarliga vätskor gör att de har olika stor benägenhet att antända,

exempelvis antänder bensin och E85 mycket snabbare än diesel. Eftersom transportfördelningen mellan olika brandfarliga vätskor är okänd behandlas samtliga transporter med brandfarliga vätskor som transporter med en lättantändlig vätska (hexan) vilket är en konservativ ansats då det är mer brännbart än bensin.

Ett utsläpp av en brandfarlig vätska med efterföljande antändning resulterar sannolikt i en pölbrand. Konsekvenserna för människor av denna händelse härleds främst till den värmestrålning som pölbranden ger upphov till.

Ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle även kunna ge upphov till en gasmolnsbrand. Om ett stort utsläpp sker en varm dag och vätskan är flyktig skulle ett ångmoln kunna bildas och driva iväg. Ångmolnet skulle kunna antända och skada människor och byggnader bortom utsläppsplatsen. Denna händelse bedöms dock som osannolik och antas ske i ca 1,5 % av fallen.

Sannolikhet för antändning av vätskepöl ligger mellan 10 och 30 % för järnväg i de riskutredningar som gått igenom, vilket huvudsakligen baseras på siffror från rapport som publicerades 1993 för att analysera riskerna med farligt gods i Storbritannien (Purdy, 1993). För ett gasmoln ligger sannolikheten för antändning mellan 5 och 70 %.

Sannolikhet för antändning av vätskepöl vid olycka på väg uppskattas vanligen till ca 3 % (WSP, 2016) (WUZ, 2016), vilket precis som för järnvägstransporter baseras på den riskanalys som gjordes 1993 för Storbritannien (Purdy, 1993). För ett gasmoln bedöms antändningssannolikheten vara 50 %. Spridning av eventuellt gasmoln följer spridning enligt giftig gas ovan.

3.6 Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID 5.1 och 5.2)

Oxiderande ämnen (RID-klass 5.1) utgör en stor andel av alla vagnar innehållande farligt gods och är klassade som farliga i den mån att de kan fungera som katalysatorer vid brandförlopp men är inte brandfarliga i sig. Om ämnet kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. diesel, motorolja etc.) kan det leda till självantändning och kraftiga brand- eller explosionsförlopp.

Organiska peroxider (RID-klass 5.2) utgör endast en marginell del av antalet försändelser med farligt gods och har ur ett riskperspektiv liknande egenskaper som oxiderande ämnen. Antalet transporter av klass 5.2 läggs därför till antalet transporter av klass 5.1

De ämnen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Även ammoniumnitrat har historiskt sett varit inblandat i olyckor med kraftiga bränder och explosioner. När det transporteras som RID klass 5.1 är det dock i blandningar som minskar sannolikheten för detonation så mycket att detta bedöms vara mycket osannolikt. Enligt regelverket är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade väteperoxider eller vattenlösningar (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) med över 60 % väteperoxid på järnväg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen,

utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

Regler kring transport såsom användandet av skyddsvagnar mellan vagnar med farligt gods gör det mycket osannolikt att oxiderande ämnen kommer i kontakt med innehållet i en annan vagn med till exempel brandfarliga vätskor.

Genomgång av olika riskutredningar för farligt gods i Sverige visar att de ingenjörsmässiga bedömningarna avseende explosion eller brand med klass RID 5.1 och 5.2 skiljer sig relativt mycket. Det intervall för sannolikheter bedöms dock vara tillräckligt konservativa.

Gemensamt är att en uppskattning görs av sannolikhet för utsläpp av oxiderande ämnen samtidigt som ett utsläpp av organiskt material som därefter ger upphov till brand eller explosion. Bedömningarna skiljer sig relativt mycket mellan olika rapporter (WUZ, 2016) (Sweco, 2016) (WSP, 2016). Blandning med annat organiskt material antas till mellan 10 och 50 %, och att det därefter uppstår brand till ca 1 %, alternativt att en explosion inträffar med 1 till 10 % sannolikhet.

