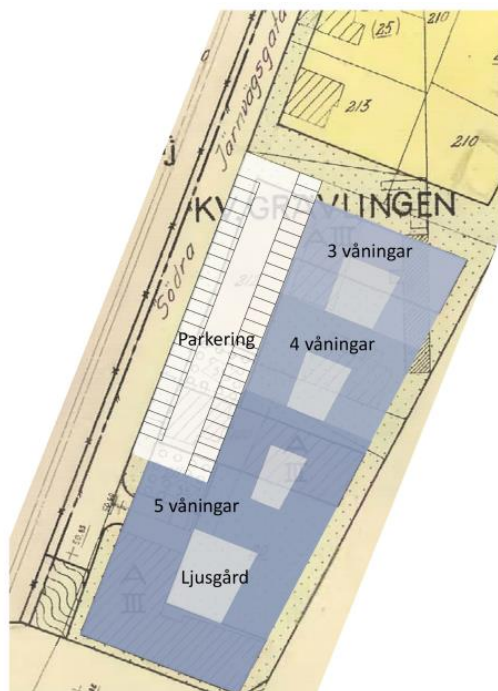

RAPPORT

HEMSÖ AB

Riskutredning järnväg, Grävlingen 28, Vänersborg

UPPDRAGSNUMMER 13010314

RISKUTREDNING MED AVSEENDE PÅ TRANSPORTER AV FARLIGT GODS PÅ ÄLVSBOGSBANAN INTILL FASTIGHET GRÄVLINGEN 28



VERSION 1.0

2020-09-15

RISKHANTERING & BESLUTSSTÖD

Sweco Environment AB

Jens Paulsson
Jennifer Wolsing
Johan Nimmermark

Sammanfattning

Sweco har fått i uppdrag att utreda riskerna med avseende på transporter av farligt gods intill fastigheten Grävlingen 28. Längs med området, i nordlig riktning, passerar Älvsborgsbanan som normalt är en bana för passagerartåg men även är omledningsbana för godstrafik vid avstängning av bland annat Norge-/Vänerbanan.

Enligt beräkningarna för individrisk är risken inom 25 meter i det område (ALARP)¹ där risken är acceptabel så länge tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder genomförs. Bortanför 25 meter är individrisken acceptabel. Samhällsrisken är acceptabel.

Individrisknivån kan nästintill enbart kopplas till urspårningsrisken som i närområdet av järnvägar utgör en betydande risk för bebyggelse. För det aktuella planområdet är bedömningen att detta inte utgör någon betydande risk. Detta eftersom hastigheterna på Älvsborgsbanan är låga på aktuell sträcka och linjeföringen relativt rak. Därutöver ligger järnvägen lägre än planområdet, något nedsänkt i östra delen och i skärning i västra delen. Sammantaget minskar detta sannolikheten för att långa urspårningsavstånd kan uppstå. Södra Järnvägsgatan som ligger mellan planområdet och järnvägen ger god tillgång för underhåll av Älvsborgsbanan och även för en eventuell insats av räddningstjänst. Därmed bedöms inte längre avstånd behöva hållas fritt från bebyggelse än de ungefärliga 14 meter som det är till planområdet.

Riskenivån är sammantaget låg i området men då det finns osäkerheter i hur transporter kommer ske på järnvägen i framtiden bedöms det ändå vara rimligt att genomföra vissa riskreducerande åtgärder för att få en god bebyggd miljö.

Åtgärder som föreslås för aktuellt område redovisas i avsnitt 6.6 och inbegriper:

- a) Ventilation ska placeras på fasad som inte vetter direkt mot riskkällan (Älvsborgsbanan), alternativt på tak
- b) Huvudentré placeras bort från riskkällan (Älvsborgsbanan)
- c) Fasad som vetter mot riskkällan (Älvsborgsbanan) ska utföras i obrännbart material (lägst brandklass A2-s1, d0) alternativt i brandteknisk klass EI30 (fönster behöver ej vara brandklassade)
- d) Möjlighet att utrymma bort från riskkällan (Älvsborgsbanan)

Därutöver ska placering av ytor för utomhusvistelse för vissa verksamheter ses över, se avsnitt 6.6.

¹ As Low As Reasonably Practicable. Engelska ungefär: så låg som är praktiskt möjligt och rimligt.

Innehållsförteckning

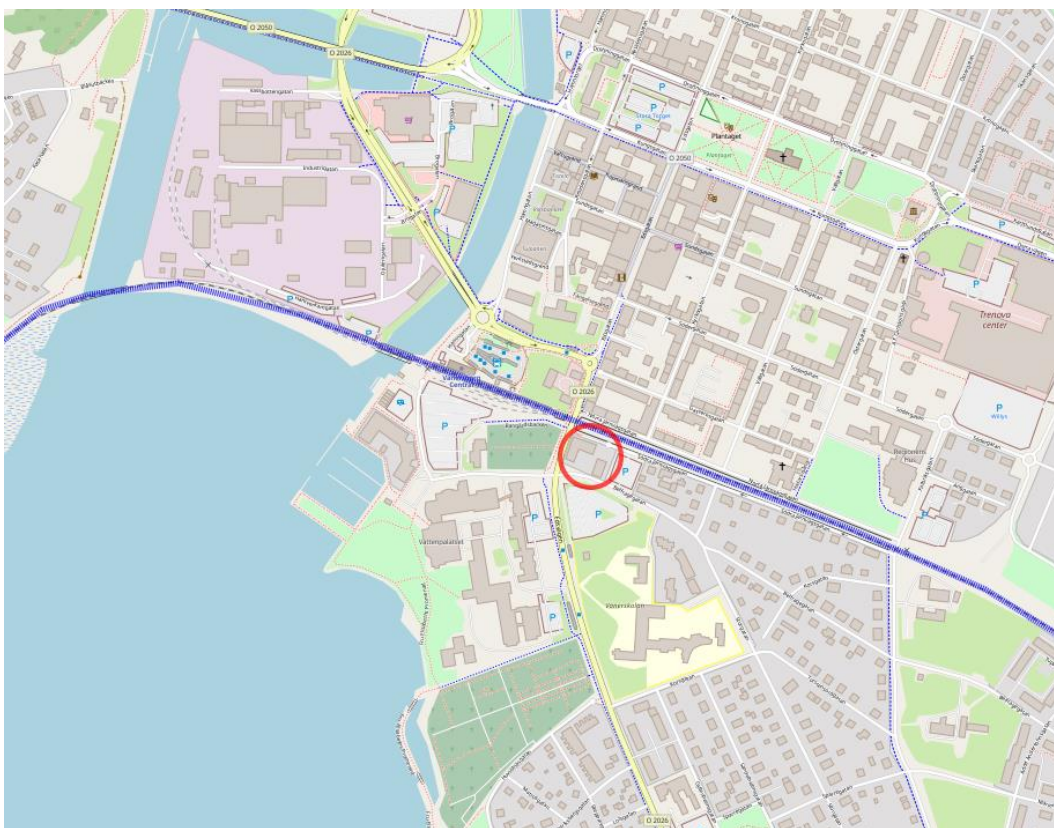
Introduktion	2
1.1 Syfte och mål	2
1.2 Riskdefinition	3
1.3 Metod och avgränsningar	3
2 Styrande och vägledande dokument	6
2.1 Länsstyrelserna i Västra Götaland, Skåne och Stockholm	6
2.2 Plan- och bygglagen	7
2.3 Rekommendation från Trafikverket för järnväg	7
2.4 Värdering av risk	7
3 Riskidentifiering	10
3.1 Förutsättningar området	10
4 Riskanalys och risknivåer	12
4.1 Individrisk	12
4.2 Samhällsrisk	14
4.3 Osäkerheter och känslighetsanalys	15
4.3.1 Förenklingar, antaganden och avgränsningar	16
4.3.2 Känslighetsanalys	17
5 Riskvärdering	21
6 Riskreducerande åtgärder	22
6.1 Disponering av utrymningsvägar	22
6.2 Brandklassad/obrännbar fasad	22
6.3 Ventilationsåtgärder	23
6.4 Vall, mur eller skärm	23
6.5 Ej uppmuntra till stadigvarande vistelse	24
6.6 Rekommenderade riskreducerande åtgärder	24
7 Slutsats	27
Referenser	28

Bilagor

Introduktion

Hemsö AB planerar att utveckla området på fastighet Grävlingen 28 i Vänersborgs kommun. Syftet med detaljplanen är att pröva lämpligheten att etablera nya verksamheter med möjlighet för kontor, utbildning, vård, parkering och centrumändamål (butik och restaurang) samt bostäder.

Sweco har fått i uppdrag att utreda riskerna med avseende på transporter av farligt gods intill fastigheten Grävlingen 28 (se Figur 1). Längs med området, i nordlig riktning, passerar Älvsborgsbanan som normalt är en bana för passagerartåg men även är omledningsbana för godstrafik vid avstängning av bland annat Norge-/Vänerbanan.



Figur 1. Ungefärlig plats (markerat i röd cirkel) för planområdet på fastighet Grävlingen 28 (1) Vänersborg (OpenStreetMaps, 2019). Älvsborgsbanan är markerad i blå streckad linje.

1.1 Syfte och mål

Uppdraget är att ta fram en riskbedömning med avseende på möjliga urspårningar samt de transporter av farligt gods som kan förekomma på Älvsborgsbanan förbi området.

2(28)

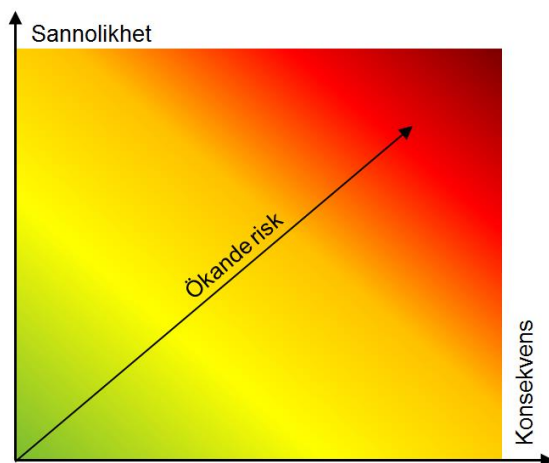
RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

Syftet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan.

Målet är att föreslå riskreducerande åtgärder och skyddsavstånd för att möjliggöra planerad bebyggelse med avseende på risken för urspårning samt från olycka med farligt gods på järnvägen. Beräkningar av individrisk och samhällsrisk används tillsammans med erfarenhet från tidigare riskutredningar samt rekommendationer och krav från myndigheter för att uppnå en god miljö i planen sett till olyckor på järnvägen. Beräkning genomförs för den trafikmängd som förväntas på järnvägen 2040.

1.2 Riskdefinition

Risk definieras här som en sammanvägning av sannolikheten för en oönskad händelse och konsekvensen av denna händelse. Sannolikheten beskriver hur troligt det är att den oönskade händelsen inträffar och konsekvensen beskriver omfattningen av de skador som kan uppstå. Figur 2 illustrerar hur risken ökar med ökande sannolikhet och/eller konsekvens av en händelse. I rapporten används begreppet individrisk som beskriver sannolikheten per år för att dödlig skada ska uppstå på olika avstånd från riskkällan (oavsett om det befinner sig någon eller ej i närheten av riskkällan). I begreppet samhällsrisk tas hänsyn till hur många personer som antas vara exponerade för dödlig skada och den beskriver sannolikheten per år för att en eller flera människor omkommer.



