

Trollhättans Stad

## RISKBEDÖMNING



Rev. B

Området Vårvik

Uppdragsansvarig: Lars Strömdahl

Författare: Jesper Svensson / Dea Ternström

Dokumentgranskare: Daniel Sirensjö

Datum: 2020-02-26

## Sammanfattning

Följande riskbedömning upprättas på uppdrag av Trollhättans stad som underlag vid planering av området Vårvik. Området är indelat i flera detaljplaner som tillsammans möjliggör för ny bostadsbebyggelse, kontorsverksamheter och viss kommersiell verksamhet. Befintlig bebyggelse i området har ett högt kulturvärde och kommer i stor utsträckning att bevaras. Intill området passerar järnvägen Norge-/Vänerbanan, Trollhätte kanal samt Vänersborgsvägen. På samtliga leder sker transporter av farligt gods. I närheten av området är även en drivmedelsstation belägen.

Denna handling är en revision (Rev. B) av tidigare reviderad handling och upprättas för att i detalj utreda möjligheten för hotellverksamhet närmare Norge-/Vänerbanan ur ett samhällsrisikperspektiv. Tidigare revision (Rev. A), daterad 2020-02-21, upprättades för att bemöta samrådsyttranden från Länsstyrelsen. Reviderade stycken från tidigare handling (Rev. A) markeras i vänstermarginalen.

Riskbedömningen är avgränsad till att behandla tekniska olycksrisker, med direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet. Horisontår för utredningen är 2040.

Resultaten visar att både individ- och samhällsrisiknivåer i området är förhöjda, till följd av risker förknippade med Norge-/Vänerbanan, och inom sådant intervall så att åtgärder som kan motiveras ur ett kostnad-/nyttoperspektiv ska vidtas.

De åtgärder som föreslås införas som planbestämmelser inom aktuellt område sammanfattas nedan:

- Från samtliga byggnader belägna inom 30 meter från järnväg ska det finnas möjlighet att utrymma i riktning bort från spåren.
- Friskluftsintag för byggnader inom 150 meter från järnvägen (spårmit) placeras högt alternativt så att de är riktade bort från järnvägen.
- \* Byggnader (befintliga byggnader) belägna mindre än 30 meter från järnvägen (spårmit) utförs med en barriär i form av en mur eller obrännbar tät skärm mellan byggnaderna och järnvägen. Barriären ska vara minst 2 meter hög.
- \* Fasader som vetter mot järnväg, belägna inom 30 meter från järnvägen (spårmit), utförs obrännbara alternativt brandklassade i klass EI 30\*\*. Fönster utförs i EW 30 (och får för bostäder utföras öppningsbara).

\* Ett av dessa alternativ kan väljas; antingen uppförs en fristående barriär eller så utförs fasadåtgärder enligt ovan. Exempel på utförande finns redovisat i kapitel 6.

\*\* Befintliga byggnaders fasader (tegelfasader och putsade fasader) bedöms uppfylla kravet på obrännbar.

## Innehållsförteckning

<b>I</b>	<b>INLEDNING.....</b>	<b>4</b>
1.1	Bakgrund .....	4
1.2	Syfte och mål.....	4
1.3	Avgränsningar .....	5
1.4	Begrepp .....	5
1.5	Underlag.....	5
1.6	Kravbild .....	5
<b>2</b>	<b>OMRÅDESBESKRIVNING.....</b>	<b>8</b>
2.1	Planerad bebyggelse .....	9
<b>3</b>	<b>OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METODIK.....</b>	<b>12</b>
3.1	Omfattning av riskhantering.....	12
3.2	Metodik för riskidentifiering .....	12
3.3	Metodik för riskanalys .....	13
3.4	Metod för riskvärdering och riskreducerande åtgärder .....	13
<b>4</b>	<b>RISKIDENTIFIERING .....</b>	<b>14</b>
4.1	Riskkällor .....	14
4.2	Olycksscenarier.....	15
4.3	Skyddsvärden .....	17
<b>5</b>	<b>RISKANALYS .....</b>	<b>18</b>
5.1	Individrisk – Transporter av farligt gods.....	18
5.2	Samhällsrisk – Transporter av farligt gods .....	20
5.3	Deterministisk analys Drivmedelsstation .....	22
5.4	Deterministisk analys Kanalleden .....	23
5.5	Osäkerheter och känslighetsanalys .....	24
<b>6</b>	<b>RISKVÄRDERING OCH RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER .....</b>	<b>29</b>
6.1	Riskvärdering .....	29
6.2	Riskreducerande åtgärder .....	30
<b>7</b>	<b>SLUTSATS.....</b>	<b>33</b>

## I INLEDNING

Följande riskbedömning upprättas på uppdrag av Trollhättans stad och utgör underlag vid planering av området Vårvik. Vårvik innefattar detaljplan Stridsberg, detaljplan Knorretorpet samt ytterligare detaljplaner som kommer att färdigställas i senare etapper. Området Vårvik ska innefatta bostadsbebyggelse med verksamheter i bottenplan samt ett gammalt industriområde som ska bevaras och som ska inrymma blandade verksamheter.

Väster om området Vårvik är en drivmedelsstation belägen. Sydväst om området passerar Norge-/Vänerbanan och i sydost flyter Göta älv/Trollhätte kanal. Nordväst om området passerar Vänersborgsvägen. På samtliga leder transporteras farligt gods. Eftersom området är beläget invid flertalet riskkällor, ska enligt Länsstyrelsens riktlinjer riskhanteringsprocessen beaktas [1].

### 1.1 Bakgrund

Detaljplan för Stridsbergsområdet, Källstorp 4:3 m.fl. är en av flera detaljplaner som tas fram för den nya stadsdelen Vårvik. Olika utredningar har gjorts för området och detaljplanen har upprättades av Samhällsbyggnadsförvaltningen och daterades oktober 2019. Samråd har därefter ägt rum.

Förevarande handling är en revision (Rev. B) av tidigare reviderad handling (Rev. A).

Revision B upprättas för att i detalj utreda kommunens frågeställning om att placera hotellverksamhet på ett kortare avstånd från Norge-/Vänerbanan (20-90 meter från spårmit). Detta eftersom kommunen har fått förfrågningar från exploatör om möjligheten att använda aktuell yta till detta ändamål. Reviderade stycken i förhållande till tidigare reviderad handling markeras i vänstermarginalen. Ändringar i bilagor och revideringar av redaktionell karaktär markeras ej.

Revision A av handlingen upprättades för att bemöta samrådsyttranden från Länsstyrelsen Västra Götaland som inkommit för planförslaget. I detta yttrande påpekades bl.a. att plankartan avviker från det underlaget till befolkningstäthet i den tidigare riskbedömningen. Länsstyrelsen ansåg även att det horisontår som tidigare använts (år 2030) var för nära i tiden och att riskbedömningen bör ta höjd för förändringar längre fram i tiden än detta [2]. I revision A uppdaterades horisontåret till år 2040 och fördelningen av personer reviderades till att efterlikna uppdaterad plankarta för detaljplan *Stridsbergsområdet Källstorp 4:3 m.fl, Vårvik* (samrådshandling) [3].

### 1.2 Syfte och mål

Uppdraget syftar till att möjliggöra att olycksrisker hanteras på ett tillfredsställande sätt i området Vårvik enligt krav i Plan- och Bygglagen [4] samt Miljöbalken [5].

Målet är att beskriva och bedöma den föreslagna markanvändningens lämplighet ur ett olycksriskperspektiv och vid behov föreslå sådana riskreducerande åtgärder som kan bli aktuella att vidta i detta avseende. Målet är även att Värvik ska få en acceptabel risknivå och samtidigt uppfylla Trollhättans stads önskemål för området.

### 1.3 Avgränsningar

Riskbedömningen är avgränsad till att behandla tekniska olycksrisker<sup>1</sup>, med direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet. Naturolyckor<sup>2</sup> och sociala olyckor<sup>3</sup> behandlas inte. Hälsoeffekter till följd av långvarig exponering behandlas således inte.

Horisontår för utredningen är år 2040.

### 1.4 Begrepp

Specifika begrepp som förekommer i denna utredning redovisas i Bilaga D.

### 1.5 Underlag

Nedanstående underlag ligger till grund för denna handling.

- Översiktskarta Värvik och Hjulksvarvelund Bensinled och farligt godsleder, Tillhandahållen av beställaren (Trollhättans stad), 2018-06-13. [6]
- "Exploatering Värvik" [Översiktskarta], Tillhandahållen av beställaren (Trollhättans stad), 2020-02-20 [7]
- "Exploatering antal lägenheter med risker", Exploateringskarta Värvik, tillhandahållen av beställaren (Trollhättans stad), 2020-02-20 [8]
- "PM Risk avseende järnvägstrafik farligt gods", Kv. Lodjuret, Trollhättan, upprättad av Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, dat. 2017-09-07 [9]
- "Riskanalys avseende psykiatriboende, kvarteret Galaxen", upprättad av Ramböll Sverige AB, dat. 2017-11-04. [10]
- "Riskbedömning kanalnära bebyggelse", Arena Älvshögsborg, Älvhög 3, upprättad av Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, dat. 2017-05-05 [11]
- "Fördjupad översiktsplan för Knorren och Hjulksvarvelund", Antagen av kommunfullmäktige den 18 september 2017, Trollhättans stad [12]

### 1.6 Kravbild

Riskhänsyn vid fysisk planering utgår från krav som ställs i Plan- och bygglagen [4] och Miljöbalken [5]. Bland annat innebär kraven att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är

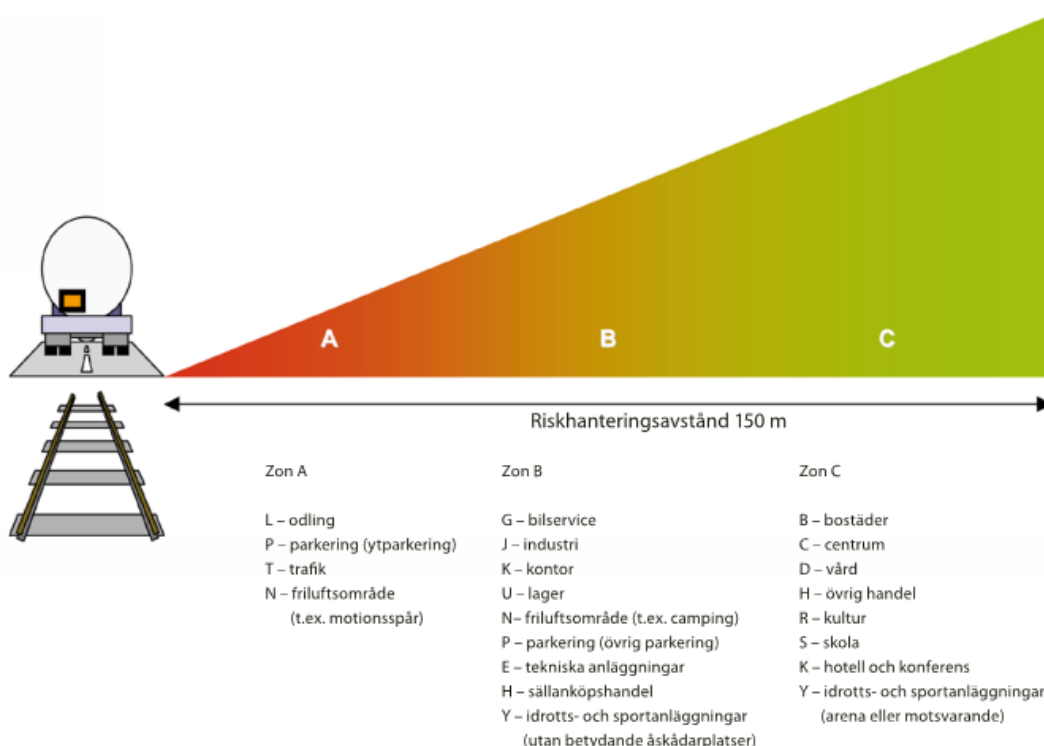
<sup>1</sup> Med tekniska olyckor avses olyckor förknippade med industrianläggningar, transportsystem och kemikalier.

<sup>2</sup> Med naturolyckor avses olyckor förknippade med ras, skred, erosion och översvämningar.