Referenser

- Andersson, E. (2014). *Säkerhet mot tågurspårning i Väsby Entré.*
- Barkan et al. (2003). *Analysis of railroad derailment factors affecting hazardous materials transportation risk.*
- Brandskyddslaget. (2015). *Risikanalys Härnevi 1:17 Upplands bro.*
- BRIAB. (2016). *Riskbedömning, Kvarteret Siv, Uppsala.*
- Fredén. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Banverket, Miljösektionen, Rapport 2001:5.
- Göteborgs stad. (1999). *Översiktsplan för Göteborg - fördjupad för sektorn farligt gods.*
- INEOS Sverige AB. (2014). *Miljörapport 2013.*
- International Union of Railways (UIC). (2002). *UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone.*
- Purdy. (1993). *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail.*
- Sweco. (2016). *Riskutredning Riddersvik studentbostäder.*
- Thomasson, M. (2017). *Riskreducerande åtgärder: Effektutvärdering med tillämpning på transport av farligt gods.* Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- VTI. (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods.*
- WSP. (2014). *Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transport av farligt gods på järnväg - Yllestad 1:21 m.fl. Kätilstorp.*
- WSP. (2016). *Detaljerad riskbedömning för vägplan. Transport av farligt gods på väg. Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun.*
- WUZ. (2016). *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig risikanalys för väg och järnväg i Borås Stad.*

Bilaga B

Konsekvensberäkningar

Uppdrag: Riskutredning farligt gods Vangsby
Uppdragsnummer: 30071414
Kund: Vangsby Utveckling AB
Datum: 2024-04-08
Upprättad av: Thomas Frödin, Elvira Sörman Laurien

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Typ av utbredning	3
1.2	Individriskbidrag beroende på konsekvensavstånd	3
1.3	Riskberäkning för urspårning	4
1.4	Beräkning av areor för samhällsrisk	4
1.5	Persontäthet	5
1.6	Sannolikhet att omkomma inne/ute	5
2	Sammanställning över konsekvensavstånd	6
3	Förväntat antal omkomna per scenario	7
4	Farligt godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser	8
	Referenser	10

1 Inledning

Konsekvensberäkningarna har gjorts i följande steg:

Kriterier för vad som ska betraktas som risk för dödlig skada diskuteras för

- tryckpåverkan vid explosion
- värmestrålning vid brand
- förgiftning vid exponering av giftig gas

Avstånden inom vilka dessa kriterier uppnås för de olika scenarierna för varje godsklass har beräknats.

1.1 Typ av utbredning

Beroende på typ av ämne som är inblandat blir utbredningen av konsekvensområdet runt olyckan olika. En del av de möjliga scenarierna påverkas av vindriktning och väderförhållanden medan andra beror på vilket håll ett läckage är riktat mot. För att beräkna risken för det planerade planområdet används värdena i Tabell 1 nedan.

Beroende på konsekvensavståndet och typ av spridning justeras den beräknade frekvensen för att få fram individrisken på olika avstånd.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet.

Tabell 1. Typ av spridningsutbredning.

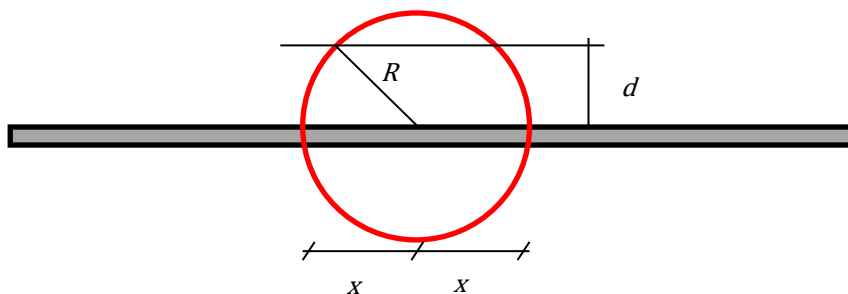
Konsekvens	Spridning	Beräkningsfaktor
BLEVE	Alla riktningar	1
Jetflamma	En av sidorna och uppåt. Spridningsriktning beror på var hål uppstår.	2/3
Gasmolnsbrand	I vindriktningen 45°	45/360
Gasmoln, giftig gas	I vindriktningen 22°	15–60/360
Pölbrand	Alla riktningar	1
Oxiderande ämne	Alla riktningar	1