Figur 2. Ökande risk beroende av sannolikhet och konsekvens.

1.3 Metod och avgränsningar

Riskutredningen har genomförts i följande steg:

- Beskrivning av nuvarande och framtida förhållanden avseende antal tåg och transporter med farligt gods på järnväg.

- Individrisk beräknas för den trafikmängd som förväntas² år 2040 för järnvägen. Individrisk och samhällsrisk beräknas med den trafik som gäller vid omledning av Norge-Vänersbanan. Det blir därmed en konservativ bedömning eftersom det normalt inte förekommer godstransporter på järnvägen. Generell statistik av fördelning av farligt gods används³.
- En uppskattning av risknivån utifrån ovanstående underlag genom beräkningar och expertbedömningar.
- Beräknade risknivåer värderas mot relevanta kriterier och därefter föreslås lämpliga åtgärder.

Frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods och olika händelseförlopp vid en olycka genomförs. Frekvensberäkningarna beskriver bland annat hur ofta en urspärning med farligt gods förväntas inträffa.

Konsekvensavstånd för olika scenarier vid utsläpp av farligt gods har beräknats i åtskilliga riskanalyser i Sverige. Flera konsultfirmor i Sverige, däribland Sweco, med specialister inom riskanalys av farligt gods har utarbetat modeller för att beräkna risknivåer. I dessa utredningar har konsekvensavstånd beräknats. Genom att använda konsekvensavstånd för liknande scenarier från olika riskutredningar har Sweco utarbetat en modell där hänsyn tas till olika metoder att genomföra konsekvensavståndsberäkningar. Detta ger en riskmodell som innehåller ett stort antal experters bedömningar.

Beräkningar på individrisk och samhällsrisk har gjorts genom så kallad Monte Carlo-simuleringar av individ- och samhällsrisk, vilket innebär att fördelningar för ingående värden antas istället för medelvärden. Därefter görs simuleringen där 2 000 fall simuleras och värden plockas från fördelningarna. Som ett resultat ges en spridning i resultatet som visar osäkerheten i de beräkningar som genomförs och även vilka parametrar som i störst grad påverkar resultatet. Spridningen illustreras i kapitel om osäkerheter, avsnitt 4.3.

Riskutredningen utreder endast de risker som är kopplade till olyckor som härrör från transporter av farligt gods och de ämnen som ger en direkt skada på personer som befinner sig i närheten samt urspärningsolyckor. Det kan finnas andra förhållanden som kan begränsa etableringen som till exempel buller eller översvämningsrisker, men detta omfattas inte i denna utredning. Observera att det finns omfattande regelverk gällande brandskydd som inte behandlas i denna rapport, se Boverkets byggregler.

Det finns ingen statistik över farligt gods som kan eller kommer transporteras på den aktuella järnvägen. Därför används statistik över en generell fördelningen av transporter av farligt gods på järnväg i Sverige.

Swecos modell för beräkning av samhällsrisk görs för en sträcka på 1 kilometer och för bebyggelse på båda sidor om transportleden. Detta för att kunna bedöma samhällsrisk med samma mått oavsett hur stort planområdet är. Detta innebär att förändringar längs

² Trafikverkets trafikprognos (2040) för den aktuella järnvägen har använts (Trafikverket, 2020)

³ Detta då det är mycket svårt att få fram den verkliga fördelningen och det ändras från år till år. En känslighetsanalys genomförs och diskussion sker kring rimliga åtgärder beroende på tänkbara scenarier och konsekvenser oavsett ämne som transporteras.

med aktuell sträcka inte bör påverka den risknivå som räknas fram i betydande grad. Detta förutsatt att ytterligare förändringar är i liknande storleksordning som i denna riskutredning. I närområdet av järnvägar kan urspårning ge en betydande risknivå för bebyggelse. Urspårningar är vanligare vid spårväxlar och eftersom detta finns i planområdets närhet har det ansatts i beräkningsmodellen.

De framräknade frekvenserna för olyckor och konsekvensavstånd har använts för att beräkna individrisk och samhällsrisk i en Excel-baserad beräkningsmodell med programvaran @Risk.

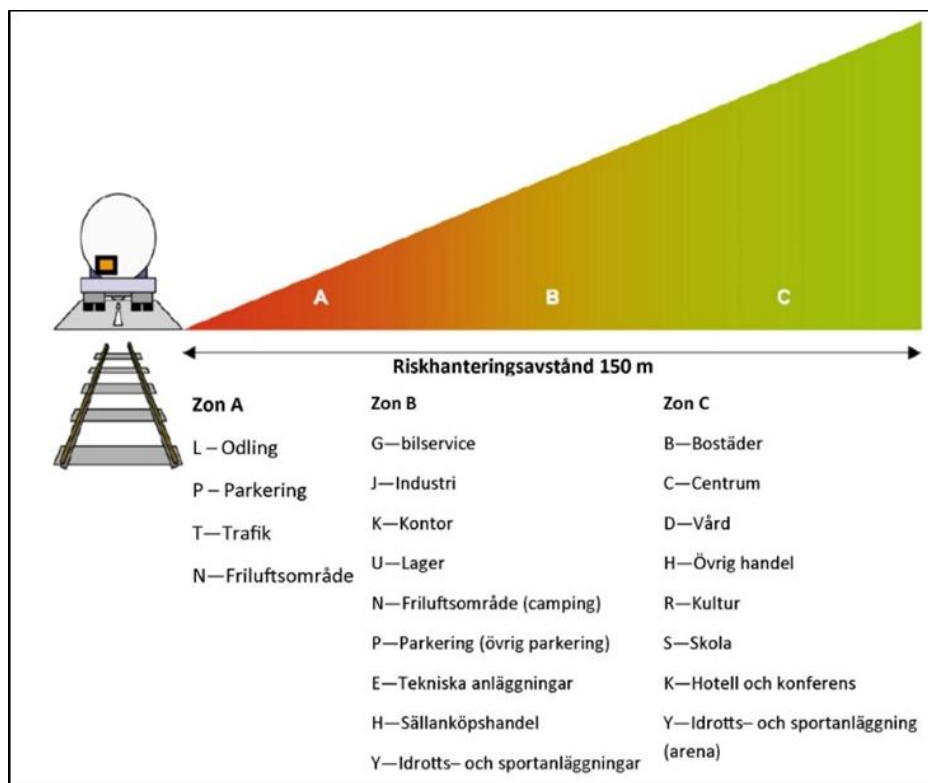
Diskussion förs sedan över vilka åtgärder som är rimliga att genomföra utifrån beräkningar och expertbedömning och åtgärder rekommenderas.

2 Styrande och vägledande dokument

2.1 Länsstyrelserna i Västra Götaland, Skåne och Stockholm

Riskhantering i detaljprocessen (Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, 2006) innefattar en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Skriften illustrerar en översiktlig zonindelning för lämplig markanvändning intill transportleder för farligt gods där känslig bebyggelse bör placeras så långt som möjligt från transportleden. I skriften rekommenderas att risker från farligt gods bör beaktas inom 150 meter från farligt godsled. Om marken intill en transportled för farligt gods önskas användas på annat sätt bör riskerna förknippade med denna markanvändning studeras i detalj.

Figur 3 illustrerar den rekommenderade zonindelningen. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering.



Figur 3. Zonindelning för markanvändning intill transportled för farligt gods. Riskhantering i detaljplaneprocessen från Länsstyrelserna i Skånes län, Stockholms län och Västra Götalands län 2006.

2.2 Plan- och bygglagen

I Plan- och bygglagen (2010:900) anges att vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor.

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. Företråde ska ges åt sådan användning som från allmän synpunkt medför en god hushållning.

2.3 Rekommendation från Trafikverket för järnväg

Som stöd i samhällsplanering kring järnvägar har Trafikverket tagit fram publikationen *Transportsystemet i samhällsplaneringen* (2013a) och i denna rekommenderas generellt ett bebyggelsefritt avstånd från spår på 30 meter (från spårmittpå närmaste spår) för ny bebyggelse. Utdrag ur publikationen:

"Ett sådant avstånd ger utrymme för räddningsinsatser om det skulle ske en olycka, och det möjliggör en viss utveckling av järnvägsanläggningen. Verksamhet som inte är störningskänslig och där människor endast tillfälligtvis vistas, till exempel parkering, garage och förråd, kan dock finnas inom 30 meter från spårmittpå. Hänsyn bör dock tas till möjligheterna att underhålla järnvägsanläggningen och bebyggelsen."

2.4 Värdering av risk

I Räddningsverkets rapport *Värdering av risk* (1997) diskuteras hur risker ska värderas i Sverige och förslag på principer för detta ges. Det ursprungliga syftet med rapporten var att verka som en startpunkt för diskussion gällande riskkriterier.

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 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.

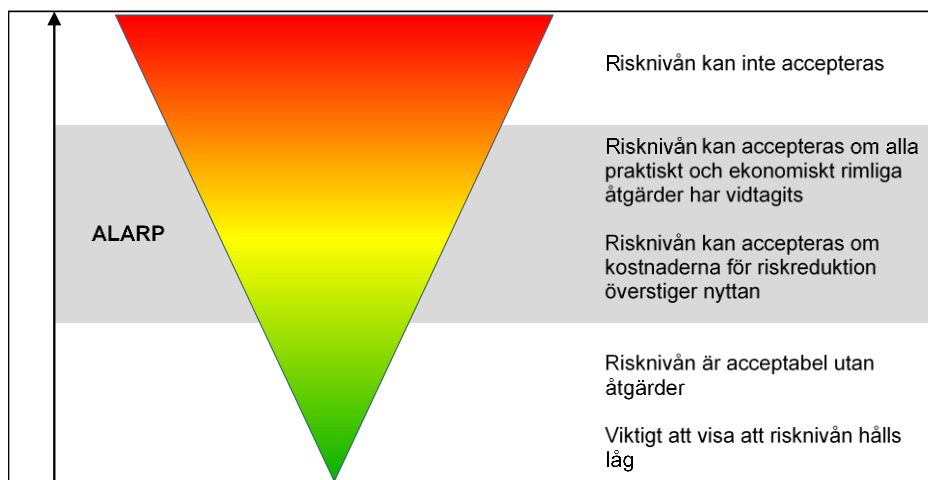
Principen om undvikande av katastrofer: Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

I rapporten (Räddningsverket, 1997) presenteras även ALARP-konceptet⁴, vilket är en vanligt förekommande princip för att sätta kriterier för beräknade risknivåer (se Figur 4

Måtten individ- och samhällsrisk baseras dels på beräkningar eller antaganden om sannolikhet för att olika scenarion ska inträffa, dels på de konsekvenser som olika scenarion kan få.

Individrisk avser risken för dödlig skada på ett visst avstånd från en eller flera riskkällor. Individrisk kan tolkas som den risk som en individ utsätts för på olika avstånd från riskkällan och är oberoende av hur många människor som vistas inom det specifika området samt hur den omgivande bebyggelsen ser ut (Räddningsverket, 1997). Eftersom det utifrån måttet går att avgöra om enskilda individer utsätts för oacceptabelt hög risk brukar måttet beskrivas som ett rättighetsbaserat mått. Måttet visar hur stor risk en person skulle utsättas för om den skulle stå på en specifik plats under ett helt år.