<sup>3</sup> Med sociala olyckor avses antagonistiska handlingar och i viss utsträckning suicid/personpåkörningar.

lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor. Bebyggelsen ska även utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

I det vägledande dokumentet *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* återger Länsstyrelsen Västra Götaland (tillsammans med länsstyrelsen i Stockholms och Skåne län) hur planläggning intill transportleder för farligt gods bör hanteras ur ett riskperspektiv [1]. Vid planläggning inom 150 meter från en farligt godsled ska en riskhanteringsprocess genomföras. I dokumentet presenteras en rekommenderad zonindelning för markanvändning intill transportleder för farligt gods, se Figur 1-1. Om planerad bebyggelse placeras i enlighet med zonindelningen krävs det generellt ingen ytterligare riskhantering.

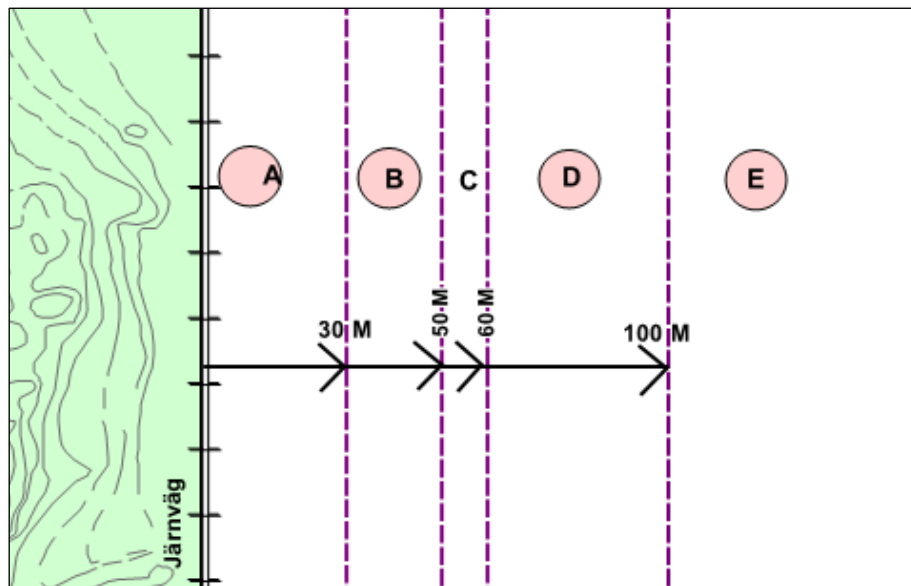


Figur 1-1 Rekommenderade riskhanteringsavstånd från farligt godsled.

Vid avsteg från ovanstående rekommenderade markanvändning krävs en bedömning av risknivåerna. Om det inte är uppenbart att åtgärder eller platsens unika förutsättningar kompenserar för avstegen krävs en kvantitativ analys där risknivåer för både individ- och samhällsrisk framgår [13].

Tolerabel risknivå ska redovisas utifrån kriterier framtagna av Det Norske Veritas (DNV). Riskreducerande åtgärders effekt på risknivåerna ska redovisas [13].

Kommunfullmäktige i Trollhättans stad antog år 2004 en riskhanteringsplan för farliga ämnen och farligt gods [14]. I planen definieras rekommenderade säkerhetszoner för bebyggelse intill olika typer av transportleder för farligt gods samt intill drivmedelsstationer. I Figur 1-2 presenteras ett exempel ur riskhanteringsplanen på säkerhetszoner invid en riskkälla (i figuren presenteras säkerhetszoner intill järnväg).



Figur 1-2 Exempel på rekommenderade säkerhetszoner för Trollhättans stad. Illustrerat exempel redovisar säkerhetszoner för bebyggelse invid järnväg som utgör transportled för farligt gods.

Zon A. Bebyggelsefritt område

Zon B. Bostäder, mindre verksamheter, mindre samlingslokaler samt parkering. Intill väg och järnväg får hus om högst 4 våningar uppföras. Ej vårdinrättningar, skolor och liknande.

Zon C. Samma som B. Hus om högst 8 våningar får uppföras.

Zon D. Samma som C, men här kan även uppföras större samlingslokaler och samlingsplatser.

Zon E. Ingen särskild hänsyn med anledning av farligt gods.

Zonerna benämns lika för järnväg, väg, bensinled och kanalled (A-E) och omfattar liknande typ av rekommenderad bebyggelse, dock varierar zonernas utsträckning något beroende på riskkälla.

Enligt en utredning i kommunens riskhanteringsplan gällande drivmedelsstationer kommer närboende klara sig utan skador vid en olycka om de befinner sig minst 60 meter från skadeplatsen [14]. Enligt MSB:s publikation *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [15] ska avståndet mellan påfyllningsanslutning till cistern och platser där människor vanligen vistas (exempelvis bostäder) vara minst 25 meter.

## 2 OMRÅDESBESKRIVNING

Aktuellt område ligger strax norr om Trollhättans centralaste delar, mellan Vänersborgsvägen, Norge-/Vänerbanan och Trollhätte kanal. På motsatt sida om Vänersborgsvägen, från planområdet, är en drivmedelsstation belägen. Omkringliggande bebyggelse utgörs i huvudsak av bostadsbebyggelse, med enstaka verksamheter.

Inom området finns befintligt ett fåtal bostadshus samt ett äldre industriområde med ett högt kulturvärde som idag rymmer ett antal mindre verksamheter. Enligt den fördjupade översiktsplanen som omfattar aktuellt område [12] bodde det inom Vårvik och området på motsatt sida kanalen (Hjulkvarnelund) mindre än 20 personer totalt år 2014.



Figur 2-1. Utbredning planområde.

Området längs med Vänersborgsvägen är i nuläget primärt bestående av grönområdet, samt till viss del bostadsbebyggelse. På motsatt sida av vägen, från planområdet sett, finns även en skateboardpark. Farligt gods transporteras på del av Vänersborgsvägen belägen norr om rondellen som syns i Figur 2-1.



Även längs med Norge-/Vänerbanan är delar av marken oexploaterad. Ett bostadsområde med villor är beläget en bit ifrån planområdet på motsatt sida om järnvägen. På andra sidan Trollhätte kanal ligger Folkets park.

## 2.1 Planerad bebyggelse

Vårvik ämnas bli en ny stadsdel med primärt bostäder, men även hotell, kontor och kommersiella verksamheter. Pågående detaljplanering (Dp Stridsberg och Dp Knorretorpet) innefattar ca 1 240 nya bostäder samt 500 nya arbetsplatser. I kommande etapper, som också innefattas av området Vårvik, tillkommer ytterligare ca 360 lägenheter.

I Figur 2-2 nedan illustreras området Vårvik. Mörkblå markering utgör detaljplan Stridsberg och röd markering utgör detaljplan Knorretorpet (pågående detaljplanering). Lila linje markerar bebyggelse som uppförs i senare etapper (men som även ingår i aktuell riskbedömning).



Figur 2-2. Aktuellt område i denna riskbedömning är markerat i figuren. Byggnader som är markerade i svart och orange utgör tillkommande bebyggelse. Röd linje markerar Dp Knorretorpet, mörkblå linje markerar Dp Stridsberg och lila linje markerar bebyggelse som uppförs i senare etapper. Brun skraffering är Norge-Vänerbanan och grön markering är Vänersborgsvägen i den del där det transporteras farligt gods.

Byggnader i planområdets södra del i Figur 2-2 utgör ett befintligt äldre industriområde (med högt kulturvärde) som kommer att rustas upp och ska nyttjas för olika mindre verksamheter, centrumverksamhet och besöksanläggning.

Minsta avstånd mellan Norge-/Vänerbanan och befintlig bebyggelse (industribyggnader som rustas upp i samband med ändringen) är som minst ca 10 meter. Minsta avstånd till ny bebyggelse är ca 35 meter. Befintlig bebyggelse inom 30 meter från Norge-/Vänerbanan är upphöjd i relation till järnvägen, se Figur 2-3.

Minsta avstånd mellan Vänersborgsvägen (i den del där transporter av farligt gods går) och nya bostadshus är ca 15 meter. Observera att farligt gods endast transporteras en kort sträcka utmed området, i den del norr om rondellen och utmed rosa linje i Figur 2-2.

Avstånd mellan transportled på Trollhätte kanal och närmaste bebyggelse inom området är strax över 150 meter. Mellan kanalkanten och närmaste byggnad är avståndet ca 20 meter.

Avståndet mellan drivmedelsstationen och ny bebyggelse inom området är ca 75 meter.



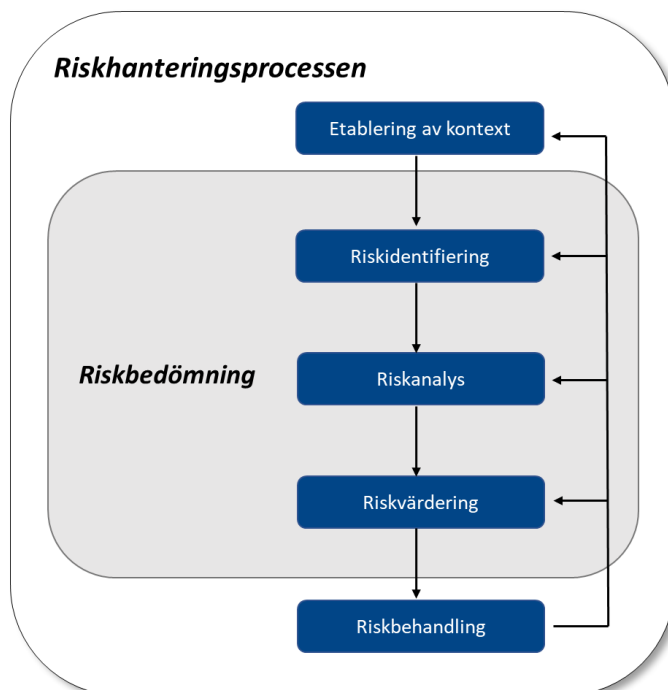
Figur 2-3. Bebyggelse närmast järnvägen till vänster. Norge-Vänerbanan till höger.

### 3 OMFATTNING AV RISKHANTERING OCH METODIK

I aktuellt kapitel beskrivs uppdragets omfattning av riskhantering och vald metodik.

#### 3.1 Omfattning av riskhantering

Övergripande principer för riskhantering i aktuellt uppdrag hämtas från riskhanteringsprocessen så som den presenteras i ISO 31000 [16], se Figur 3-1.



Figur 3-1 Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31000.

#### 3.2 Metodik för riskidentifiering

Riskidentifieringen är en genomgång av potentiella riskkällor i områdets omgivning.

Identifieringen utgår från geografiska avstånd mellan planområdet och verksamheter.

Nedanstående riskkällor har beaktats i riskidentifieringen:

- Rekommenderade transportleder för farligt gods. Beaktas inom 150 meter från planområdet.
- Riskfylld verksamhet. De verksamheter som berörs omfattar Farliga verksamheter enligt LSO 2 kap 4§, bensin- och drivmedelsstationer samt verksamheter som omfattas av Sevesolagstiftningen. Bensin och drivmedelsstationer beaktas inom 100 meter och övriga inom 500 meter.
- Sjöfart och transporter av farligt gods på vatten beaktas inom 150 meter.

### 3.3 Metodik för riskanalys

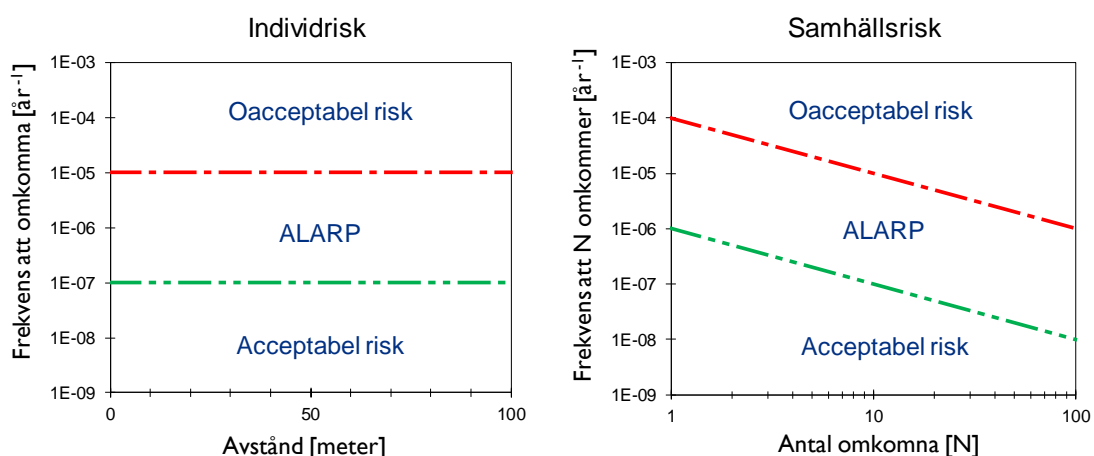
Riskanalysen genomförs med avseende på transporter av farligt gods med påverkan på människors hälsa och säkerhet som en kvantitativ metod där beräkningar av frekvenser och konsekvenser vägs samman till riskmåttet individrisk och samhällsrisk.