1.2 Individriskbidrag beroende på konsekvensavstånd

En olycka som inträffar på sträckan (1 km) har nödvändigtvis inte ett konsekvensavstånd som verkar över hela sträckans längd. Därför görs en korrigering för att räkna ut hur stor andel av frekvensen (som gäller på hela sträckan) som bidrar till individrisken på ett visst avstånd från transportleden. Andelen beräknas enligt följande formel, med de olika avstånden förklarade i Figur 1 nedan:

$$\text{Andel av frekvensen för hela sträckan} = \frac{2 \cdot x}{1 \text{ km}}$$

$$x = \sqrt{(R^2 - d^2)}$$

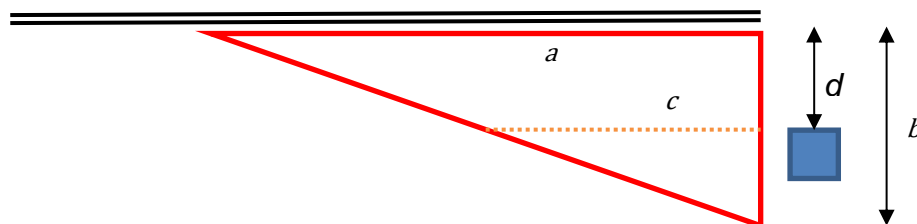


Figur 1. Skiss över hur individriskbidraget beräknas för avståndet d från transportleden.

1.3 Riskberäkning för urspårning

För urspårning beräknas individrisken baserat på den modell som tagits fram av internationella järnvägsförbundet UIC. Modellen togs ursprungligen fram för att uppskatta sannolikheten att en konstruktion (brostöd eller liknande) träffas av ett urspårat tåg (International Union of Railways (UIC), 2002), men har här anpassats för att beskriva individ- och samhällrisk.

Modellen bygger på att ett tåg spårar ur och därefter kan glida en viss sträcka på olika avstånd från spåret. Se Figur 2 nedan.



Figur 2. Principskiss över parametrar som beskriver riskerna avseende påkörning vid en urspårning.

Grundläggande för modellen är att ett tåg har en maximal sträcka (a) som det kan glida längs spåret baserat på tågets hastighet och en inbromsningsfaktor. Hur långt ifrån spåret ett tåg kan hamna beror också på modellen på hastigheten.

Enligt Banverket (Fredén, 2001) är dock sambandet mellan hastighet och urspårning relativt svagt och i stället har Banverkets modell för sannolikhet att tåget hamnar på ett visst avstånd (b) från spåret använts.

Individriskbidraget på olika avstånd (d) från spåret beräknas av sannolikheten att en urspårning sker på sträckan (a) multiplicerat med sannolikheten att tåget når ett visst avstånd (d) och kvoten mellan den maximala urspårningssträckan (a) och det maximala avstånd (c) som ett tåg kan glida på ett visst avstånd (d) från spåret.

Samhällsrisksbidraget baseras på den rektangel som utgörs av sträckan c och $b - d$.

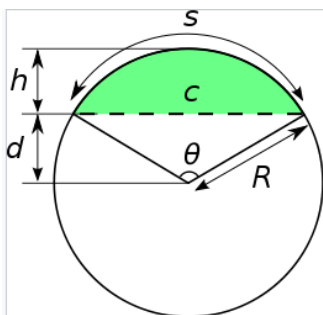
1.4 Beräkning av areor för samhällsrisik

Samhällsrisken beräknas som en summa av de areor som kan påverkas vid en olycka multiplicerat med sannolikheten per år (uppskattad frekvens) för

påverkan för respektive area, detta multipliceras slutligen med befolkningstätheten som antas variera med avståndet från transportleden enligt kapitel 1.5.

Samhällsriskerna har uppskattats för ett område på 150 meter på var sida om spåret.

Eftersom scenarierna med farligt gods har någon typ av cirkulär utbredning beräknas areorna på olika avstånd från transportleden som segment av en cirkel. Se Figur 3 nedan.



Figur 3. Principskiss för hur arean som påverkas bortom ett visst avstånd beräknas vid cirkulärt konsekvensavstånd.

1.5 Persontäthet

Persontätheten som använts för de tre olika scenarierna för samhällsriskberäkningarna i redovisas i Tabell 2 nedan.

I samhället i stort befinner sig människor till största delen inomhus, därav ansätts att 90 % (98 % nattetid) av befolkningen befinner sig inomhus på avstånd av 30 meter från transportleden och längre.