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 personstätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Konsekvenserna beräknas utifrån medelpersonstätheten. Samhällsrisk presenteras i ett så kallat F/N-diagram⁵. I F/N-diagrammet kan sannolikheten för att olika antal personer omkommer i anslutning till riskkällan utläsas.



Figur 4. Förslag till uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

I rapporten ges ett förslag till kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk från farlig verksamhet och transporter. Dessa har kommit att bli de riskkriterier som regelmässigt används för att värdera risk i Sverige, även om de ursprungligen var tänkta som ett underlag för diskussion.

⁴ As Low As Reasonably Practicable. Engelska ungefärligt översatt: så låg som är praktiskt möjligt och rimligt.

⁵ Frequency of accidents/Number of fatalities - Olycksfrekvens / Antal dödsfall.

För individrisk föreslås övre gräns för ALARP-området 10^{-5} per år och nedre gräns för ALARP-området 10^{-7} per år.

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. En lutning på linje för fler dödsfall föreslås vara -1.

3 Riskidentifiering

Denna riskutredning omfattar allvarliga olyckor som kan inträffa på järnväg och kan orsaka allvarlig skada eller dödsfall hos människor i planområdet. Följande kategori av olyckor har identifierats som relevanta att analysera:

- Urspårning av tåg som leder till allvarliga olyckor antingen genom
 - direkt påkörning eller ras i byggnad vid påkörning
 - efterföljande olycka med farligt gods

3.1 Förutsättningar området

Fastigheten Grävlingen 28 är belägen centralt i Vänersborg, mindre än 200 meter från centralstationen. Fastigheten omfattar en yta av 5 401 m² som ligger på ett ungefärligt avstånd på 14 meter från spårmittpå Ålvborgsbanans närmaste spår. Planområdets längd längs banan är ungefär 110 meter och bredden ungefär 49 meter. Gällande de topografiska förhållandena på platsen är marknivån att betrakta som relativt platt. Ålvborgsbanan ligger på en något lägre nivå än fastigheten. I dagsläget finns två trevåningshus belägna på fastigheten. Större delen av fastigheten är emellertid asfalterad och används till parkering.

Ålvborgsbanan är en enkelspårig järnväg mellan Borås och Uddevalla, men då fastigheten ligger inom driftplatsområdet för Vänersborgs centralstation är det dubbelspår på det område som sträcker sig längs med fastigheten. Spåret längst bort från fastigheten är huvudspåret och det närmaste spåret leder in till driftplatsens bangård. Vanligtvis trafikeras banan endast av regionala persontåg och inte godståg. Således går det inte i normalfallet något farligt gods på banan. Emellertid används den som omledningsbana vid underhållsarbeten, såväl planerade som avhjälpande. Exempelvis användes Ålvborgsbanan fram till år 2013 ungefär fyra veckor per år som omledningsbana för godståg vid mer omfattande underhållsarbeten på Norge-Vänersbanan. Mängden godståg uppskattades då till ungefär 10–12 per dygn under dessa fyra veckor (Prevecon, 2007).

Det är praxis att vid beräkningar av farligt gods utgå från trafikmängd år 2040. Enligt trafikverkets prognos för bullerutredningar för aktuell sträcka bedöms omkring 23 tåg trafikera aktuell sträcka år 2040. Inga godståg kommer trafikera sträckan enligt prognosen. Detta skulle innebära att det inte finns någon risk för olyckor med farligt gods. Eftersom Ålvborgsbanan kan användas som omledningsbana för godståg är det än svårare att förutse tillfällig trafikmängd för år 2040. Det kan även tillkomma industrier som kommer att välja att transportera farligt gods på banan, men det är mindre sannolikt eftersom godståg normalt inte körs på banan. Konservativt har trafikvolymerna vid omledningstrafik använts vid beräkning (siffror från 2019, Prevecon). Därefter genomförs känslighetsanalys över skillnaderna i risknivåer om persontätheten eller trafikmängden fördubblas samt med normala trafikvolymerna på 23 passagerartåg (utan omledningstrafik). I beräkningarna sätts årsdygnstrafik (ÅTD) för persontåg till 66,5 och för godståg till 11 utifrån den omledningstrafik som uppskattades vid underhåll av Norge-/Vänerbanan

10(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

(Prevecon, 2007). Detta är således ett konservativt värde för dagens situation och jämfört med den prognos för trafiken som finns för bullerutredningar år 2040, men det tar hänsyn till ett framtida scenario där godståg skulle kunna trafikera banan kontinuerligt.

En medelstor svensk tätort har en genomsnittlig befolkningstäthet på ca 4 000 personer/km². I Vänersborg tätort bor drygt 25 000 personer och i kommunen drygt 40 000 personer.

Det är inte orimligt att tänka sig att en yta på 2 000 m² kan inrymma ett bostadshus med åtta våningar med 10 enrumslägenheter per våningar, vilket ger en befolkningstäthet på 40 000 personer/km² inom en enskild fastighet⁶. En så pass hög persontäthet bedöms inte vara rimlig att anta för aktuellt område.

De persontätheter som har antagits i beräkningarna grundar sig på att endast ett fåtal personer antas befinna sig utomhus i den absoluta närheten av Älvsborgsbanan. Detta på grund av att Södra Järnvägsgatan ligger precis intill Älvsborgsbanan och sedan övergår till en gång- och cykelbana i den nordvästra delen av planområdet. Antagande har därmed gjorts att persontätheten inom avståndet 0–10 meter är 50 personer/km². Detta kan jämföras med att det hela tiden under dygnets alla timmar skulle befinna sig en person inom 10 meter från järnvägen längs en kilometer av den. För avstånd som är större än 10 meter från Älvsborgsbanan uppskattas en persontäthet på 5 000 personer/km².

Antaganden som har gjorts för beräkningar av individ- och samhällsrisk illustreras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Hastighetsbegränsning, trafikmängd, andel vagnar med farligt gods och antagna persontätheter för Älvsborgsbanan.

2019 + omledningstrafik	Antaganden
Hastighetsgräns persontåg	60 km/h
Hastighetsgräns godståg	40 km/h
Trafikmängd (ÅDT) persontåg	66,5
Trafikmängd (ÅDT) godståg	11
Antal vagnar per tåg	39,7 st
Andel farligt gods av antalet vagnar	1 %
Persontäthet inom 10 m från järnväg	50 personer/km ²
Persontäthet bortom 10 m från järnväg	5 000 personer/km ²
Spårväxel	Finns i planområdets närhet

⁶ 10x8/0,002 km² =40 000

4 Riskanalys och risknivåer

Nedan redovisas beräknade individ- och samhällsrisknivåer för bebyggelse intill Älvsborgsbanan med givna antaganden. Individrisk beräknas alltid utan hänsyn till skyddsåtgärder. Samhällsrisk som redovisas i denna utredning gäller före eventuella riskminskande åtgärder beaktats.

Detaljer kring frekvensberäkningar och konsekvensavstånd redovisas i Bilaga A och B.

4.1 Individrisk

Individrisken beskriver sannolikheten för dödliga skador på ett visst avstånd från en eller flera riskkällor under ett år.

Individrisk beror endast på riskkällan och påverkas inte av hur den omgivande bebyggelsen ser ut.

För att beräkna individrisk används följande formel:

$$P_{olycka} \times P_{utsläpp|olycka} \times P_{scenario|utsläpp} \times P_{konsekvensavstånd > studerat avstånd}$$

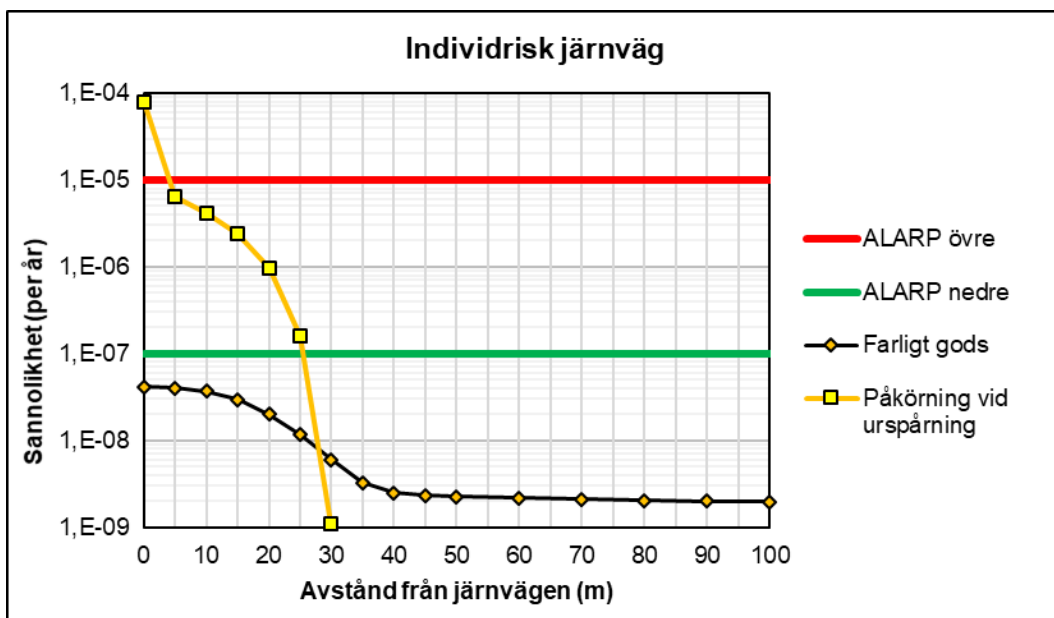
Där:

P_{olycka}	är sannolikheten för en urspårning eller lastbilsolycka per år (förväntad frekvens)
$P_{utsläpp olycka}$	är sannolikheten för utsläpp för respektive godsklass givet att en urspårning eller lastbilsolycka inträffar
$P_{scenario utsläpp}$	är sannolikheten för ett visst scenario (explosion, brand etc.) givet att utsläpp har skett
$P_{konsekvensavstånd > studerat avstånd}$	är sannolikheten att en viss punkt på ett visst avstånd från banan ligger inom konsekvensavståndet.