- *Individrisk* är ett riskmått som definieras som sannolikheten för en godtycklig individ att omkomma på ett år, förutsatt att individen vistas på samma plats. Notera att det är ett mått, och inte den verkliga sannolikheten att omkomma.
- *Samhällsrisk* är ett riskmått där hänsyn tas till befolkningstäthet inom ett givet område. Konsekvensernas storlek beaktas med avseende på antalet personer som påverkas vid ett skadesscenario. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, exempelvis att persontätheten kan vara hög på en viss tid på dygnet men låg under en annan. Samhällsrisk redovisas i ett F/N-diagram (Frequency/Number).

Med avseende på transporter av farligt gods på Trollhätte kanal genomförs en deterministisk analys där konsekvenserna av identifierade scenarion analyseras och bedöms. För drivmedelsstationen jämförs aktuella skyddsavstånd mot kriterier framtagna av Trollhättans stad [14] och MSB [17].

### 3.4 Metod för riskvärdering och riskreducerande åtgärder

Riskvärdering sker med avseende på transporter av farligt gods genom jämförelse med riskkriterier och principer som föreslås i rapporten *Värdering av Risk* utgiven av Räddningsverket [18], se Figur 3-2. Riskvärdering sker utifrån bedömda konsekvenser av dimensionerande scenario och diskussion kring huruvida dessa konsekvenser är acceptabla.



Figur 3-2. Riskkriterier anpassade utifrån DNV.

Lämpliga riskreducerande åtgärder hämtas i första hand från Boverket och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [19].

## 4 RISKIDENTIFIERING

I aktuellt kapitel redovisas identifierade riskkällor och olycksscenarier.

### 4.1 Riskkällor

I närheten av aktuellt område har följande riskkällor identifierats:

- Norge-/Vänerbanan
- Trollhätte kanal
- Vänersborgsvägen (bensinled)
- St1 (drivmedelsstation)

Övriga transportleder som angränsar till området (<150 meter från området alternativt är belägna inom området) utgör inte rekommenderade leder för transport av farligt gods. Det har inte heller identifierats några verksamheter som kan ge upphov till lokala transporter av farligt gods, undantaget St1.

Utöver drivmedelsstationen St1 ligger närmaste drivmedelsstation mer än 500 meter från Vårvik. På andra sidan Trollhätte kanal passerar ett industrispår. Avståndet till industrispåret är över 200 meter.

#### 4.1.1 Norge-/Vänerbanan

Norge-/Vänerbanan sträcker sig mellan Göteborg och Kil, via bland annat Trollhättan. Järnvägen passerar söder om området Vårvik. Minsta avstånd mellan Norge-/Vänerbanan och bebyggelse (befintlig industribyggnad som rustas upp i samband med ändringen) är ca 10 meter. Minsta avstånd till ny bebyggelse (byggnad inom industriområdet) är ca 35 meter. Avstånd till närmsta tillkommande bostadsbebyggelse i denna etapp är ca 90 meter.

Antal tåg som passerar per dygn är 57, varav 47 tåg är persontåg och 10 är godståg [20].

Antalet vagnar med farligt gods räknas upp för att motsvara horisontår 2040 med hjälp av uppgifter presenterade av Trafikverket (132 persontåg och 29 godståg) [21]. Fördelningen mellan olika farligt godsclasser följer nationell statistik från Trafikanalys/TRAFKA [22].

#### 4.1.2 Trollhätte kanal

Trollhätte kanal förbinder Kattegatt och Väner och utgör transportled för farligt gods. Kanalen hålls öppen för trafik dygnet runt. Avstånd mellan transportled på Trollhätte kanal och närmaste bebyggelse inom området är strax över 200 meter. Mellan kanalkanten och närmaste hus är avståndet ca 20 meter.

Längs med aktuellt område Vårvik är kanalen ca 200 meter bred. I mitten av kanalen finns två mindre öar, som delar in kanalen i två delar. Farleden passerar mellan öarna och område på

motstående sida om kanalen (Hjulkvarnelund). Öarna agerar därmed som en liten barriär mellan farleden och aktuellt område för spridning av utsläpp, synliga i Figur 2-2 i avsnitt 2.

Årligen passerar ca 1 300 lastfartyg (ca 4 transporter per dygn). På Trollhätte kanal transporteras farligt gods endast i form av metanol och olja vilket tillhör klass 3 av farligt godsklasserna enligt IMDG-koden (internationell reglering för transporter av farligt gods till sjöss) [23]. Statistik som utgör underlag för riskbedömningen för Arena Älvshögsborg [11], och som även tillämpas för aktuellt område, är redovisat av Vänerhamn AB, vilket är ett gemensamt bolag för samtliga hamnar runt Vänern. Drygt 3 % av allt gods som fraktas på Trollhätte kanal är klassat som farligt gods [24].

För utförlig information om kanalen och transporter på kanalen hänvisas till Riskbedömning kanalnära bebyggelse [11].

#### 4.1.3 Vänersborgsvägen

Vänersborgsvägen utgör sekundär led för transport av farligt gods. Den enda kända målpunkten dit transporter med farligt gods går till och från via Vänersborgsvägen är St1 drivmedelsstation. Till och från stationen går transporter med diesel, bensin och E85. Minsta avstånd mellan Vänersborgsvägen (i den del där transporter av farligt gods går) och nya bostadshus är ca 15 meter. Observera att farligt gods endast transporteras på grönmarkerad del i Figur 2-2.

Enligt uppgifter från St1 i riskanalys genomförd för närliggande området [10] uppgår antalet leveranser till stationen till 3 leveranser i veckan. De nya planerna bedöms inte medföra att drivmedelsstationens omsättning av drivmedel (och därmed även mängden transport av farligt gods) på Vänersborgsvägen ökar nämnvärt.

Del av Vänersborgsvägen där transporter med farligt gods sker sträcker sig bara delvis längs med området. Transporter sker norrifrån, fram till drivmedelsstationen.

#### 4.1.4 St1 (drivmedelsstation)

Drivmedelsstation är belägen strax utanför aktuellt område. Stationen är obemannad. Närmaste avstånd från stationen till planerad bostadsbebyggelse är ca 75 meter. På stationen tankas bensin, diesel och etanol.

## 4.2 Olycksscenarier

De olycksscenarier som ovanstående riskkällor kan ge upphov till utgörs av nedanstående:

- Mekanisk påverkan vid urspårning
- Olycka med farligt gods på någon av transportlederna
- Olycka i anslutning till drivmedelsstation

#### 4.2.1 Olycksscenarier Mekanisk påverkan vid urspårning tåg

Urspårning kan, utan utsläpp av något ämne, medföra påverkan på människor som befinner sig intill järnvägen. Vilka personer som riskerar att påverkas beror på hur långt från spåret de urspårade vagnarna hamnar. Fördelningen mellan avstånd som tågagnar hamnar på vid urspårningar är hämtad från [25] och redovisas i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Redovisar sannolikhetsfördelning över hur långt från spårmiten som tågagnar hamnar vid urspårning [25].

Tågsort / Avstånd från spårmiten	0–5 m	5–15 m	15–25 m	>25 m
Resandetåg	96 %	2 %	2 %	0 %
Godståg	91 %	5 %	2 %	2 %

Enligt Tabell 4-2 hamnar de allra flesta tågagnar inom 5 meter vid en urspårning och några få upp till 25 meter från spåret. De byggnader som är belägna nära intill järnvägen (inom 25 meter) tillhör det befintliga industriområdet. Dessa byggnader är placerade på en höjd, se även Figur 4-1 nedan, varvid de bedöms vara delvis skyddade vid en urspårning.



Figur 4-1 Utformning av område intill järnvägen. Byggnaderna är placerade på en höjd.

Övriga områden intill järnvägen omfattar en mindre parkering, samt en gångväg som passerar under järnvägen. I övrigt är området närmast intill järnvägen utformat så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

#### 4.2.2 Olycka i anslutning till drivmedelsstation

Ett spill av ADR-klass 3 (brandfarlig vätska) som antänder medför höga strålningsnivåer intill olycksplatsen. Riskavstånd uppgår normalt inte till mer än 50 meter.



### 4.2.3 Olycksscenarier Transporter av farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet, och på väg enligt ADR-S-systemet. Klassindelningen baseras på den dominerande risken som sammankopplas med ämnens egenskaper. I Tabell 4-2 redovisas klassindelningen av farligt gods samt en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 4-2 Sammanfattning av respektive farligt gods-klass med tillhörande konsekvens

Klass	Ämnen	Exempel	Konsekvenser
1	Explosiva varor	Sprängämnen, tändmedel, ammunition etc.	Vid detonation av massexplosiva ämnen uppstår tryckvågor med dödliga konsekvenser för personer utomhus normalt upp till 70 m. Raserade byggnader kan ske vid längre avstånd.
2.1	Brännbar gas	Gasol, vätgas, etc.	Potentiella olycksscenarion från klass 2 involverar jetflammar, BLEVE, gasmolnexplosion och giftiga gasmoln. Riskavstånd kan uppgå till flera tusen meter.
2.3	Giftig gas	Klor ammoniak, etc.	
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- o eldningsolja	Olycka med utsläpp, antändning av vätska ger värmestrålning. Normala riskavstånd upp till 50 meter.
4	Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten.	Metallpulver, karbid etc.	Kan ge upphov till brand med konsekvens i omedelbar närhet
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxid, etc.	Normalt leder olycka ej till personskador men kan ge konsekvensområden upp till ca 50 m.
6	Giftiga ämnen, vämjeliga ämnen och ämnen med benägenhet att orsaka infektioner	Arsenik-, bly och kvicksilversalter, dimetylsulfat, cyanider etc.	Ger skada vid direktkontakt med ämnen och påverkar endast direkta närområdet. Normala riskavstånd <20 m.
7	Radioaktiva ämnen		Akut skada uppkommer ej vid olycka.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid, etc.	Frätskada vid olycka där läckage sker. Konsekvensavstånd normalt <20 m
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Asbest, gödningsämnen, etc.	Ingen risk för livshotande personskada

### 4.3 Skyddsvärden

Skyddsvärdet i aktuell riskbedömning är människa och således personer som vistas inom planområdet. Dessa personer utgörs i huvudsak av boende, anställda på verksamheterna inom (det omvandlade) industriområdet och besökare till de olika verksamheterna inom området.

## 5 RISKANALYS

Riskanalysen med avseende på transporter av farligt gods har genomförts med en kvantitativ metod där beräkningar av frekvens och konsekvens för olycksscenarioer har vägts samman till riskmåttet individrisk och samhällsrisk, samt med kvalitativa jämförelser och bedömningar baserade på vedertagna skyddsavstånd. I aktuellt kapitel presenteras även en osäkerhets- och känslighetsanalys. Se bilaga A, C

Med avseende på transporter av farligt gods på Trollhätte kanal genomförs en deterministisk analys där konsekvenserna av identifierade scenarion analyseras och bedöms.

För drivmedelsstationen jämförs aktuella skyddsavstånd mot kriterier framtagna av Trollhättans stad [14] och MSB [17].