Det bebyggelsefria avståndet bedöms vara fritt från personer. Detta behöver nödvändigtvis inte stämma om det exempelvis finns befintlig väg, cykelbana eller liknande närmare. Det bedöms dock ej vara avgörande för att bedöma vilka bebyggelsefria avstånd som är lämpliga att upprätthålla vid planering av tillkommande verksamhet och tas därmed inte med i beräkningarna.

Tabell 2. Antaganden om persontäthet som använts i beräkningarna

Avstånd från transportled (meter)	Andel utomhus (dag)	Andel inomhus (dag)	Andel utomhus (natt)	Andel inomhus (natt)	Dalabanan Persontäthet per km ²
Inom skyddsavstånd	100 %	0 %	100 %	0 %	50
Bortom skyddsavstånd	10 %	90 %	2 %	98 %	1000

1.6 Sannolikhet att omkomma inne/ute

Att befinna sig inomhus ger i många scenarier ett visst skydd, exempelvis mot värmestrålning eller gas (VROM, 2005). Vid beräkning av samhällsrisk har därför antaganden gjorts om att sannolikheten att omkomma inomhus är lägre enligt Tabell B-3.

För RID 1 – Explosiva ämnen och föremål är det i stället omvänt så att avståndet för dödliga skador är kortare utomhus än inomhus. Avståndet för där

en tryckökning är så stor att det kan leda till dödliga skador på en människa är betydligt kortare än det avstånd där väggar kan raseras och fönster splittras. Även om en person överlever en tryckvåg kan de skadas allvarligt av glassplitter eller att byggnadsdelar kollapsar. Därför används i beräkningarna två konsekvensavstånd, ett inomhus och ett utomhus. Vid det givna konsekvensavståndet för att omkomma utomhus är det dock inte 100% sannolikt att en person inomhus omkommer. Sannolikheten anges i tabell B-3.

Antaganden om att omkomma inomhus antas vara konstant inom konsekvensavståndet, vilket precis som för konsekvensavståndet utomhus är en förenkling eftersom värmestrålning, tryckpåverkan och giftiga koncentrationer avtar med avståndet. För de flesta scenarier antas den fördelning som redovisas i Tabell 3 vara en konservativ uppskattning då byggnader bör ge gott skydd.

Tabell 3. Sannolikhet att omkomma inomhus vid de konsekvensavstånd som beräknats för oskyddade individer. Kolumnerna för min, mest troligt och max indikerar sannolikhet (P) att omkomma inomhus angivet i procent.

Scenario	Fördelning	Min (P)	Troligt (P)	Max (P)
RID 1 – Explosion, raserade byggnader/splitter	Pertfördelning	25	50	75
RID 2.1 – Jetflamma, gasmolnsbrand	Pertfördelning	25	50	75
RID 2.1 – BLEVE	Pertfördelning	5	10	15
RID 2.3 – Giftigt gasmoln	Pertfördelning	25	50	75
RID 3 – Gasmolnsbrand RID 3 – Pölbrand	Pertfördelning	25	50	75
RID 5 – Brand RID 5 – Explosion	Pertfördelning	25	50	75

2 Sammanställning över konsekvensavstånd

Konsekvensavstånd för olika scenarier vid utsläpp av farligt gods har beräknats i många olika riskanalyser i Sverige. Flera konsultfirmor i Sverige med specialister inom riskanalys av farligt gods har utarbetat egna modeller för konsekvensberäkningar.

Eftersom det finns olika sätt att göra dessa beräkningar, och att inparametrar kan väljas olika, så finns det en osäkerhet i dessa konsekvensavstånd. Därför har en sammanställning gjorts med beräknade konsekvensavstånd som använts i andra riskutredningar i Sverige (Sweco, 2016) (WUZ, 2016) (WSP, 2016) (BRIAB, 2016) (Brandskyddslaget, 2015), och utifrån dessa underlag har ett troligt intervall för olika olycksscenarier uppskattats, se Tabell 4 nedan. Tabellen åskådliggör vilka scenarier som kan uppkomma kopplat till respektive klass och konsekvensavstånd för dessa scenarier. Avstånden har använts som ingångsparametrar i beräkningarna av individ- och samhällsrisk.