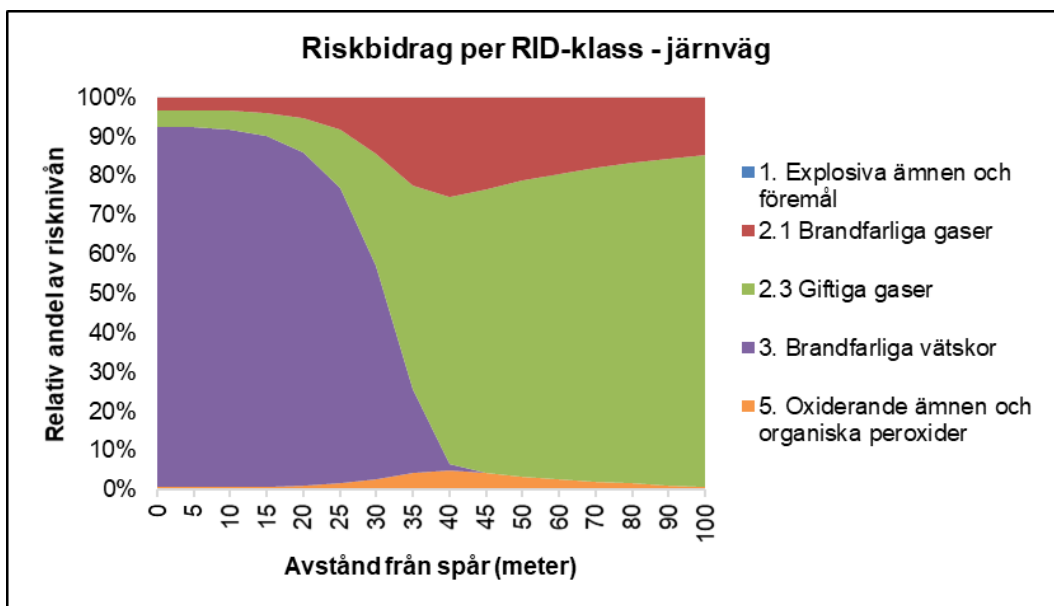
Resultatet från beräkningarna av individrisk längs den aktuella delen av Älvsborgsbanan redovisas i Figur 5. Beräkningarna visar att individrisken är oacceptabel inom ca 5 meter från järnvägen och inom ALARP-området⁷ inom ca 25 meter från närmsta spårmit. Detta innebär alltså att risknivån kan anses vara acceptabel om rimliga skyddsåtgärder vidtas mellan 5–25 meter från järnvägen. I Figur 6 illustreras vilken ADR-klass som bidrar mest till individrisken på olika avstånd från järnvägen. Med generell statistik över fördelningen för RID-klasser som transporteras på järnväg är det främst brandfarlig vätska som utgör det största riskbidraget inom ca 30 meter från järnvägen. Bortanför 30 meter är det istället giftig gas och brandfarlig gas som utgör den större andelen av risken. Detta då dessa grupper av ämnen har ett längre konsekvensavstånd än brandfarlig vätska. Detta innebär alltså att det är brandfarlig vätska som bidrar till att risknivån ligger inom ALARP inom ca 25 meter från järnvägen och eventuella åtgärder bör därför främst vidtas för händelser som rör brandfarlig vätska.

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

Bortom 25 meter från spårmittpunkt är individrisknivån acceptabel utan åtgärder (risknivån ligger under ALARP-området). Dock ska risker, oavsett risknivå, alltid åtgärdas om det med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel är möjligt enligt rimlighetsprincipen (beskriven i avsnitt 2.4, sida 7).



Figur 5. Beräknad individrisk för området baserat på trafikmängder för år 2019 (inklusive omlodningstrafik) med avseende på farligt gods på Älvsborgsbanan.



Figur 6. Illustrerar individriskbidraget per respektive RID-klass. Explosiva ämnen utgör ett så pass litet bidrag till individrisken att det inte syns i figuren.

4.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beskriver risken med hänsyn till hur många människor som kan omkomma vid en olycka. Hänsyn tas då till den områdesspecifika persontätheten inomhus och utomhus samt hur denna varierar över dygnet. Konsekvenserna beräknas utifrån medelpersontätheten.

Samhällsrisk presenteras i ett så kallat F/N-diagram⁸. I F/N-diagrammet kan sannolikheten för att en eller flera personer omkommer i anslutning till riskkällan utläsas.

Som antagande används en persontäthet på 5 000 personer/km² bortanför 10 meter från järnvägen. Inom 10 meter från järnvägen kommer persontätheten vara betydligt lägre och antas därför inte uppgå till fler än 50 personer/km². I Känslighetsanalysen testas skillnaden i risknivå med en fördubblad antagen persontäthet.

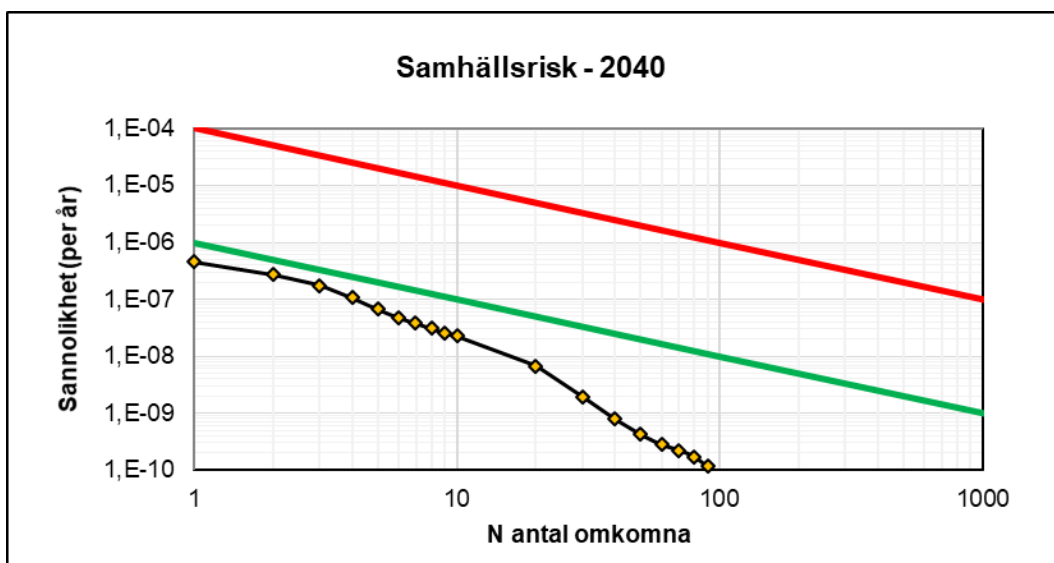
Oavsett bebyggelse typ ska samhällsrisk utmed en sträcka på 1 km förbi området understiga 10⁻⁵ per år för N = 1 och 10⁻⁷ per år för N = 100.

Samhällsrisk har beräknats för ett område inom 150 meter från järnvägen och resultatet presenteras i Figur 7. Det relativa samhällsriskbidraget per ADR-klass illustreras i Figur 8 på avståndet 10 meter från järnvägen.

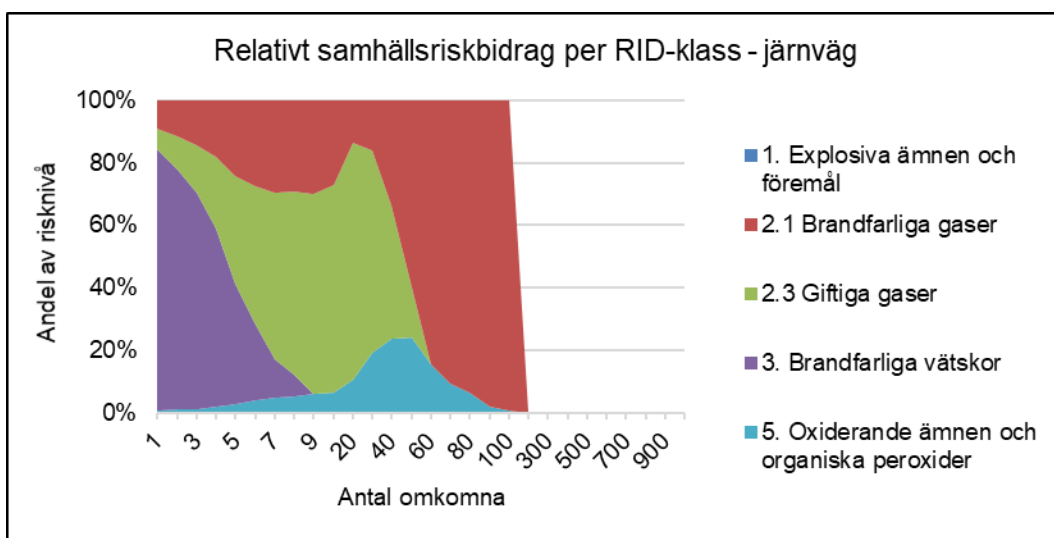
Resultatet av beräkningen visar att samhällsrisk för järnvägen ligger under ALARP-området, det vill säga risknivån kan anses vara acceptabel utan skyddsåtgärder. Dock kommer identifierade risker trots detta åtgärdas om det med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel är möjligt, i enlighet med Rimlighetsprincipen (beskriven i avsnitt 2.4, sida 7).

Figur 8 illustrerar att med en generell fördelning över vilka RID-klasser som kan tänkas transporteras på järnvägen så är det främst brandfarlig vätska som ger upphov till scenarier där personer omkommer. Brandfarlig och giftig gas bidrar till den större delen av samhällsrisk där många personer omkommer.

⁸ Frequency of accidents/Number of fatalities - Olycksfrekvens / Antal dödsfall.



Figur 7. Beräknad samhällsrisk för området baserat på trafikmängder för år 2019 (inklusive omledningstrafik) med avseende på farligt gods och urspårning på Älvsborgsbanan.



Figur 8. Illustrerar det relativa samhällsrisksbidraget per RID-klass. Explosiva ämnen har så liten bidragande effekt att det inte syns i figuren.

4.3 Osäkerheter och känslighetsanalys

Beräkningarna av individ- och samhällsrisk är förknippad med osäkerheter, exempelvis avseende uppskattade godsmängder, sannolikheter för identifierade olyckshändelser och konsekvenser. 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 (ingenjörsmässiga bedömningar) 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 nedan.

I beräkningarna används intervall och Monte Carlo-simulering 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 osäkra och bygger inte på någon omfattande statistik över inträffade händelser. Generellt antas beräkningarna överskatta risknivåerna. Detta eftersom det med dessa resultat borde ha inträffat fler större allvarliga olyckor i världen och i Sverige.

Resultaten ska dock inte heller tolkas som att låg sannolikhet är detsamma som att det inte kan inträffa. Ambitionen är att beräkningsresultaten och hur de tolkas 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.

För tätare stadsbebyggelse bortom 30 meter är det i första hand samhällsrisken som blir styrande. För vissa händelser krävs mycket långa skyddsavstånd alternativt betydligt lägre persontätthet för att minska samhällsrisken.

Exempelvis kan ett gasmoln med hälsofarliga koncentrationer spridas flera hundra meter, och då ger inte ett bebyggelsefritt avstånd på några tiotals meter någon märkbar effekt.

4.3.1 Förenklingar, antaganden och avgränsningar

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 klorgas på järnväg för giftiga gaser och hexan för brandfarlig vätska. Dessa ämnen utgör i själva verket endast en marginell del av respektive transporterad klass farligt gods.

För flera av scenerierna 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 scenerierna är så att byggnader närmast riskkällan kan verka skyddande mot bakomvarande bebyggelse. Beräkningarna tar inte heller hänsyn till topografiska skillnader, eventuella skyddande växtlighet eller eventuella befintliga murar eller plank. Detta är alltså effekter som bedöms separat från beräkningarna.

Eftersom bebyggelsen kommer att vara kvar under en längre period behöver beräkningarna ta höjd för den högre trafikmängd som kan gälla i framtiden. Trafikverket rekommenderar prognosår för sina vägar men det är behäftat med mycket stora osäkerheter att anta trafikmängder längre fram i tiden. Därutöver krävs det mycket stora

16(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

förändringar i trafikmängder för att få betydande utslag på risknivåerna (se avsnitt 4.3.2 för illustration över detta).