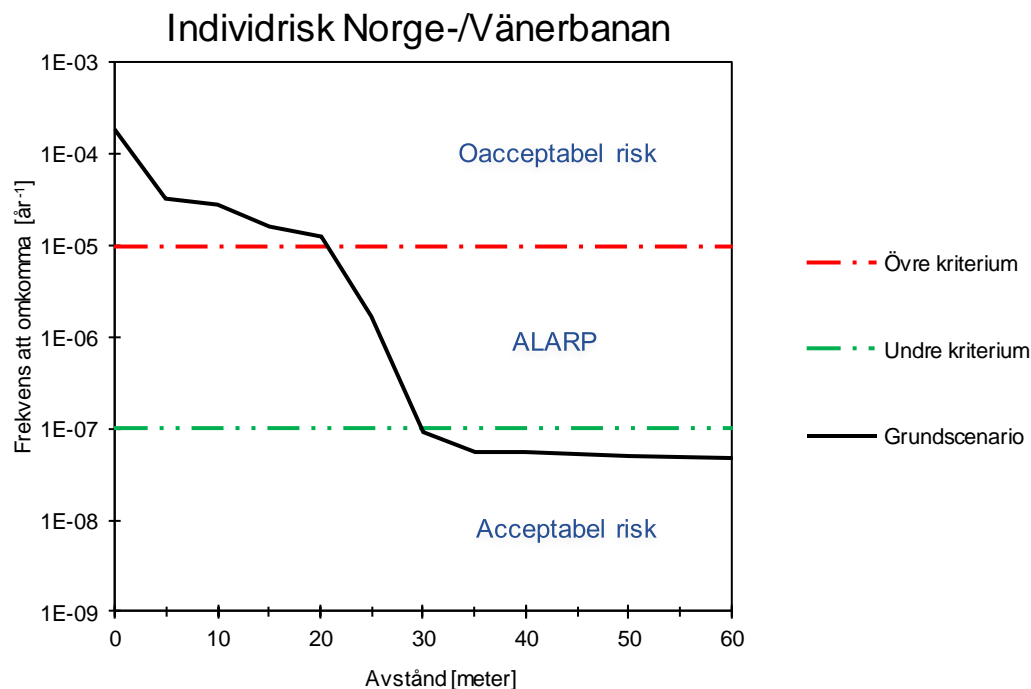
Frekvensberäkningar presenteras i bilaga A, konsekvensberäkningar i bilaga B och riskberäkningar i bilaga C.

### 5.1 Individrisk – Transporter av farligt gods

Individrisken i anslutning till Norge-/Vänerbanan samt Vänersborgsvägen beräknas och presenteras som en funktion av avståndet till respektive riskkälla.

#### 5.1.1 Individrisk Norge-/Vänerbanan

Individrisknivån samt undre och övre kriterium för acceptabel risknivå illustreras i Figur 5-1.

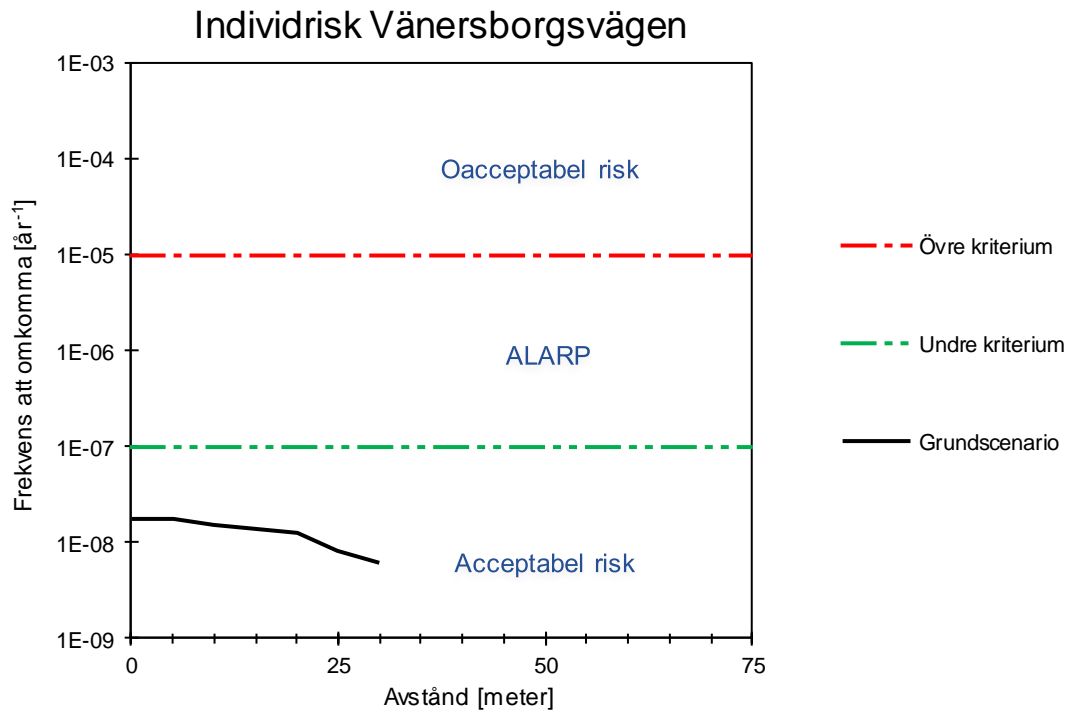


Figur 5-1. Individrisken som funktion av avståndet till järnvägen.

Alldeles intill järnvägen överstiger individrisken det övre acceptanskriteriet, för att därefter sjunka till att vid ca 30 meter från järnvägen vara under det lägre acceptanskriteriet.

### 5.1.2 Individrisk Vänersborgsvägen

Individrisknivån samt undre och övre kriterium för acceptabel risknivå illustreras i Figur 5-2.



Figur 5-2. Individrisk som funktion av avståndet till Vänersborgsvägen.

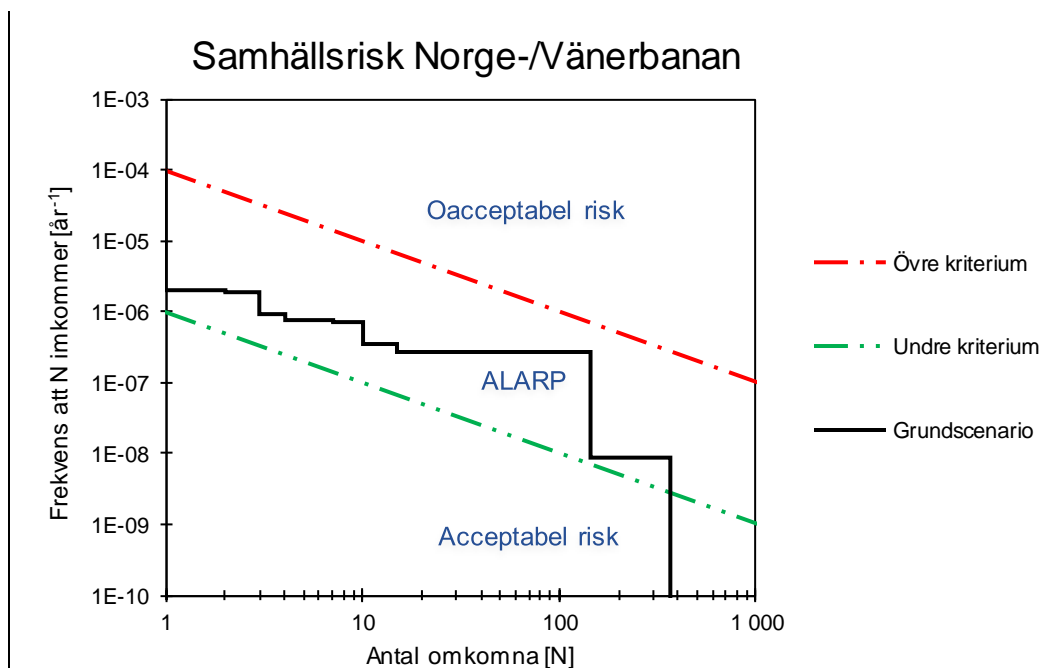
Individrisken är under antagna acceptanskriterier i sin helhet.

## 5.2 Samhällsrisk – Transporter av farligt gods

Samhällsrisk i anslutning till Norge-/Vänerbanan samt Vänersborgsvägen beräknas och presenteras i diagram som funktionen av olycksfrekvensen per år och förväntat antal omkomna.

### 5.2.1 Samhällsrisk Norge-/Vänerbanan

Samhällsrisknivån samt undre och övre kriterium för acceptabel risknivå presenteras i Figur 5-3.

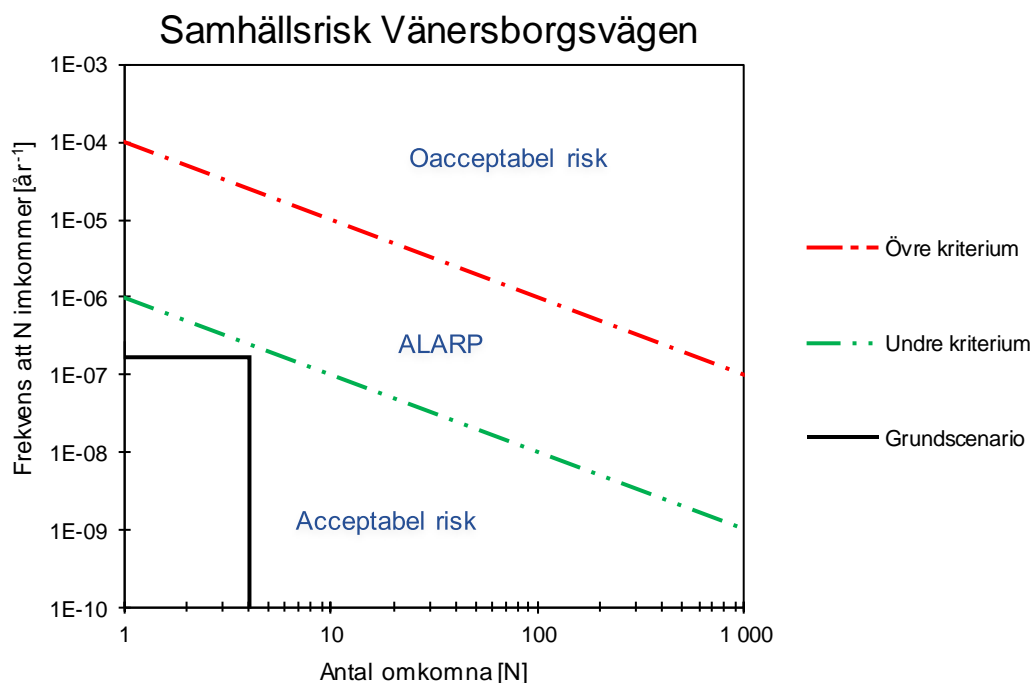


Figur 5-3. Samhällsrisken presenterad som en funktion av olycksfrekvensen och förväntat antal omkomna.

Samhällsrisken invid Norge-/Vänerbanan är inom den nedre delen av ALARP-området. Därmed krävs åtgärder som kan motiveras ur ett kostnad-/nyttoperspektiv.

## 5.2.2 Samhällsrisk Vänersborgsvägen

Samhällsrisknivån samt undre och övre kriterium för acceptabel risknivå presenteras i Figur 5-4:

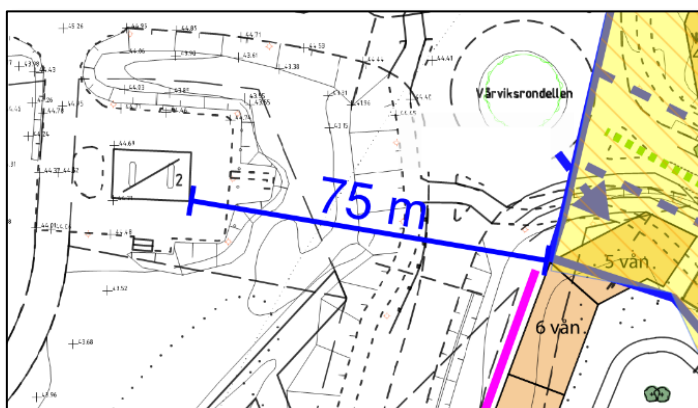


Figur 5-4. Samhällsrisiken presenterad som en funktion av olycksfrekvensen och förväntat antal omkomna.

Samhällsrisiken är i sin helhet under det nedre acceptanskriteriet. För befolkningstätheter inom området, se Bilaga C.