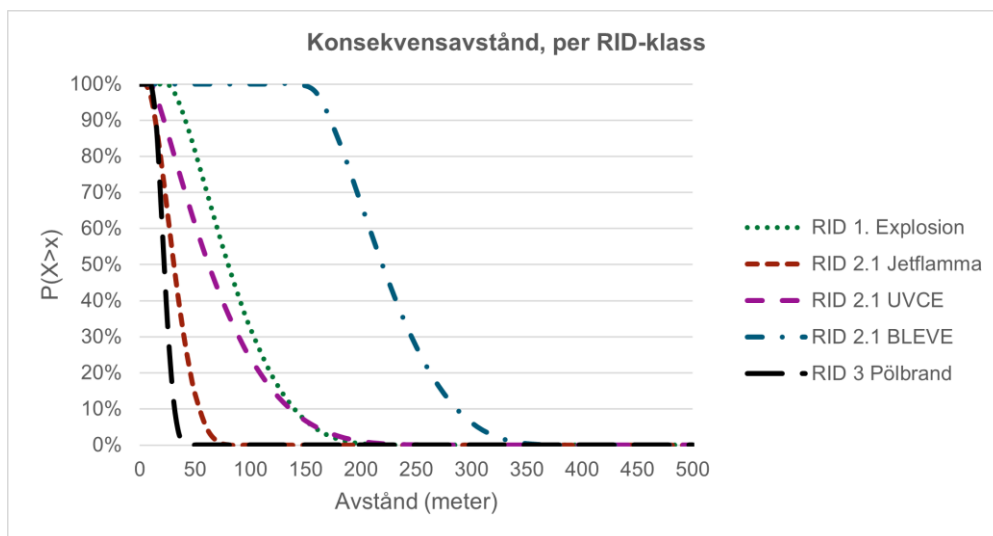
Eftersom det finns anledning att tro att mindre utsläpp är mer sannolika än större (VTI, 1994) påverkas sannolikhetsfördelningen för konsekvensavstånden med en förskjutning mot de kortare avstånden. Detta beror på att behållarna

och tankarna är utformade för att tåla påfrestningar och det därför är mer sannolikt med mindre hål än större.

Tabell 4. Sammanställning över uppskattade intervall för indata till konsekvensavstånd som använts i beräkningarna för väg.

Klass	Scenario	Fördelning	Min (intervall)	Troligt (intervall)	Max (intervall)
1	Explosion, raserade byggnader	Pertfördelning	25	60	250
	Explosion, direkt tryckpåverkan utomhus	Pertfördelning	30	60	150
2.1	BLEVE	Pertfördelning	150	200	400
	Jetflamma	Pertfördelning	5	25	90
	Gasmolnexplosion - och brand	Pertfördelning	10	30	300
2.3	Giftigt gasmoln	Pertfördelning	20	150	2000
3	Pölbrand	Pertfördelning	10	20	45
	Fördröjd pölbrand (gasmoln)	Pertfördelning	15	25	40
5	Explosion	Pertfördelning	30	40	125
	Brand	Pertfördelning	10	15	40

I Figur 4 nedan redovisas fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger dödliga konsekvenser på ett visst avstånd från spåret.



Figur 4. Fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger konsekvenser på ett visst avstånd från spåret.

3 Förväntat antal omkomna per scenario

Baserat på konsekvensavstånden ovan summeras medelvärden för hur många som beräknas omkomma vid varje scenario, se Tabell B-5. Det är detta värde som tillsammans med frekvensberäkningarna för varje scenario utgör

samhällsrisken (sannolikheten att N eller fler omkommer med en viss sannolikhet per år).

Tabell B-5. Förväntat antal omkomna för respektive olycksscenario med en persontäthet på 1 000 personer/km² räknat med bebyggelsefritt på 30 meter från närmaste spårmit.

Klass	Scenario	Bebyggelsefritt avstånd 30 meter. Förväntat antal omkomna (medelvärde), både inom- och utomhus
1	Explosion, raserade byggnader	6
1	Explosion, direkt tryckpåverkan utomhus	1
2.1	BLEVE	16
2.1	Jetflamma	0
2.1	Gasmolnexplosion - och brand	0
2.3	Giftigt gasmoln	2
3	Pölbrand	0
3	Fördröjd pölbrand (gasmoln)	0
5	Explosion	2
5	Brand	0

4 Farligt godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser

Övriga RID-klasser, som inte beskrivits ovan, bedöms inte utgöra någon betydande risk för området och anledningarna till detta motiveras nedan.