Det använda konsekvensavståndet är en förenkling, där sannolikheten för att avlida 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 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 istället 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 dessa beräkningar av samhällsrisk, eftersom dödlig skada kan uppstå på långa avstånd även om detta sätt att räkna överskattar riskerna på längre avstånd, eftersom sannolikheten att omkomma minskar med avståndet (se Bilaga B).

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.

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 personen sannolikt redan påverkats av urspårningen. 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.

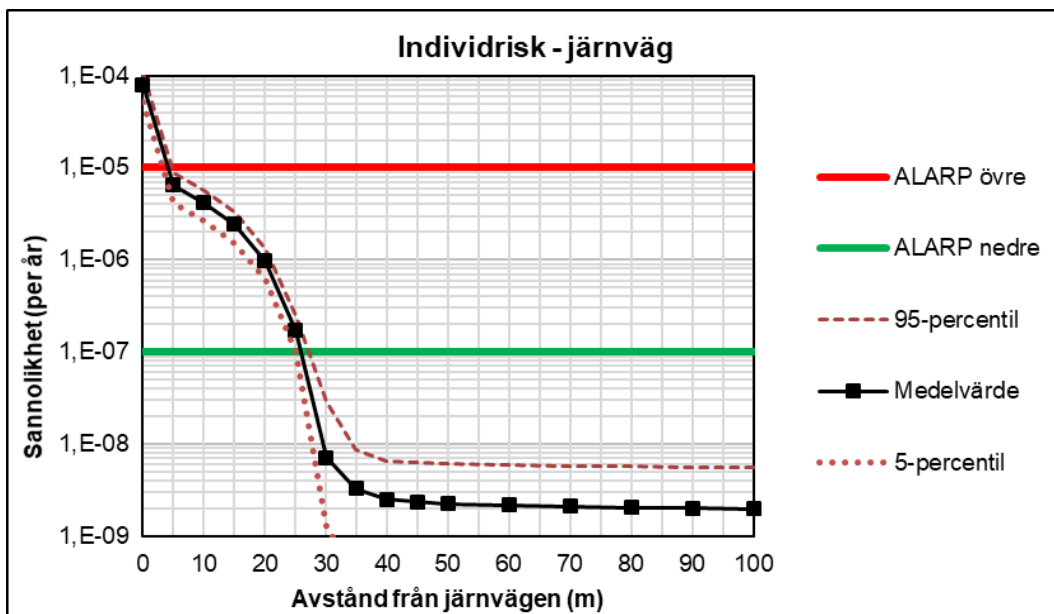
4.3.2 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har gjorts för att beskriva hur osäkerheter i antagna indata påverkar resultatet och vilka antagna intervall som ger störst inverkan på denna osäkerhet. Detta har gjorts genom så kallad Monte Carlo-simuleringar av individ- och samhällsrisk, vilket innebär att fördelningar antas istället för medelvärden för ingående parametrar. Därefter görs simuleringen där 2 000 fall simuleras och värden plockas från fördelningarna. Som ett resultat ges en spridning i resultatet som visar känsligheten i de beräkningar som genomförs och även vilka parametrar som i störst grad påverkar resultatet.

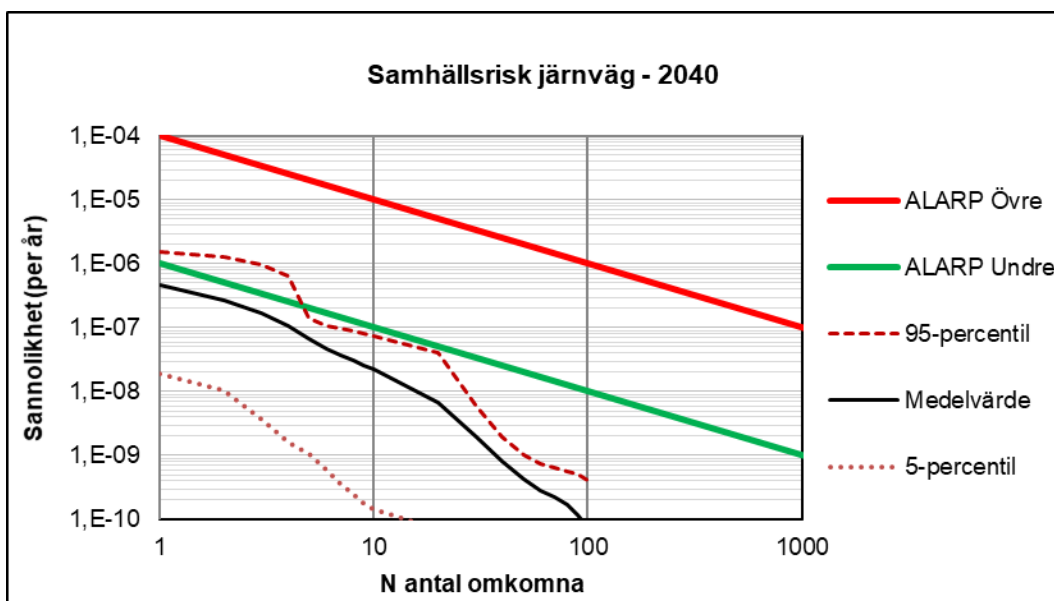
I Figur 9 och Figur 10 presenteras individ- respektive samhällsrisk för järnvägen tillsammans med 5:e och 95:e percentilen av de beräknade riskmått för 2 000 Monte

17(28)

Carlo-simuleringar. Även för 95-percentilen överstiger inte individrisknivån en oacceptabel nivå förutom inom ca 5 meter från järnvägen. 95-percentilen för samhällsriskerna befinner sig strax inom det område där rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas.



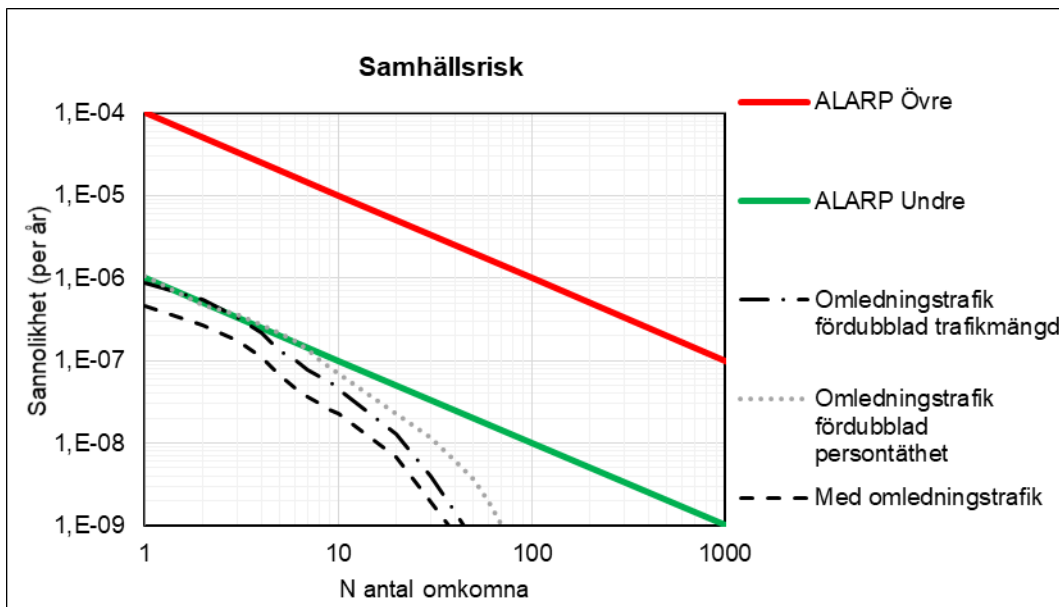
Figur 9. Beräknad individrisk för området baserat på trafikmängder för år 2019 (inklusive omledningstrafik) med avseende på farligt gods och urspårning på Älvsborgsbanan med 5- och 95-percentiler



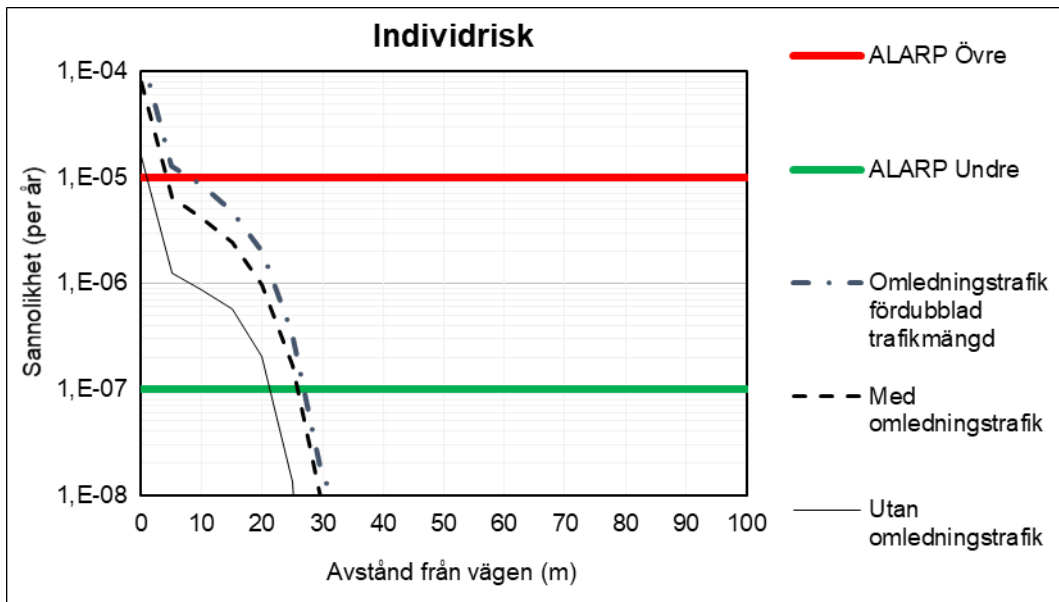
Figur 10. Beräknad samhällsrisk för området baserat på trafikmängder för år 2019 (inklusive omledningstrafik) med avseende på farligt gods och urspårning på Älvsborgsbanan med 5- och 95-percentiler.

I Figur 11 kan det konstateras att en fördubbling i trafikmängd eller persontäthet inte ger någon betydande ökning i samhällsrisk⁹. Det krävs alltså en mycket stor ökning (vilket inte bedöms vara rimligt) för att vi ska hamna på en oacceptabel risknivå (ovanför ALARP Övre). I Figur 12 syns att individrisken ligger på en acceptabel nivå även med fördubblad trafikmängd. I denna figur illustreras även individrisken med avseende på ett scenario där endast 23 persontåg och inga godståg trafikerar vägen. Risknivån består då endast av risken från urspårning. Samhällsrisken visas inte för detta scenario eftersom någon betydande risk inte uppstår.

⁹ Vilket även innebär att en högre olycksfrekvens inte heller bör ge betydande högre risknivåer.



Figur 11. Beräknad samhällsrisik för området baserat på olika trafikmängder med avseende på farligt gods och urspårning på Älvsborgsbanan. med fördubblad trafikmängd och fördubblad persontäthet.



Figur 12. Beräknad individerisk med olika trafikmängder.

5 Riskvärdering

Riskvärderingens syfte är att genomföra en värdering av riskerna med identifierade händelser. Därefter rekommenderas rimliga åtgärder som kan vidtas.