### 5.3 Deterministisk analys Drivmedelsstation

Avståndet mellan drivmedelsstationen St1 och närmaste planerade bostadsbebyggelse uppgår till ca 75 meter. Detta är längre än de rekommenderade riskavstånd utfärdade av Trollhättans stad (60 meter) [14].

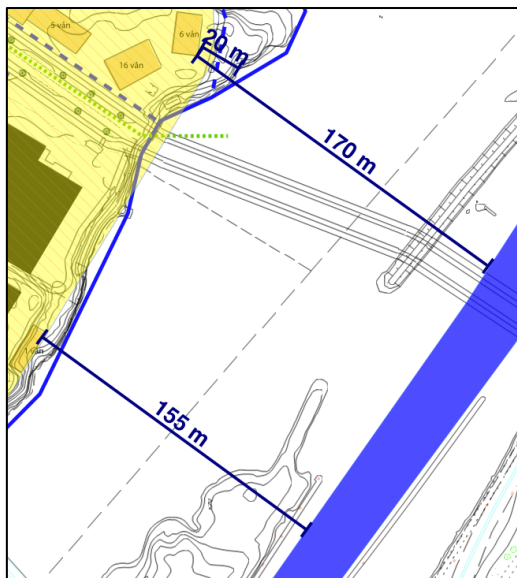


Figur 5-5. Avstånd mellan drivmedelsstationen till vänster i bild och närmaste ny bebyggelse inom planområdet.

Eftersom rekommenderade riskavstånd utgår från en uppskattning av konsekvensen vid en olycka, bedöms risken i anslutning till drivmedelsstationen vara hanterad. Inga ytterligare beräkningar, resonemang eller jämförelser med referensfall genomförs därmed. Inte heller några ytterligare åtgärder (utöver föreliggande skyddsavstånd) krävs.

## 5.4 Deterministisk analys Kanalleden

För Trollhätte kanal utförs riskanalysen endast som en konsekvensbedömning, baserad på uppgifter i riskbedömningen för Arena Älvshögsborg [26]. Det scenario som bedömts behöva utredas vidare är olyckor förknippade med ADR-klass 3 (brandfarliga vätskor).



Figur 5-6 Avstånd mellan kanalleden till höger i bild och tillkommande bebyggelse.

Avståndet från flamfronten vid ett stort utsläpp av brandfarlig vätska som antänder till den punkt där strålningsnivåerna understiger  $15 \text{ kW/m}^2$  är ca 35 meter. Kanalleden passerar på motsatt sida kanalen från området sett. Vidare agerar öar och konstruktioner i vattnet som en barriär för ett utsläpps spridning.

En antändning av brandfarlig vätska på kanalleden bedöms därmed inte ha någon påverkan på aktuellt område, då avståndet till leden överstiger 35 meter (ca 155 meter till ny bebyggelse och 170 meter till ny bostadsbebyggelse, se Figur 5.6). Risken bedöms därmed vara hanterad, och beaktas därmed inte vidare i denna utredning.

## 5.5 Osäkerheter och känslighetsanalys

Riskbedömningar av aktuellt slag är alltid förknippade med osäkerheter. Statistik och framtagen litteratur inom området har använts för att minimera dessa osäkerheterna så långt det varit möjligt. I de fall det inte har gått att ta fram helt tillförlitliga värden har osäkerheterna hanterats genom konservativa antaganden och säkerhetsmarginaler som lagts till dessa parametrar. Utöver det sker nedan en känslighetsanalys av särskilt, för resultatet, betydande parametrar.

De största identifierade osäkerheterna i denna riskbedömning utgörs av antalet transporter av farligt gods, fördelningen mellan de ämnesklasser som transporteras samt befolkningstätheten i aktuellt och närliggande områden. Känsligheter genomförs separat för befolkningstäthet och transporterat gods enligt nedan.

- Befolkningstäthet inom aktuellt område:

Befolkningstätheten inom området baseras på information i underlag tillhandahållet av Trollhättans stad [8], statistik presenterad av SCB [27], samt information gällande befintliga verksamheter i närliggande områden [28] [29] [30]. För verksamheter där uppgifter saknas, baseras personantalet på kvalitativa uppskattningar utifrån verksamhetens utformning och storlek, samt dess öppettider [31] [32] [33]. För fördelning av befolkningstäthet, se bilaga C. I känslighetsanalysen varierar befolkningstätheten. *I revision B av denna handling har befolkningmängden kraftigt ökat till följd av planer på att anlägga hotellverksamhet mellan 20-90 meter från Norge-/Vänerbanan. Detta innebär att ytterligare befolkningsökning till horisontåret blir mycket osannolikt. Likväl ökas befolkningstätheten inom aktuellt område (Värvik) med 50% jämfört grundberäkningarna för att undersöka resultatets robusthet.*

- Antal transporter med farligt gods och fördelning mellan ämnesklasser:

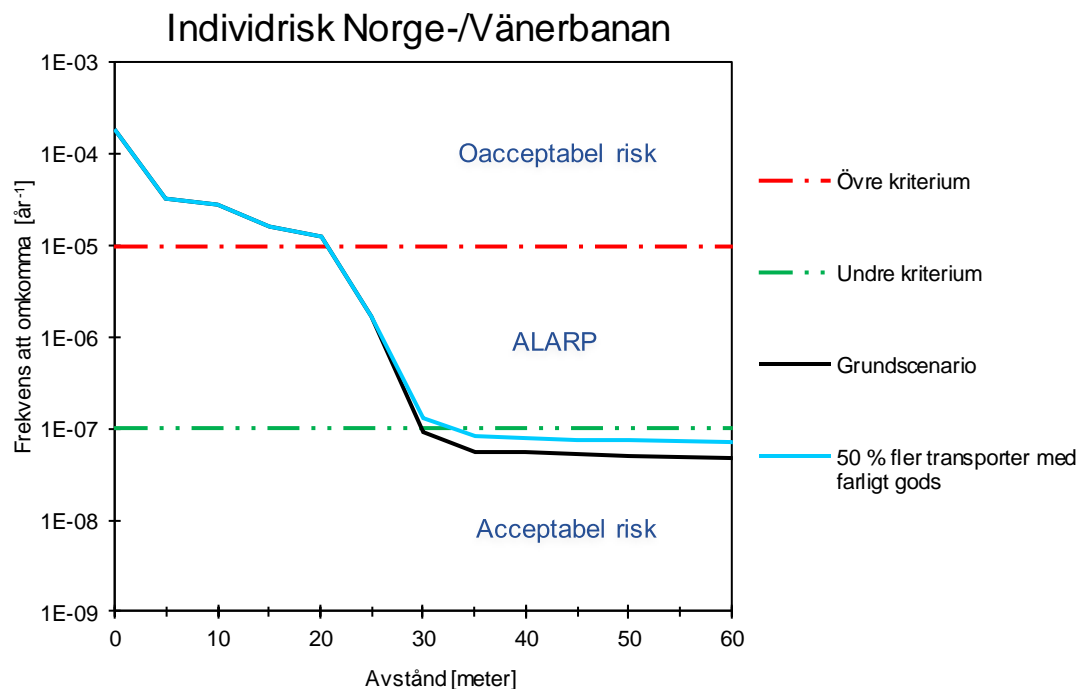
I känslighetsanalysen anges en ökning med 50 % för transporter av farligt gods.

För Vänersborgsvägen har det i grundberäkningarna antagits att det sker 3 transporter till drivmedelsstation St1, vilket anses vara konservativt då antal transporter enligt uppgift är mellan 1 och 3 i veckan [10]. I känslighetsanalysen antas antal transporter i veckan istället vara 4 stycken., vilket alltså innebär ca 50 transporter fler årligen än grundberäkningarna.

### 5.5.1 Känslighetsanalys Norge-/Vänerbanan

I Figur 5-7 illustreras individrisknivåerna för grundscenariot respektive de två känslighetsanalyserna.

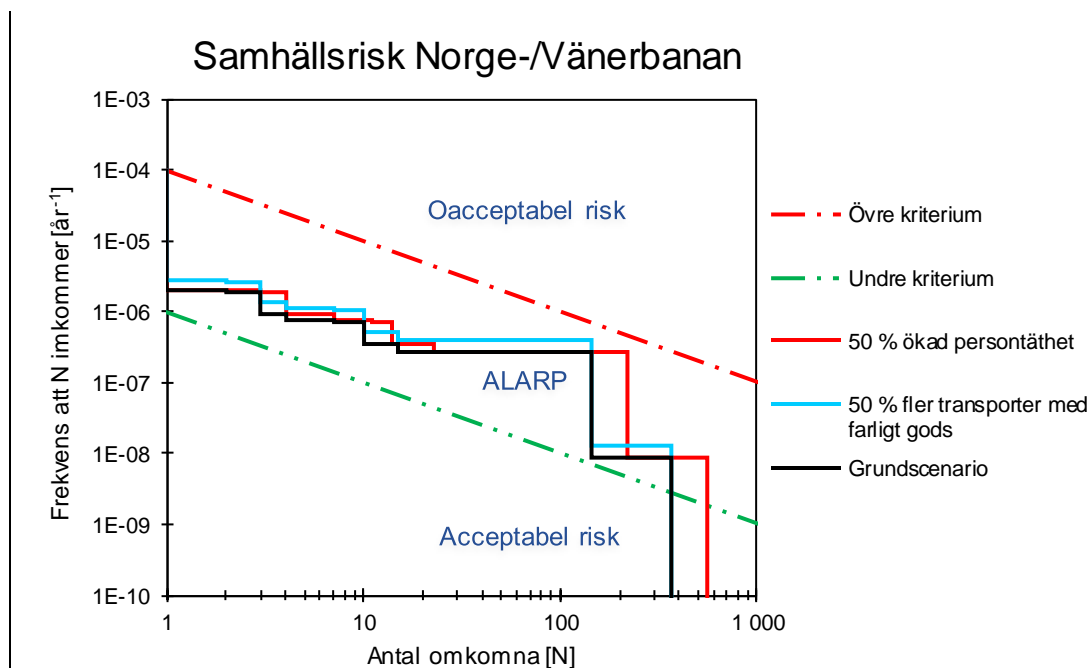




Figur 5-7. Känslighetsanalys individrisk för Norge-/Vänerbanan.

Trots ett ökat antal transporter med farligt gods jämfört grundberäkningarna är individrisken under det nedre acceptanskriteriet bortom ca 30 meter från järnvägen. Eftersom skalan är logaritmisk blir skillnaden i diagrammet begränsad. Individrisken påverkas inte av högre befolkningstäthet.

I Figur 5-8 presenteras samhällsrisknivåerna för grundscenariot respektive de två känslighetsanalyserna.

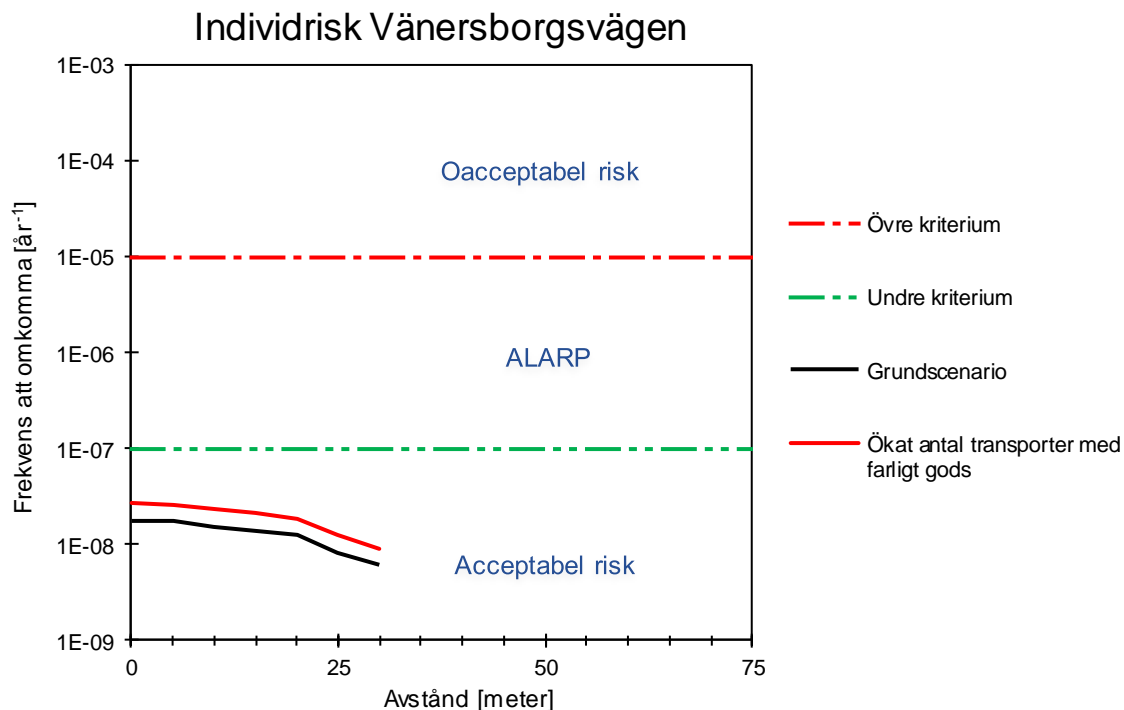


Figur 5-8. Känslighetsanalys samhällsrisk Norge/Vänerbanan

Känslighetsanalysen avseende ökat antal transporter leder till en något högre frekvens av omkomna. Även känslighetsanalysen för en ökad befolkningstäthet jämfört grundscenariot leder till att antal omkomna ökar något. En varierad befolkningstäthet påverkar samhällsrisken i större utsträckning än ett ökat antal transporter med farligt gods. Samhällsrisken är fortsatt inom ALARP-området.