- RID-klass 4: Brandfarliga fasta ämnen, beräknas inte eftersom en brand med brandfarliga fasta ämnen inte bedöms spridas särskilt långt utanför olycksområdet och mängderna som transporteras på det svenska väg- och järnvägsnätet är små.
- RID-klass 4.3: Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten kan vid en olycka få allvarliga konsekvenser om brandfarlig gas bildas. Konsekvenser av olyckor med klassen bedöms inte för det aktuella området främst p.g.a. två anledningar. Den första är att det transporteras små mängder. Den andra är att olyckstypen förutsätter att ytterligare en händelse (uppblandning med vatten) ska inträffa förutom läckage och antändning. Frekvensen för en sådan olycka bedöms därmed som så liten att olyckstypen får marginell påverkan på den totala samhällsrisken.
- RID-klass 6: Giftiga och smittförande ämnen omfattar ämnen för vilka det av erfarenhet är känt eller efter djurförsök kan befaras att de vid påverkan vid ett enstaka tillfälle eller under kort tid av relativt små mängder, genom inandning, hudabsorption eller förtäring, kan vara hälsoskadliga eller leda till döden hos människor. Smittförande ämnen avser ämnen som är kända för att kunna innehålla patogener. Patogener är mikroorganismer (inklusive bakterier, virus, parasiter och svampar) eller andra smittförande substanser, exempelvis prioner, som kan orsaka sjukdomar hos människor eller djur. Det bedöms som osannolikt att en olycka med giftiga och smittförande ämnen ger konsekvenser för omgivningen eftersom transportvolymerna är mycket

små. Konsekvenser av olycka med giftiga och smittförande ämnen bedöms därför inte i denna utredning.

- RID-klass 7: Radioaktiva ämnen omfattar ämnen som kan ge upphov till strålskador, både på kort och lång sikt. Det bedöms som osannolikt att en olycka med radioaktiva ämnen skall ske eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenserna bedöms därför inte i denna utredning.
- RID-klass 8: Frätande ämnen. Ett utsläpp av frätande ämnen (exempelvis svavelsyra eller salpetersyra) kan resultera i häftiga reaktioner vid kontakt med metall, vatten eller brandfarliga ämnen och i vissa fall även brand med strålningspåverkan och brandspridning som följd. Konsekvenserna av ett utsläpp bedöms dock vara begränsade till utsläppsplatsens närområde. Därför bedöms inte konsekvenserna av en olycka med denna klass. Åtgärder som begränsar vistelse i närområdet till transportleden, skyddar mot spridning av vätskor och bränder skyddar även mot händelser som kan orsakas av frätande ämnen.
- RID-klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål omfattar ämnen och föremål som utgör en fara under transport, vilka inte omfattas av definitionen för andra klasser. Exempel på ämnen och föremål är miljöfarliga ämnen, litiumbatterier och vattenförorenade vätskor mm. Olyckor med denna klass bedöms inte kunna ge några betydande konsekvenser och bedöms därför inte i denna utredning.

Referenser

- Brandskyddslaget. (2015). *Risکاناليس Härnevi 1:17 Upplands bro.*
- BRIAB. (2016). *Riskbedömning, Kvarteret Siv, Uppsala.*
- Fredén. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Banverket, Miljösektionen, Rapport 2001:5.
- International Union of Railways (UIC). (2002). *UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone.*
- Sweco. (2016). *Riskutredning Riddersvik studentbostäder.*
- Thomasson, M. (2017). *Riskreducerande åtgärder: Effektutvärdering med tillämpning på transport av farligt gods.* Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- VROM. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment.*
- VTI. (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods.*
- VTI rapport Nr 3 387:4. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transporter av farligt gods på väg och järnväg.*
- WSP. (2016). *Detaljerad riskbedömning för vägplan. Transport av farligt gods på väg. Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun.*
- WUZ. (2016). *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig riskanalys för väg och järnväg i Borås Stad.*