Enligt beräkningarna för individrisk är risken inom 25 meter i det område (ALARP)¹⁰ där risken är acceptabel så länge tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder genomförs. Samhällsrisken är acceptabel.

Enligt rimlighetsprincipen, se avsnitt 2.4, ska risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid åtgärdas, oavsett risknivå. Val av åtgärder bör anpassas till relevanta olycksscenario och platsspecifika förutsättningar.

Individrisken understiger ALARP efter ungefär 25 meter från spårmittpå närmaste spår mot planområdet. Risknivån kan nästintill enbart kopplas till urspårningsrisken som i närområdet av järnvägar utgör en betydande risk för bebyggelse. För det aktuella planområdet är bedömningen att detta inte utgör någon betydande risk. Visserligen finns växlar i närheten av planområdet som ökar sannolikheten för urspårning men eftersom hastigheterna på Älvsborgsbanan är låga på aktuell sträcka och linjeföringen relativt rak, minskar de urspårningsavstånd som kan uppstå. Därutöver ligger järnvägen lägre än planområdet, något nedsänkt i östra delen och i skärning i västra delen vilket ytterligare skulle begränsa urspårningsavstånd. Resultatet från samhällsrisken visar att risknivån ligger under ALARP och att den därmed bedöms vara acceptabel. Sammantaget bedöms inte risken för urspårning innebära något behov att upprätthålla längre avstånd än de ungefärliga 14 meter som det är till planområdet.

Mellan järnvägen och planområdet ligger Södra Järnvägsgatan. Denna gata kan användas av räddningstjänst om en insats behöver ske på järnvägsområdet eller om Trafikverket behöver utföra underhåll med etablering utanför järnvägsområdet. På den större delen av planområdet planeras dessutom parkering som enkelt kan nyttjas vid behov. Sammantaget bedöms åtkomst och underhåll kunna utföras även om avståndet är kortare än 30 meter mellan planområdet och järnvägen, vilket Trafikverket normalt rekommenderar, se avsnitt 2.3.

Med avseende på de låga samhälls- och individriskerna som föreligger, samt de platsspecifika förutsättningarna, bedöms kostsamma riskreducerande åtgärder inte vara motiverade.

De åtgärder som bedöms vara rimliga att genomföra är visa ventilationsåtgärder, placering av huvudentréer eller utrymningsvägar samt att utföra fasader i obrännbart eller i brandtekniskt klassat material (dock ej fönster). Därutöver anses ett skyddsavstånd på 25 meter till mycket känslig verksamhet vara rimligt. Detta är åtgärder som ger en hög skyddseffekt till en relativt låg kostnad. Åtgärderna beskrivs och motiveras i kapitel 6.

¹⁰ As Low As Reasonably Practicable. Engelska ungefär: så låg som är praktiskt möjligt och rimligt.

6 Riskreducerande åtgärder

För att minska risken för olyckor med farligt gods är det i första hand lämpligt att vidta åtgärder för att minska sannolikheten för olycka. Detta kan i vissa fall göras genom att förbjuda transporter av farligt gods på vissa vägar. Dock är detta en svår åtgärd att säkerställa efterlevnaden av och inte en aktuell åtgärd för Älvsborgsbanan.

En övergripande bedömning av respektive riskreducerande åtgärd beskrivs i kommande avsnitt för att sedan sammanfattas i avsnitt 6.6 *Rekommenderade riskreducerande åtgärder*.

I avsnitten skiljs verksamhetstyperna åt enligt följande kategorisering:

- Mycket låg känslighet – t.ex. tekniska anläggningar, ytparkering, odling och trafik som innebär mycket låg personintensitet (få personer på stor yta)
- Låg känslighet – t.ex. industri och andra verksamheter som innebär en relativt låg personintensitet
- Medelhög känslighet – T.ex. centrumverksamheter, detaljhandel, kontor. Verksamheter som innebär relativt låg till medelhög persontäthet där det i huvudsak inte vistas människor i sovande tillstånd eller personer som inte förväntas kunna utrymma själva
- Hög känslighet – T.ex. vårdplats eller skola där personer kan förväntas utrymma själva eller verksamhet som kan innebära många personer i sovande tillstånd. Alternativt verksamhet med relativt hög personintensitet
- Mycket hög känslighet – t.ex. mycket hög personintensitet eller vårdplats där personer inte kan förväntas utrymma själva, äldreboenden, psykiatri, sjukhus eller skola avsedd för förskola, låg- och mellanstadium samt särskola

6.1 Disponering av utrymningsvägar

För att människor ska kunna utrymma byggnader på ett säkert sätt vid en olycka är det lämpligt att det finns utrymningsvägar bort från riskkällan. Att kunna utrymma byggnaden på sida bort från vägen vid en brand eller annan olycka med farligt gods bedöms vara en rimlig åtgärd oavsett risknivå och bör därför nästan alltid vidtas. Människor har en tendens att utrymma samma väg som de kom in (Räddningsverket, 2001). Därför rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av huvudentré för "känsliga" verksamheter.

6.2 Brandklassad/obrännbar fasad

En fasad i icke-brännbart eller brandtekniskt klassat material bedöms ge ett skydd mot exempelvis en pölbrand. Målet är att förhindra brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Exempelvis kan fasad och takfot utföras i obrännbart material (exempelvis brandteknisk klass A2-s1, d0) eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering (exempelvis brandteknisk klass EI 30).

22(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

Det bör uppmärksammas att om funktionskrav på brandteknisk klass ställs på hela fasaden inkluderar detta fönster i klass EW 30 vilket innebär att fönster bara kan öppnas med specialverktyg och normalt endast öppnas vid putsning eller underhåll. Det kan också ställa högre krav på utförandet och då bli dyrare än att enbart kräva fasad i obrännbart material. Sett till den låga risknivån från Älvsborgsbanan anses inte brandklassade fönster vara motiverade. Detta trots att brandspridning kan ske via fönster.

6.3 Ventilationsåtgärder

De giftiga gaser som transporteras under tryck beter sig vid ett utsläpp som tyngre än luft och stiger inte omedelbart utan sprids längs marken med vinden tills de värmts upp av omgivningen. Betydelsen av att placera ventilationsintag högt är större ju närmare riskkällan intaget ligger. På längre avstånd har gasmolnet fått en större utbredning i höjdlängd, samtidigt som koncentrationerna är lägre.

Koncentrationen av giftig gas är sannolikt även lägre på den sida av byggnader som vetter bort från riskkällan vilket förklaras av det längre avståndet samt den turbulens som uppstår runt en byggnad och bidrar till att gasen blandas ut med luft (FOA, 1998) (Krogstad, 1986).

Friskluftsintagen på bebyggelse bör placeras på en fasad som vetter bort från järnvägen, alternativt på tak. Syftet med åtgärden är att minska den mängd brandfarlig och giftig gas samt rökgaser som kan komma in i byggnaden vid en olycka med farligt gods. Placeringen kan dock öka kostnaderna, till exempel vid placering i söderläge eftersom kylning av friskluft då blir nödvändigt under varma dagar. Detta är inte heller en lämplig eller rimlig åtgärd om det finns en större risk med att placera ventilation bort från järnvägen, till exempel mot en industri eller starkt trafikerad väg, där luftkvaliteten är sämre. Detta bedöms inte vara fallet för aktuellt område.

6.4 Vall, mur eller skärm

En vall av jordmassor kan fungera som en fysisk barriär mellan en transportled för farligt gods och bebyggelse. En sådan barriär kan hindra att farliga vätskor rinner mot planområdet och begränsar på det sättet utbredningen av en pölbrand. Värt att nämna är att om utsläpp av farlig vätska inträffar på järnvägen så rinner den snabbt undan eftersom översta lagret av banvallen ligger på makadam som har en god dräneringsförmåga. Den fysiska barriären kan också ha viss skyddande effekt mot gasutsläpp med tunga gaser nära marken. Som följd av den turbulens som barriären skapar reduceras nämligen spridningen av gasen, en barriär bidrar även till en viss fördröjning av gasspridning.

Vid mindre bränder blir effekten relativt stor, men effekten avtar ju högre flamhöjden blir. Det är visserligen mer sannolikt med mindre utsläpp, men en fyra meter hög konstruktion kan vara orimligt dyr i förhållande till den relativt låga riskreducerande effekten. Att tillse att fasaden utförs i icke-brännbart material bedöms i de flesta fall ge ett mer kostnadseffektivt skydd.

Skyddets (vall/mur/skärm) huvudsakliga syfte är inte att skydda mot värmestrålningen vid en pölbrand eller jetflamma eftersom detta kräver en mycket hög konstruktion för att ge

23(28)

betydande effekt. Syftet är främst att hålla transporten och behållare med farliga ämnen på avstånd samt hindra utläckande ämnen från att rinna mot områden där människor vistas.

Denna åtgärd bedöms inte vara motiverad för det aktuella planområdet men bidrar till en riskreducerande effekt om den vidtas av andra orsaker t.ex. buller. Järnvägen ligger lägre än planområdet, något nedsänkt i östra delen och i skärning i västra delen vilket fungerar något riskreducerande på ett liknande sätt som en lägre vall eller mur.

6.5 Ej uppmuntra till stadigvarande vistelse

Genom att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse på de delar av planområdet som ligger mot och närmast järnvägen minskar risken för att människor som vistas utomhus inom planområdet skadas om en olycka med farligt gods inträffar. Exempelvis bör inte lekplatser, eller annan yta där större antal människor uppehåller sig anläggas nära riskkällan. I detta fall utgör inte järnvägen en betydande risk eftersom det vanligtvis inte transporteras farligt gods på sträckan. Att placera eventuell skolgård mot järnvägen rekommenderas dock inte då det i framtiden kan transporteras farligt gods på järnvägen då med hänsyn till principen om undvikande av katastrofer (se avsnitt 2.4). Däremot kan en placering på en innergård eller på annat sätt i skydd av en byggnad vara möjlig.

6.6 Rekommenderade riskreducerande åtgärder

Det går normalt inget farligt gods på Älvsborgsbanan men vid omledning från Norge-Vänernbanan sker farligt godstransporter på banan. Även då kan risknivåerna konstaterats vara låga och acceptabla utan åtgärder (under ALARP). Planområdet ligger oavsett nära en farligt gods led (alla järnvägar räknas som leder för farligt gods om det inte finns förbud mot farligt gods på järnvägen) och det är rimligt att vidta följande åtgärder (a-d) vilka beskrivs i Tabell 2 för respektive verksamhetstyp och avstånd från Älvsborgsbanan (riskkällan). Avstånden i tabellen ska mätas från spårmit, alternativt släntfot om järnvägen går på bank.

- a) Ventilation/friskluftsintag ska placeras på fasad som inte vetter direkt mot riskkällan, alternativt på tak
- b) Huvudentré placeras bort från riskkällan
- c) Fasad som vetter mot riskkällan ska utföras i obrännbart material (lägst brandklass A2-s1, d0) alternativt i brandteknisk klass EI30 (fönster behöver ej vara brandklassade)
- d) Möjlighet att utrymma bort från riskkällan

För befintlig bebyggelse krävs inga riskreducerande åtgärder. Detta eftersom det generellt accepteras en högre risknivå för befintlig bebyggelse. Om risknivån hade bedömts vara oacceptabelt hög hade det varit motiverat med riskreducerande åtgärder.