### 5.5.2 Känslighetsanalys Vänersborgsvägen

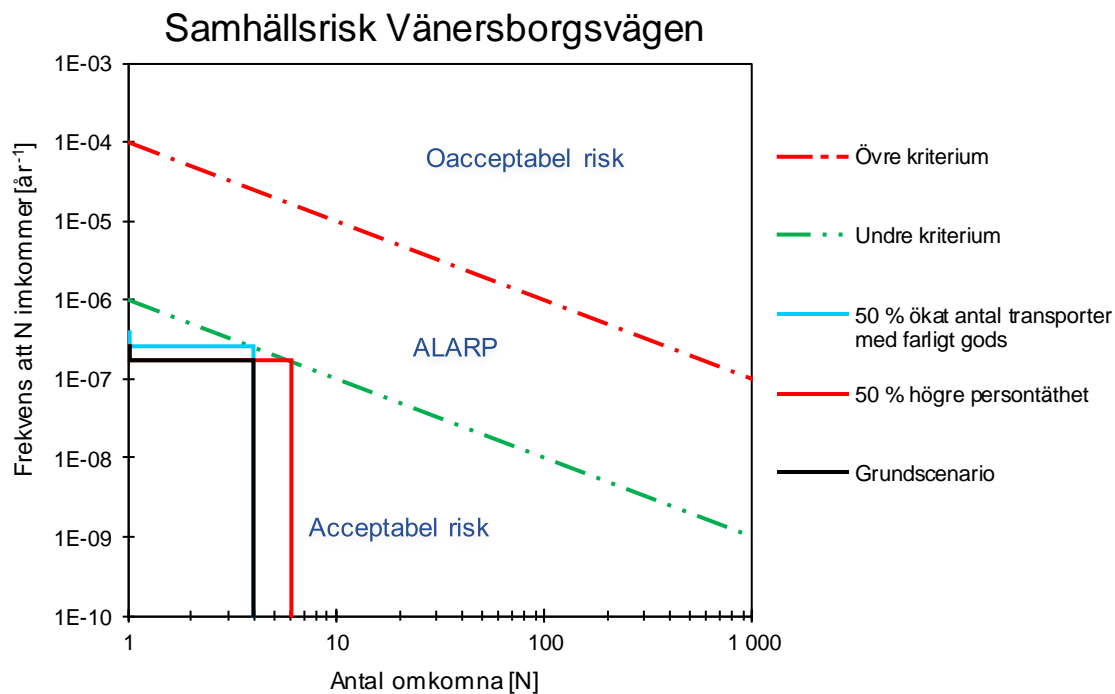
I Figur 5-9 illustreras individrisknivåerna för grundscenariot respektive de två känslighetsanalyserna.



Figur 5-9. Känslighetsanalys individrisk Vänersborgsvägen

Trots ett ökat antal transporter med farligt gods jämfört grundberäkningarna är individrisken under det nedre acceptanskriteriet. Individrisken påverkas inte av högre befolkningstäthet, och följer därmed grundscenariots kurva.

I Figur 5-10 illustreras samhällsrisknivåerna för grundscenariot respektive de två känslighetsanalyserna.



Figur 5-10. Känslighetsanalys samhällsrisk vid Vänersborgsvägen

Känslighetsanalysen avseende ökat antal transporter leder till en något högre frekvens av omkomna. Även känslighetsanalysen för en ökad befolkningstäthet jämfört grundscenariot leder till att antal omkomna ökar något. Samhällsrisken är fortsatt i sin helhet under det nedre acceptanskriteriet.

## 6 RISKVÄRDERING OCH RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

I avsnittet värderas risknivåerna presenterade i avsnitt 5, och därefter föreslås riskreducerande åtgärder för området.

### 6.1 Riskvärdering

De riskkriterier som används för jämförelse (olyckor förknippade med transporter av farligt gods och påverkan på människors hälsa och säkerhet) är hämtade från Räddningsverkets *Värdering av risk* [18].

#### 6.1.1 Norge-/Vänerbanan

Resultaten från analysen visar att risknivån i området är förhöjd. Individrisken är inom ALARP-området inom 30 meter från järnvägen. Allra närmast järnvägen är individrisken ovan det övre acceptanskriteriet. Även samhällsriskerna är inom ALARP-området i anslutning till järnvägen. Den förhöjda individrisken i området beror till stor del på mekanisk påverkan och olyckor med brandfarliga vätskor. Den höjdskillnad som finns mellan befintlig bebyggelse närmast järnvägen och järnvägen har inte tillgodoräknats i Figur 5-1.

Samhällsriskerna inom aktuellt område är höga till följd av det stora antalet lägenheter som planeras i området (1 240 lägenheter i denna etapp, ytterligare ca 360 lägenheter planeras i kommande etapper). Eftersom samhällsriskerna är inom ALARP-området i ett stort intervall (mellan 1 och 1 000 förväntat antal döda) är det inte enbart olyckor med kortare konsekvensavstånd (såsom olyckor med brandfarlig vätska eller mekanisk påverkan vid en urspårning av person- eller godståg) som orsakar de höga risknivåerna. Det är primärt olyckor med gaser i klass 2 som har längre konsekvensavstånd.

Eftersom risknivåerna ligger inom ALARP-området krävs att alla rimliga åtgärder vidtas. Riskreducerande åtgärder presenteras i avsnitt 6.2.

#### 6.1.2 Vänersborgsvägen

Individrisken i anslutning till Vänersborgsvägen är lägre än de acceptanskriterier som aktuell riskbedömning utgår från [18]. Även samhällsriskerna är under det använda acceptanskriteriet.

Bebyggelse planeras nära intill Vänersborgsvägen. Längs sträcka av Vänersborgsvägen där farligt gods transporteras är avståndet mellan vägkanten och tilltänkt bebyggelse ca 15 meter.

Det enda olycksscenarioet i beräkningarna på vägen utgörs av utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. Sådant utsläpp bedöms ha konsekvensområden på som mest ca 30 meter.

Eftersom både individ- och samhällsrisk är lägre än antagna acceptanskriterier kan risken accepteras. Inga särskilda åtgärder krävs med avseende på transporter av farligt gods på Vänersborgsvägen.

## 6.2 Riskreducerande åtgärder

Åtgärdsförslag har bedömts utifrån befintlig och tillkommande bebyggelse, samt vilka åtgärder som ger effekt för vilka olycksscenarier. I Tabell 6-1 nedan presenteras åtgärder som har övervägts i aktuellt fall. En kvalitativ bedömning har gjorts av åtgärdens riskreducerande effekt och dess kostnad i aktuellt fall. En sammanvägning har därefter gjorts för att avgöra om åtgärden ska genomföras eller inte.

Riskenivåerna överstiger antagna kriterier för Norge-/Vänerbanan. Riskreducerande åtgärder utgår därmed från åtgärdens effekt mot olyckor på järnvägen. Eftersom riskenivåerna för Vänersborgsvägen i sin helhet är under antagna acceptanskriterier föreslås inga särskilda riskreducerande åtgärder relaterat till olyckor på vägen.

Tabell 6-1 Riskreducerande åtgärder. Åtgärdens effekt och kostnad bedöms kvalitativt.

Åtgärd	Riskreducerande effekt	Kostnad	Aktuellt
Dike	Låg	Hög	Nej
Barriär (vall, mur, vegetation el. liknande)	Medel	Medel	Ja
Disposition av byggnader	Medel	Medel/hög	Ja
Placering av friskluftsintag/ avstängningsbar ventilation	Medel	Låg	Ja
Fasadåtgärder	Medel	Medel	Ja

### 6.2.1 Dike

Ett dike invid järnvägen för uppsamling av brandfarlig vätska och därmed minimering av en potentiell pölbrand storlek bedöms ge låg riskreducerande effekt jämfört befintlig utformning av marken invid järnvägen. Spårområdet är utfört med permeabelt material (sten/grus) som förhindrar större ansamlingar av vätska.

### 6.2.2 Barriär (vall, mur, vegetation el. liknande)

Byggnader närmast järnvägen är belägna på en höjd/stödmur, vilket ger ett bra skydd mot mekanisk påverkan vid en urspärning. Att byggnaderna inklusive befintlig höjdskillnad bevaras bedöms ha en tillförlitlig riskreducerande effekt med avseende denna olyckstyp.

En barriär intill järnvägen i form av en mur eller en tät skärm i obrännbart material minskar konsekvenserna vid utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. En barriär (beroende på utformning) kan även erbjuda ett visst skydd mot explosioner samt mot jetflamnor. En utvändigt, fristående barriär, bedöms ge ungefär motsvarande effekt som fasadåtgärder såsom

brandklassade fönster, obrännbar eller brandklassad fasad. Denna åtgärd bedöms inte vara möjlig i områdets södra del eftersom avstånden till befintlig bebyggelse i denna del är alltför begränsat.

Barriär är aktuellt mellan järnväg och byggnader/verksamheter belägna mindre än 30 meter från spåren. En barriär ska vara minst 2 meter högt och placeras nära spåret.

Åtgärden är aktuell, men kan ersättas av fasadåtgärder, se avsnitt 6.2.5 nedan.

### 6.2.3 Disposition av byggnader

Från byggnader belägna inom 30 meter från Norge-/Vänerbanan ska det finnas möjlighet att utrymma i riktning bort från järnvägen från samtliga utrymmen i byggnaden.

### 6.2.4 Placering av friskluftsintag/avstängningsbar ventilation

Samhällsriskerna i anslutning till järnvägen är inom ALARP-området inte enbart till följd av olyckor med korta konsekvensavstånd (såsom olyckor med brandfarlig vätska eller mekanisk påverkan), utan även frekvensen av olyckor med gaser i ämnesklass 2 är betydelsefull för samhällsrisknivån. Olyckor med gaser kan ha spridning över mycket stora områden, och kan inte på samma vis som vätskor hanteras av fysiska barriärer såsom klassade fasader eller murar.

Friskluftsintag på samtliga byggnader (<150 meter från spårmittpunkt) ska placeras högt alternativt riktade bort från järnvägen.

### 6.2.5 Fasadåtgärder

Byggnader som är belägna inom 30 meter från Norge-/Vänerbanan är belägna inom områden där individ- och samhällsrisknivåerna överstiger använda kriterier. Fasadåtgärder, som minskar konsekvenserna vid en farligt gods-olycka för personer som befinner sig i byggnaden, bedöms nödvändiga. Alternativet till fasadåtgärder är barriärer enligt avsnitt 6.2.2 ovan.