Om parkering ska anordnas inom planområdet så är det fördelaktigt om den placeras i den del av planområdet som är närmast järnvägen.

24(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

Att anlägga grundskola ("mycket hög känslighet"), inkluderat förskola, i planområdet kan innebära vissa svårigheter. Detta eftersom skolgård bör anläggas på ett sätt så att den är skyddad från Älvsborgsbanan. Om grundskola eller förskola tas med i planen ska placeringen av skolgård övervägas noggrant. En möjlig lösning är att placera skolgård på innergård. Placeringen av uteplats ska även övervägas noggrant om verksamheter där vård bedrivs där personer inte kan förväntas utrymma själva ("mycket hög känslighet") ska planeras i området.

För skolgård där det främst vistas personer som kan antas kunna utrymma själva ("hög känslighet") bör placering inte ske inom 25 meter från järnvägen eller placeras i skydd av byggnad om avståndet är kortare.

Tabell 2. Föreslagna åtgärder och skyddsavstånd beroende på typ av verksamhet som etableras på fastigheten.

	Verksamhetstyp	14-25 m	> 25 m
Mycket hög känslighet	D – vård*	Bebyggelse rekommenderas inte.	Acceptabelt med åtgärder - a, b och c.
	S – Skola/förskola**		Skolgård/uteplats placeras i skydd av byggnad med fördel på innergård.
Hög känslighet	D – vård***	Acceptabelt med åtgärder a, b och c.	Acceptabelt med åtgärder a, b och c.
	S – Skola**** B – bostäder O – tillfällig vistelse N – friluftsliv och camping	Skolgård placeras i skydd av byggnad med fördel på innergård.	
Medelhög känslighet	C – centrum H – detaljhandel R – besöksanläggningar K – kontor	Acceptabelt med åtgärder a, b och c.	Acceptabelt med åtgärder a och d.
Låg känslighet	J – industri Z - verksamheter	Acceptabelt med åtgärder a och d.	Inga åtgärder
Mycket låg känslighet	E – tekniska anläggningar P – parkering L – odling och djurhållning T – trafik	Inga åtgärder Om parkeringshus anläggs är det lämpligt att utrymning är möjlig bort från Älvsborgsbanan.	Inga åtgärder

* Vårdplats där personer inte kan förväntas utrymma själv t.ex. äldreboende, psykiatri, sjukhus.
** Skola för personer inte kan förväntas utrymma själv t.ex. förskola, låg- och mellanstadieskola samt särskola.
*** Vårdplats där personer kan förväntas utrymma själv t.ex. mindre vårdcentral eller annan tillfällig vårdvistelse.
**** Skola där personer kan förväntas utrymma själva t.ex. Komvux, högskola, högstadieskola, och gymnasieskola.

26(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

7 Slutsats

Enligt beräkningarna för individrisk är risken inom 25 meter i det område (ALARP)¹¹ där risken är acceptabel så länge tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder genomförs. Bortanför 25 meter är individrisken acceptabel. Samhällsrisken är acceptabel.

Individrisknivån kan nästintill enbart kopplas till urspårningsrisken som i närområdet av järnvägar utgör en betydande risk för bebyggelse. För det aktuella planområdet är bedömningen att detta inte utgör någon betydande risk. Detta eftersom hastigheterna på Älvsborgsbanan är låga på aktuell sträcka och linjeföringen relativt rak. Därutöver ligger järnvägen lägre än planområdet, något nedsänkt i östra delen och i skärning i västra delen. Sammantaget minskar detta sannolikheten för att långa urspårningsavstånd kan uppstå. Södra Järnväggsgatan som ligger mellan planområdet och järnvägen ger god tillgång för underhåll av Älvsborgsbanan och även för en eventuell insats av räddningstjänst. Därmed bedöms inte längre avstånd behöva hållas fritt från bebyggelse än de ungefärliga 14 meter som det är till planområdet.

Riskenivån är sammantaget låg i området men då det finns osäkerheter i hur transporter kommer ske på järnvägen i framtiden bedöms det ändå vara rimligt att genomföra riskreducerande åtgärder för att få en god bebyggd miljö.

Åtgärder som föreslås för aktuellt område sammanfattas nedan, och i avsnitt 6.6 (föregående sida) redovisas i detalj vilka åtgärder som rekommenderas för respektive verksamhetstyp.

- a) Ventilation ska placeras på fasad som inte vetter direkt mot riskkällan (Älvsborgsbanan), alternativt på tak
- b) Huvudentré placeras bort från riskkällan (Älvsborgsbanan)
- c) Fasad som vetter mot riskkällan (Älvsborgsbanan) ska utföras i obrännbart material (lägst brandklass A2-s1, d0) alternativt i brandteknisk klass EI30 (fönster behöver ej vara brandklassade)
- d) Möjlighet att utrymma bort från riskkällan (Älvsborgsbanan)

Att anlägga grundskola, inkluderat förskola, i planområdet kan innebära vissa svårigheter. Detta eftersom skolgård bör anläggas på ett sätt så att den är skyddad från Älvsborgsbanan. Om grundskola eller förskola tas med i planen ska placeringen av skolgård övervägas noggrant. Även vid verksamheter där vård bedrivs där personer inte kan förväntas utrymma själv ska placeringen av uteplats övervägas noggrant.

¹¹ As Low As Reasonably Practicable. Engelska ungefär: så låg som är praktiskt möjligt och rimligt.

Referenser

- FOA. (1998). *Hur farlig är en ishall med ammoniak*. Försvarets forskningsanstalt, Räddningsverket.
- Krogstad, P. &. (1986). *Windtunnel modelling of a release of a heavy gas near a building*. Atmospheric Environment, Vol. 20, No 5, pp 867-878.
- OpenStreetMaps. (2019). Hämtat från <https://www.openstreetmap.org/#map=16/58.3769/12.3196&layers=N> (Hämtad 2019-01-09)
- Prevecon. (2007). *Risikanalyt av Sanden, Vänersborg*.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*.
- Räddningsverket. (2001). *Tid för utrymning*.
- Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län. (2006). *Riskhantering i detaljplanprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*.
- Trafikverket. (2013a). *Transportsystemet i samhällsplaneringen*.
- Trafikverket. (2020). *trafikuppgifter_jarnvag_t20_och_bullerprognos_2040*. Trafikverket.

28(28)

RAPPORT
2020-09-15
VERSION 1.0
RISKUTREDNING JÄRNVÄG, GRÄVLINGEN 28,
VÄNERSBORG

BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR

A1 Inledning

Risکانالysen 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, dvs. 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 istället 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.

I dessa bilagor redovisas endast beräkningarna för scenariot då trafik leds om från Norge-Vänersbanan.

A1.1 Händelseförlopp för olika typer av farligt gods

A1.1.1 Explosiva ämnen (ADR/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 (ADR/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 istället 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 konsekvensavstånden.

På väg är det tillåtet att lasta upp till maximalt 16 ton explosivämnen. Det är dock mycket ovanligt med så stora laster eftersom strikta samlastningsregler gäller för explosiva ämnen. Hur stora laster som ingår i konsekvensberäkningar varierar mellan olika utredningar och bygger på ingenjörsmässiga bedömningar (WUZ, 2016) (WSP, 2016). Detta påverkar fördelningen för konsekvensavstånden.

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.

A1.1.2 Tryckkondenserade gaser (ADR/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.

Brandfarliga gaser (ADR/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 m. Jetflamman kan skada människor och egendom dels genom en direkt träff av jetflamman och 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 t.ex. 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. 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. En spridningsvinkel för gasmolnsbrand antas konservativt till 45°.

Giftiga gaser (ADR/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.

Beräkningar av sannolikheter för utsläpp givet att en vagn spårar ur och hålstorlek är detsamma som för brandfarliga gaser och redovisas ovan.

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 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 Akso Nobel lade ner sin tillverkning av klor i Bohus och Skoghall 2005 respektive 2011 bedöms transporter med klor vara försvinnande få. Klor tillverkas fortfarande i

Stenungssund men transporter är sällsynt, under 2013 skedde inga transporter av klor (INEOS Sverige AB, 2014).

Ammoniak och svaveldioxid är exempel på de mer giftiga gaser som transporteras på väg. På väg transporteras vanligen inte större mängder än 25 ton gas per fordon.

A1.1.3 Brandfarliga vätskor (ADR/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 gåtts 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 till 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 brandfarlig gas ovan.

A1.1.4 Oxiderande ämnen och organiska peroxider (ADR/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 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 ADR/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 t.ex. brandfarliga vätskor.

Genomgång av olika riskutredningar för farligt gods i Sverige visar att de ingenjörsmässiga bedömningarna avseende explosion eller brand med klass RID/ADR 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. För vägtransporter ökar sannolikheterna för omblandning med organiskt material eftersom lastbilen som transporterar ämnet och andra fordon har drivmedel som kan läcka ut vid en olycka.

A1.2 Frekvensberäkningar för järnväg

A1.2.1 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} per tåg-km (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} och för godståg till 20×10^{-8} per tåg-km.

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 85×10^{-8} per tåg-km i stationsområden med växlar
- ca $8,5 \times 10^{-8}$ per tåg-km på rakspår och kurvspår i övrigt.

För beräkningarna har urspårningsfaktorn för rakspårmed växlar använts.

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

Tabell A-1. Indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen.

Parameter	Prognos 2040	Fördelning som använts vid beräkningar (5- / 95-percentil för normalfördelning)
Antal godståg per dag	11	10-12
Antal persontåg	66,5	62-71
Antal dygn med trafikering per år	364	364
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	1 %	0,5–1,5 %
Urspårningsfaktor per tågkm, godståg	$8,5 \times 10^{-7}$	+/- 50 %
Urspårningsfaktor, persontåg	$8,5 \times 10^{-8}$	+/- 50 %

Förväntad urspårningsfrekvens för godståg för aktuell sträckapå 1 km) blir då

$10 \times 364 \times 8,5 \times 10^{-7} \approx 3,01 \times 10^{-3}$ per år, vilket motsvarar ca en urspårning på 320 år.

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:

$$1 - (1 - \text{andel farligt gods})^{\text{antal vagnar som spårar ur}} = 3\% \text{ per urspårning}$$

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 för den aktuella bandelen, därför har den nationella statistiken för farligt gods på järnvägar använts.

Beräkning med ovanstående parametrar ger att frekvensen för olycka med farligt gods ska ske på 1 km av järnvägen $1,18 \times 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar ca en olycka på 8 500 år, fördelat över RID-klasserna enligt Tabell A-2.

Tabell A-2. Beräknad frekvens för urspårning av en vagn som innehåller respektive RID-klass.

	Älvsborgsbanan på aktuell sträcka
ADR 1 – Explosiva ämnen	~ 0
ADR 2.1 - Brandfarlig gas	$9,7 \times 10^{-8}$
ADR 2.3 - Giftig gas	$3,2 \times 10^{-8}$
ADR 3 - Brandfarlig vätska	$4,2 \times 10^{-6}$
ADR 5 - Oxiderande ämne och peroxider	$6,3 \times 10^{-6}$

A1.2.2 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 sannolikare 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 istället 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.

A1.2.3 Frekvens för scenario med farligt gods på järnväg

Nedan redovisas beräknade frekvenser för respektive scenario vid olycka med ämnen från respektive RID-klass (Tabell A-3). Sannolikhetsfördelningen för respektive scenario bygger på en sammanställning av ett flertal olika riskutredningar som utförts av ett flertal olika konsultfirmor i Sverige de senaste 5 åren.

Tabell A-3. Sammanställning av sannolikhetsfördelningar för de olika scenarierna och beräknade frekvenser för dessa för 1 km av järnvägen..

Klass	Scenario	Sannolikhet för scenariot givet utsläpp (%)			Beräknad frekvens (medelvärde)
		Min	Mest troligt	Max	

1	Explosion*	0,01	0,3	1	0
2.1	Jetflamma	10	20	30	$1,9 \times 10^{-8}$
	Gasmolnsexplosion	5	50	70	$4,4 \times 10^{-8}$
	BLEVE	0,1	0,13	1	$2,6 \times 10^{-10}$
2.3	Giftigt gasmoln			100	$3,2 \times 10^{-8}$
3	Gasmolnsbrand	1	1,5	3	$7,0 \times 10^{-8}$
	Pölbrand	10	20	30	$8,4 \times 10^{-7}$
5	Brand	0,024	0,048	0,071	$3,0 \times 10^{-9}$
	Explosion	0,0005	0,010	0,15	$2,0 \times 10^{-9}$

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

A2 Referenser

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). *Risikanalyt Härnevi 1:17 Upplands bro*.
- BRIAB. (2016). *Risikbedömning, 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). *Risikutredning Riddersvik studentbostäder*.
- Thomasson, M. (2017). *Risikreducerande åtgärder: Effektutvärdering med tillämpning på transport av farligt gods*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- WSP. (2014). *Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transport av farligt gods på järnväg - Yllestad 1:21 m.fl. Kättilstorp*.
- WSP. (2016). *Detaljerad riskbedömning för vägplan. Transport av farligt gods på väg. Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun*.
- VTI. (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods*.
- WUZ. (2016). *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig riskanalys för väg och järnväg i Borås Stad*.

BILAGA B - KONSEKVENSBERÄKNINGAR

B1 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.

I denna bilaga visas endast konsekvenser för scenariot med omledningstrafik från Norge-Vänersbanan.

B1.1 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 B-1.

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 B-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

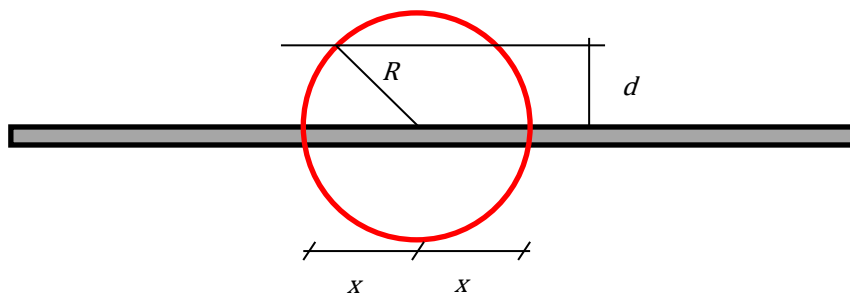
B1.2 Individriskbidrag beroende på konsekvensavstånd

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 B-1:

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

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

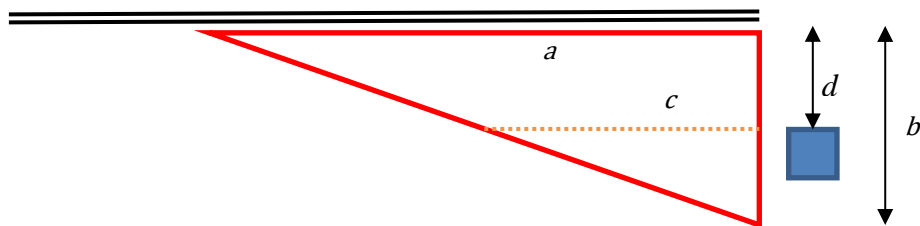


Figur B-1. Skiss över hur individriskbidraget beräknas för avståndet d från transportleden.

B1.3 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 B-2).



Figur B-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 istället 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.

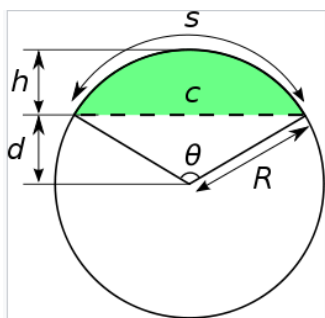
Samhällsriskbidraget baseras på den rektangel som utgörs av sträckan c och $b - d$.

B1.4 Beräkning av areor för samhällsrisk

Samhällsrisk 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 B1.5.

Samhällsrisk 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 B-3).



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

B1.5 Persontäthet

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

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 15 meter från transportleden och längre.¹

Det bebyggelsefria avståndet bedöms vara fritt från personer. Detta behöver nödvändigtvis inte stämma om det exempelvis finns befintlig väg, cykelbanan 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.

¹ Källa till Holländska riktlinjer.

Antagande har därmed gjorts att persontätheten inom avståndet 0–10 meter är 50 personer/km². Detta kan jämföras med att det konstant skulle befinna sig en person utomhus inom 10 meter från järnvägen. För avstånd som är större än 10 meter från Älvsborgsbanan uppskattas en persontäthet på 5 000 personer/km². Detta antagande innebär att 4 900 personer konstant befinner sig jämt fördelat utöver resterande område mellan 10 meter till 1 km från järnvägen. Dagtid antas 490 personer befinna sig utomhus och 4 410 inomhus. Nattetid antas 98 personer befinna sig utomhus och 4 802 inomhus. Troligtvis är det färre personer som befinner sig utomhus än detta antagande men att anta fler personer utomhus ger en konservativare skattning än om personer skyddas inomhus för de flesta händelser med farligt gods.

Tabell B-2. Antaganden om persontäthet som använts i beräkningarna.

Avstånd från transportled	Andel utomhus (dag)	Andel inomhus (dag)	Andel utomhus (natt)	Andel inomhus (natt)	Järnväg Persontäthet per km ²
0-10 meter	100 %	0 %	100 %	0 %	50
Bortom 10 meter	10 %	90 %	2 %	98 %	5 000

B1.6 Sannolikhet att omkomma inne/ute

Att befinna sig inomhus ger i många scenarier ett viss 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/ADR 1 – Explosiva ämnen och föremål är det istället 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 men där sannolikheten att omkomma inomhus inte är 100% inom detta avstånd utan det avstånd som anges i tabellen.

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 B-3 vara en konservativ uppskattning då byggnader bör ge gott skydd.

Tabell B-3. Sannolikhet att omkomma inomhus vid de konsekvensavstånd som beräknats för oskyddade individer.

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

* Inom det konsekvensavstånd som beräknats för oskyddade individer.

B2 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.

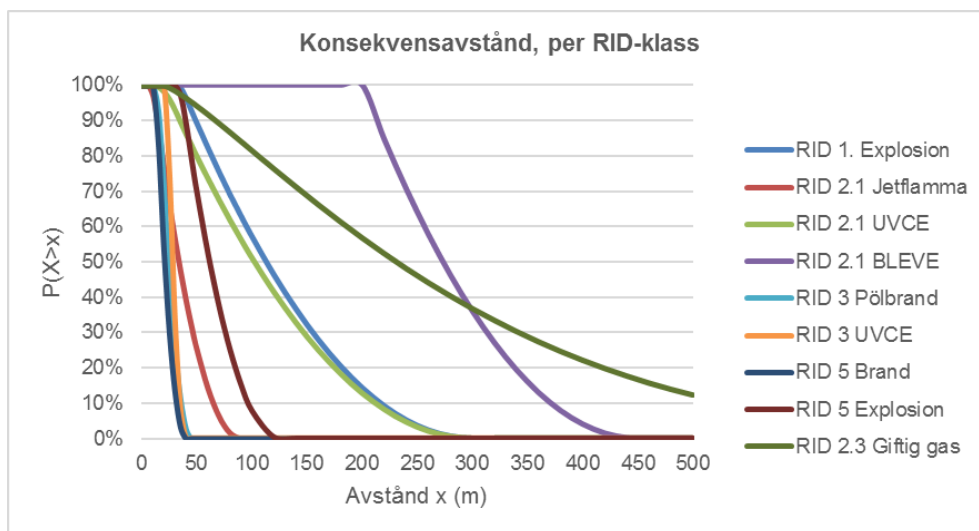
Eftersom det finns olika sätt att göra dessa beräkningar, och att inparametrar kan väljas olika, så finns det en osäkerhet i dessa konsekvensavstånd. Därför har en sammanställning gjorts med beräknade konsekvensavstånd som använts i andra riskutredningar i Sverige (Sweco, 2016) (WUZ, 2016) (WSP, 2016) (BRIAB, 2016) (Brandskyddslaget, 2015), och utifrån dessa underlag har ett troligt intervall för olika olycksscenarier uppskattats (för järnväg se Tabell B-4, för väg se Tabell B-5). 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 B-4. Sammanställning över uppskattade intervall för indata till konsekvensavstånd som använts i beräkningarna för järnväg.

Klass	Scenario	Fördelning	Intervall för konsekvensavstånd		
			Min	Troligt	Max
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 B-6 redovisas fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger dödliga konsekvenser på ett visst avstånd från spåret.



Figur B-6. Fördelning över sannolikheten att ett visst scenario ger konsekvenser på ett visst avstånd från spåret.

B3 Förväntat antal omkomna per scenario

Baserat på konsekvensavstånden ovan summeras medelvärden för hur många som beräknas omkomma vid varje scenario, se Tabell B-6. 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-6. Sammanställning över beräknat antal omkomna för varje scenario på järnvägen.

Klass	Scenario	Förväntat antal omkomna (medelvärde)
1	Explosion, raserade byggnader	46,3
	Explosion, direkt tryckpåverkan utomhus	4
2.1	BLEVE	90
	Jetflamma	3,7
	Gasmolnexplosion - och brand	2,2
2.3	Giftigt gasmoln	11,4
3	Pölbrand	1
	Fördröjd pölbrand (gasmoln)	0,1
5	Explosion	17,5
	Brand	1

B4 Farligt godsklasser som inte bedöms avseende konsekvenser

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

ADR/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.

ADR/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 område främst p.g.a. av 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 samhällsrisk.

ADR/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 ämnen ger konsekvenser för omgivningen eftersom transportvolymerna är mycket små. Konsekvenser av olycka med giftiga ämnen bedöms därför inte i denna utredning.

ADR/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.

ADR/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 mot bränder skyddar även mot händelser som kan orsakas av frätande ämnen.

ADR/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, vattenförorenade vätskor mm. Olyckor med denna klass bedöms inte kunna ge några betydande konsekvenser och bedöms därför inte i denna utredning.

B5 Referenser

Referenser

- Brandskyddslaget. (2015). *Risicanalys 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.*
- VROM. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment.*
- WSP. (2016). *Detaljerad riskbedömning för vägplan. Transport av farligt gods på väg. Trafikplats Fagrabäck, Växjö kommun.*
- VTI. (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods.*
- VTI rapport Nr 3 387:4. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg.*
- WUZ. (2016). *Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods, översiktlig riskanalys för väg och järnväg i Borås Stad.*