Där fristående barriär enligt avsnitt 6.2.2 inte uppförs mellan bebyggelse och järnväg ska fasader som vetter mot spåren utföras i obrännbart material alternativt brandklassade i klass EI 30. Fönster utförs i EW 30 (ej öppningsbara). Observera att krav på fasadåtgärder även avser befintlig bebyggelse. För bostäder accepteras normalt att fönster utformas öppningsbara. Befintliga byggnaders fasader (tegefaser och putsade fasader) bedöms uppfylla kravet på obrännbarhet.

### 6.2.6 Sammanfattade åtgärder

De åtgärder som föreslås införas som planbestämmelser inom aktuellt område sammanfattas nedan:

- Från samtliga byggnader belägna inom 30 meter från järnväg ska det finnas möjlighet att utrymma i riktning bort från spåren.
- Friskluftsintag för byggnader inom 150 meter från järnvägen (spårmit) placeras högt alternativt så att de är riktade bort från järnvägen.
- \*Byggnader (befintliga byggnader) belägna mindre än 30 meter från järnvägen (spårmit) utförs med en barriär i form av en mur eller obrännbar tät skärm mellan byggnaderna och järnvägen. Barriären ska vara minst 2 meter hög.
- \*Fasader som vetter mot järnväg, belägna inom 30 meter från järnvägen (spårmit), utförs obrännbara alternativt brandklassade i klass EI 30\*\*. Fönster utförs i EW 30 (och får för bostäder utföras öppningsbara).

\* Ett av dessa alternativ kan väljas; antingen uppförs en fristående barriär eller så utförs fasadåtgärder enligt ovan. Exempel på utförande finns redovisat i kapitel 6.

\*\* Befintliga byggnaders fasader (tegelfasader och putsade fasader) bedöms uppfylla kravet på obrännbarhet.

*Den tidigare föreslagna åtgärden manuellt avstängningsbar ventilation har tagits bort i revision A då denna inte anses ha en reell riskreducerande effekt. De åtgärder som återstår bedöms vara rimliga att vidta från en kostnad-/nyttoperspektiv och bedöms vara tillräckliga för att den föreslagna markanvändningen ska vara lämplig.*



## 7 SLUTSATS

Resultaten visar att både individ- och samhällsrisknivåer i området är förhöjda och inom sådant intervall så att alla åtgärder som kan motiveras ur ett kostnad-/nyttoperspektiv ska vidtas. Åtgärder som föreslås i avsnitt 6.2 bedöms reducera risknivåerna inom området. Under förutsättning att dessa åtgärder vidtas bedöms exploatering vara möjlig enligt aktuellt förslag för området Värvik.

## 8 REFERENSER

- [1] Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, ”Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods,” 2006.
- [2] Länsstyrelsen Västra Götalands län, Samrådsyttrande för detaljplan för Stridsbergssområdet, Vårvik i Trollhättans kommun, Västra Götalands län (Dnr. 402-41354-2019), 2019.
- [3] Trollhättans stad, *Plankarta - Detaljplan för Stridsbergssområdet Källstorp 4:3 m.fl. Vårvik (samrådshandling)*, 2019.
- [4] ”Plan- och bygglag,” SFS 2010:900.
- [5] ”Miljöbalk,” SFS 1998:808.
- [6] Trollhättans stad, tillhandahållen av beställaren, ”Översiktskarta Vårvik och Hjul kvarnelund Bensinled och farligt godsleder,” Trollhättans stad, 2018-06-13.
- [7] Trollhättans stad, ”Exploatering Vårvik,” Trollhättans stad, 2020.
- [8] Trollhättans stad, ”Exploatering antal lägenheter med risker [Översiktskarta],” 2020.
- [9] Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, ”PM Risk avseende järnvägstrafik farligt gods, Kv Lodjuret, Trollhättan,” 2017.
- [10] Ramböll Sverige AB, ”Riskanalys avseende psykiatriboende, kvarteret Galaxen,” 2017.
- [11] Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, ”Riskbedömning kanalnära bebyggelse, Arena Älvshögsborg, Älvhög 3,” Bengt Dahlgren Brand & Risk AB, Mölndal, 2017.
- [12] Trollhättans stad, ”Fördjupad översiktsplan för Knorren och Hjul kvarnelund,” Trollhättans stad, 2017.
- [13] Länsstyrelsen Stockholm, ”Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods,” Länsstyrelsen Stockholm, Stockholm, 2016.
- [14] Trollhättans Stad, Kommunstyrelsens förvaltning, ”Riskhanteringsplan - Farliga ämnen och farligt gods,” Trollhättans stad, Trollhättan, 2004.
- [15] MSB - Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, ”Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer,” 2015.

- [16] SIS, Svensk standard SS-ISO 31000:2009. Riskhantering - Principer och riktlinjer, Stockholm: Swedish Standards Institute, 2010.
- [17] Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap , *RIB sök - propan, hämtad: <https://rib.msb.se/Portal/Template/Pages/Kemi/Substance.aspx?id=472&q=propan&p=1> [2017-05-29].*
- [18] Davidsson, G., Lindgren, M. & Mett, L., *Värdering av risk - FoU Rapport*, Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (f.d. Räddningsverket)., 1997.
- [19] ”Säkerhetskajörande åtgärder i detaljplaner,” Boverket och MSB, 2006.
- [20] Trafikverket, ”Järnvägens kapacitet 2015, Rapport 2016:038,” Trafikverket, Borlänge, 2016.
- [21] Trafikverket, Trafikuppgifter järnväg T19 och bullerprognos 2040, 2019.
- [22] Trafikanalys, ”Bantrafik 2015 - Statistik 2016:18,” Trafikverket, Stockholm, 2016.
- [23] T. författningssamling, ”Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om transport till sjöss av förpackat farligt gods (IMDG-koden) (konsoliderad elektronisk utgåva),” Transportstyrelsen, TSFS 2015:66.
- [24] Vänerhamn, *Sammanställning av olika godsslag som lossats och lastats fördelat på alla hamnar i Väneren 2013-2016*, 2016.
- [25] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omivningen, rapport 2001:05,” Miljösektionen, Banverket, Borlänge, 2001.
- [26] B. Andersson, ”Introduktion till konsekvensberäkningar - Några förenklad typfall,” Lund University, Institute of Technology, Department of Fire Safety Engineering, Lund, 1992.
- [27] Statistiska centralbyrån, ”Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år,” SCB, 2012-2017. [Online]. Available: <http://www.statistikdatabasen.scb.se/>. [Använd 05 10 2018].
- [28] Trollhättans stad, ”Vårviks gård,” Trollhättans stad, 23 03 2018. [Online]. Available: <https://www.trollhattan.se/startside/naringsliv-och-arbete/arbetsmarknad/praktik-och-arbetstraning/varviks-gard/>. [Använd 05 10 2018].
- [29] Trollhättans stad, ”Källtorsgården,” Trollhättans stad, 18 09 2018. [Online]. Available: <https://www.trollhattan.se/startside/omsorg-och-hjalp/boenden-sarskilda/gruppboende/kallstorgarden/>. [Använd 05 10 2018].

- [30] Trollhättans stad, "Lyckan," Trollhättans stad, 09 08 2018. [Online]. Available: <https://www.trollhattan.se/startsidea/utbildning-och-barnomsorg/forskola-och-barnomsorg/forskolor-i-trollhattan/lyckan/>. [Använd 05 10 2018].
- [31] Närhälsan, "Närhälsan Källtorps Vårdcentral," Västra Götalandsregionen, [Online]. Available: <https://www.narhalsan.se/kallstorpvardcentral>. [Använd 05 10 2018].
- [32] Folk tandvården, "Folk tandvården Källstorp, Trollhättan," Västra Götalandsregionen, [Online]. Available: <https://folktandvarden.vgregion.se/vara-kliniker/allmantandvardskliniker/folktandvarden-kallstorp-trollhattan/>. [Använd 05 10 2018].
- [33] Närhälsan, "Trollhättan jourcentral," Västra Götalandsregionen, [Online]. Available: <https://www.narhalsan.se/trollhattanjourcentral>. [Använd 05 10 2018].
- [34] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, "Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods," Göteborg, 1997.
- [35] Health and safety commision, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances," H.M.S.O, 1991.
- [36] A. Sarrack, "Assessment of Risk due to Vehicle accident for the Plutonium solution transfer from H-area to F-area," Westinghouse Savannah River Company, beställd av The U.S Department of Energy, South Carolina, 1996.
- [37] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, "Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5," 1997.
- [38] Statens väg- och transportforskningsinstitut, "Farligt gods - riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [39] Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, 2007.
- [40] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous good by road and rail," *Journal of Hazardous material*, vol. 33, pp. 229-259, 1993.
- [41] L. Helmersson, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg," VTI, Väg- och transportforskningsinstitutet, Stockholm, Rapport nr. 387:4, 1994.
- [42] MSB, "Transporter av farligt gods - väg och järnväg," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011.
- [43] Trollhättans stad, "Buller- och trafikutredning - underlag till den fördjupade översiktsplanen för Knorren och Hjulkvarnelund," Trollhättans stad, Trollhättan, 2017.

- [44] Försvarets forskningsanstalt, *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, 1998.
- [45] Center for Chemical Process safety of the American Institute of Chemical Engineers, *CCPS Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2000.
- [46] Statistiska centralbyrån, SCB, *Väder - Statistisk årsbok 2011*, 2011.
- [47] Trollhättans stad, *Illustrationsplan lgh-antal och BTA verksamheter (utkast, Johanna Berg)*, 2020.
- [48] Trollhättans stad, *Utsnitt byggrätt på platån (utkast)*, 2020.
- [49] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), "Guidelines for quantitative risk assessment CPR 18E (the 'Purple Book')," 1999.

## BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR

### A-I - Norge-/Vänerbanan

Beräkningarna utförs enligt VTI-modellen anpassad för järnväg [25] med vilken den förväntade frekvensen för urspårningsolyckor kan beräknas. På aktuell sträcka av Norge-/Vänerbanan passerar 57 tåg dagligen, varav 47 tåg är persontåg och 10 är godståg [20]. Antagen fördelning mellan ämnesklasser av farligt gods på aktuell sträcka presenteras i Tabell 4-1 i avsnitt 4.1.1. Ett medelvärde inom vardera intervallet för varje ämnesklass har antagits.

Banan är dubbelspårig och trafikeras av både person- och godstrafik. Banan är elektrifierad och fjärrblockerad. Spårkvaliteten på sträckan tillhör kategori A (betongslipers, helsvetsat). Antal vagnar per godståg antas till 29 stycken [34].

Övriga indata finns redovisade i [25].

Följande indata ligger till grund för beräkningarna:

Studerad sträckas längd:	1 km
Antal spår	2 st.
Antal växlar	3 st.
Antal persontåg per genomsnittsdyn	131,5 st.
Antal godståg per genomsnittsdyn:	28,8 st.
Antal vagnar per godståg	29 st./tåg
Antal vagnar per persontåg	6 st.

*Antalet axlar per vagn:* Antaget 2 st. för normala godståg, 4 st. för vagnar med farligt gods (3,5 i snitt)

Det totala förväntade antalet urspårningar med en farligt gods-vagn på aktuell sträcka av Norge-/Vänerbanan blir enligt beräkningen och med ingångsvärden enligt ovan  $1,79 \cdot 10^{-3}$ .

### Händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik vid olyckor på järnväg. Händelseträden ser olika ut för respektive RID-klass och redovisas nedan tillsammans med tillhörande antaganden och förutsättningar.

### Mekanisk påverkan

Urspårning kan, utan utsläpp av något ämne, medföra påverkan på människor som befinner sig intill järnvägen. Vilka personer som riskerar att påverkas beror på hur långt från spåret de

urspårade vagnarna hamnar. Fördelningen mellan avstånd som tågagnar hamnar på vid urspårningar är hämtad från [25] och redovisas i Tabell 8-1.

Tabell 8-1 Redovisar sannolikhetsfördelning över hur långt från spårmittpunkt som tågagnar hamnar vid urspårning [25].

Tågsort / Avstånd från spårmittpunkt	0–5 m	5–15 m	15–25 m	>25 m
Resandetåg	96 %	2 %	2 %	0 %
Godståg	91 %	5 %	2 %	2 %

### RID-klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

En explosion av klass 1 förväntas kunna uppstå till följd av stötinitiering samt att en brand uppkommer och sprids till lasten. Det är främst ämnesklass 1.1 som utgörs av ämnen som kan leda till massexlosion där hela lasten exploderar i princip samtidigt. Det finns begränsat med statistik över hur mycket av klass 1 som utgörs av klass 1.1, därför görs det konservativa antagandet att samtliga ämnen inom ämnesklass 1 kan leda till massexlosion.

Explosion till följd av stötinitiering kan ske vid kollision eller annan stöt som är tillräckligt kraftig för att initiera en explosion i lasten. Det finns begränsat med statistik och forskning på hur pass kraftig en sådan stöt behöver vara. Enligt H.M.S.O sker en explosion till följd av stötinitiering i samband med olycka i 0,2% av fallen [35].

Givet att en explosion inte sker direkt i samband med olyckan kan en brand i godsvagnar som sprids till lasten medföra att en explosion sker. Sannolikheten för en brand i godsvagnen i samband med en olycka ansätts till 2% [36]. Värdet är framtaget för sannolikheten av brand i en lastbil vid olycka och anses vara ett konservativt antagande för tåg. Sannolikheten för efterföljande spridning till lasten antas till 50 % [37].

### TRANSPORTERAD MÄNGD

Den maximala transportmängden av ämnesklass 1 på järnväg ansätts till 25 ton [37]. Det bedöms däremot vara osannolikt att en transport innehåller så stora mängder av säkerhetsskäl samt att det sällan finns anledning att transportera så pass stora mängder. Majoriteten av transporter förväntas endast inrymma några hundra kilo. Den antagna fördelningen av transporterad mängd som kan leda till massexlosion presenteras i Tabell 8-2 nedan.

Tabell 8-2. Fördelning explosionslast vid olycka med RID-klass 1.

Explosionslast	Järnväg	Sannolikhet
Litet	500 kg	39 %
Medelstort	2 ton	60 %
Stort	25 ton	1 %

### RID-klass 2 – Gaser

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om godset fraktas i en tunn- eller tjockväggig tank. Gaser transporteras vanligtvis

tryckkondenserade i tjockväggiga kärl med hög hållfasthet. Sannolikheten för att en tjockväggig tankvagn skadas så att det leder till ett utsläpp vid en urspårning är 0,02 [25].

Sannolikheten för liten, medel respektive stor utsläppsmängd vid läckage som följd av olycka ansätts enligt Tabell 8-3 nedan [38], [39].

Tabell 8-3. Fördelning av utsläppsstorlekar vid olycka med RID-klass 2

Utsläppsstorlek	Brandfarlig gas	Giftig gas	Sannolikhet
Litet	1 cm	149 kg	62,5%
Medelstort	3 cm	1330 kg	20,8%
Stort	11 cm	40 500 kg	16,7%

För klass 2.1 *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor först bli påtagliga i samband med antändning. Tre scenarier antas uppstå beroende av typ av antändning:

- Jetflamma: omedelbar antändning av läckande gas under tryck.
- Brännbart gasmoln: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion): explosion till följd av att en tank utan säkerhetsventil upphettats under längre tid, exempelvis av kraftig brandpåverkan från en intilliggande vagn.

Sannolikheten för direkt och fördröjd antändning kan antas till 10 respektive 0 % vid utsläpp av mindre än 1500 kg brännbar gas vid olyckor på järnväg. Motsvarande värden är 20 respektive 50 % för utsläpp av mer än 1500 kg [40]. Sannolikheten för direkt och fördröjd antändning ansätts till ett medelvärde av ovanstående för samtliga utsläppsstorlekar i Tabell 8-4.

Tabell 8-4. Sannolikhet för olika olycksscenarier vid olycka med RID-klass 2.1.

Utsläppsstorlek	Olycksscenario	Sannolikhet
Litet	Jetflamma	10%
	Gasmolnsexplosion	10%
	Ingen antändning	80%
Medelstort	Jetflamma	10%
	Gasmolnsexplosion	10%
	Ingen antändning	80%
Stort	Jetflamma	10%
	Gasmolnsexplosion	40%
	Ingen antändning	50%

Vid ett medelstort och stort utsläpp som leder till en jetflamma antas en BLEVE kunna inträffa. En BLEVE antas enbart kunna uppstå om en eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken



under en lång tid. Sannolikheten för att en jetflamma leder till en BLEVE bedöms vara mycket liten och antas konservativt vara 1%.

### RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor

Tankfordon för brandfarliga vätskor är oftast tunnväggiga och har därmed lägre hållfasthet än motsvarande för trycksatta gaser enligt tidigare avsnitt. Gällande brandfarliga vätskor uppstår skadliga konsekvenser för människor när vätskan läcker ut och antänds, där det är värmestrålningen som har den största betydelsen för konsekvenser för människor. Värmestrålningen beror i sin tur på ytan som täcks av den brandfarliga vätskan. Vid en olycka som medför utsläpp av brandfarlig vätska är det av stor vikt att den inte kan rinna ut över stora ytor och inte i riktning mot bebyggelse.

Sannolikheten för att en tunnväggig tankvagn skadas så att det leder till ett utsläpp vid en urspårning är 0,3 [25]. Sannolikheterna för utsläppsstorlek i tunnväggiga tankar är enligt nedanstående tabell [41].

Tabell 8-5 Sannolikheten för olika utsläppsstorlekar samt sannolikheten att ett sådant utsläpp antänder.

Utsläppsstorlek	Storlek	Sannolikhet	Sannolikhet för antändning
Litet	50 m <sup>2</sup>	62,5%	10%
Medelstort	200 m <sup>2</sup>	20,8%	10%
Stort	400 m <sup>2</sup>	16,7%	20%

Den maximala rimliga pölstorleken bedöms vara ca 400 m<sup>2</sup> (diameter ca 22 m), med hänsyn till att en viss mängd vätska sjunker ner i jorden. Scenariot pölbrand bedöms som konservativt eftersom underlaget vid järnvägsbanken består av makadam vilket är ett lättgenomsläppligt material som försvårar bildandet av pölar vid utsläpp. Även marken utanför det direkta spårområdet består av grus och växtlighet, vilket också är relativt genomsläppliga underlag som minskar risken för bildandet av stora vätskeansamlingar.

### RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen i klass 5.1 är ämnen som vid oxidation kan understödja en brand. Vid blandning med organiskt material kan ett explosionsartat brandförlopp ske. För att en blandning mellan oxiderande ämne och organiskt bränsle ska detonera krävs en homogen blandning med tillförsel av tillräckligt stor energi (antändning).

I Sverige är ungefär 90% av farligt gods i klass 5 som transporteras ämnen som kan självantända vid kontakt med organiskt material. Representativt ämne utgörs i beräkningarna av ammoniumnitrat som transporteras i fast form.

En explosion förutsätts kunna ske om ämnet kommer i kontakt med organiskt material (t.ex. bensin) och bildar en explosiv blandning som sedan antänds [42]. Detta förutsätter att godsvagnen skadas samtidigt som det sker ett utsläpp av organiskt material i tillräcklig

omfattning. Sannolikheten för att detta ska ske antas till 1%. Sannolikheten för antändning antas till 3,3% [35] och likställs därmed med sannolikheten för antändning av en bensinpöl.

Explosion förutsätts även kunna inträffa om en brand uppstår vid godsvagnen som sedan sprids till godset och medför en tillräcklig påverkan för att ämnet ska explodera. En brand antas uppstå med en sannolikhet av 2 % [36], spridning till godset med en sannolikhet av 50 % av och kritisk påverkan antas ske med en sannolikhet av 1%.

### **TRANSPORTERAD MÄNGD**

Maximal mängd i en transport förutsätts vara 25 ton. Det förutsätts däremot vara osannolikt att en så pass stor mängd bildar en explosiv blandning med organiskt material alternativt att påverkan från en intilliggande brand leder till att hela lasten exploderar.

Det anses vara mer troligt att explosionen omfattar den mängd explosiv blandning som kan uppstå baserat på att en explosiv blandning utgörs av cirka 13 % organiskt material [37]. Med antagandet att maximalt 500 kg bränsle blandas med det utsläppta ämnet uppgår blandningens vikt till cirka 4 ton. Mängden transporterat material fördelas enligt Tabell 8-6:

*Tabell 8-6. Fördelning explosionslast vid olycka med RID klass 5.*

<i>Storlek</i>	<i>Mängd</i>	<i>Sannolikhet</i>
Litet	1000 kg	60%
Medel	4 000 kg	40%
Stort	25 000 kg	1%

## A-2 - Vänersborgsvägen

Olycksfrekvenser beräknas enligt VTI-metoden [38]. Indata och valda parametrar i beräkningarna redovisas i Tabell 8-7. På Vänersborgsvägen sker mellan 1–3 transporter med brandfarlig vätska varje vecka [10].

Följande indata ligger till grund för beräkningarna:

Tabell 8-7 Specifik indata som använts i beräkningarna

Variabel	Använt värde
Studerad sträckas längd	1 km
ÅDT [fordon/dygn]	17 100 [43]*
ÅDT farligt gods fordon [fordon/dygn]	156/365
Hastighet [km/h]	50
Bebyggelsemiljö	Tätort
Gatu-/vägtyp	Gata/väg
Olyckskvot	1,20
Andel singelolyckor	0,15
Index för farligt gods-olycka	0,03

\* Framskrivet ÅDT för aktuell väg gäller för horisontår 2030. Detta värde har inte ändrats, men anses inte påverka risknivån i det aktuella fallet då farligt gods enbart utgörs av ämnesklass 3 och beräkningarna baseras på antagna värden som gäller för horisontår 2040.

Det förväntade antalet farligt godsolyckor per år utgör grundfrekvensen för att det sker en olycka med farligt gods på Vänersborgsvägen. I aktuellt fall är frekvensen för en olycka med farligt gods  $3,47 \cdot 10^{-4}$  per år.

Frekvensen för olyckor med farligt gods där det sker ett utsläpp beräknas som produkten av frekvensen för en olycka med farligt gods och indexet för farligt gods-olycka.

Tankfordon för brandfarliga vätskor är oftast tunnväggiga. Gällande brandfarliga vätskor uppstår skadliga konsekvenser för människor när vätskan läcker ut och antänds, där det är värmestrålningen som har den största betydelsen för konsekvenser för människor. Värmestrålningen beror i sin tur på ytan som täcks av den brandfarliga vätskan.

Sannolikheterna för utsläppsstorlek i tunnväggiga tankar är enligt nedanstående Tabell 8-8 [41]. Sannolikheten för utsläppsstorlek baseras på antagandet att transportererna sker med tankbilar med släp. Sannolikheten för antändning antas vara 3,3 % för samtliga pölstorlekar [35].

Tabell 8-8 Utsläppsstorlek i tunnväggiga tankar vid olycka med ADR-S klass 3.

Utsläppsstorlek	Storlek	Sannolikhet	Sannolikhet för antändning
Litet	50 m <sup>2</sup>	25%	3,3 %
Medelstort	200 m <sup>2</sup>	25%	3,3 %
Stort	400 m <sup>2</sup>	50%	3,3 %

## BILAGA B - KONSEKVENSBERÄKNINGAR

I denna bilaga redovisas de konsekvensberäkningar som ligger till grund för riskanalysen. Konsekvens definieras i denna riskanalys generellt i form av ett riskavstånd, inom vilket de människor som befinner sig utomhus kan förväntas omkomma.

Konsekvensberäkningarna har utförts med hjälp av programmet ALOHA version 5.4.5 utvecklat av amerikanska myndigheterna Environmental Protection Agency (EPA) och National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), samt handberäkningar. Samtliga konsekvensavstånd har beräknats utifrån att olyckan inträffar på järnvägsspåret.

### RID-klass 1

Konsekvenserna till följd av en explosion kan delas upp i direkta och indirekta skador. De direkta skadorna utgörs av direkt tryckpåverkan på människa eller skador av luftstöt vågor på byggnader. De indirekta skadorna utgörs av tertiära skador alternativt splitter som träffar människor. Tertiära skador innebär att människor kastas omkull av luftstöt vågen och skadar sig eller omkommer då de träffar marken [44].

Gränsen för dödliga skador på människa, 1% dödlighet, vid direkt tryckpåverkan är 180 kPa och cirka 350 kPa för 99 % dödlighet. Gränsen för lungskador är ungefär 70 kPa [44]. Skador på byggnader kan uppstå vid cirka 20–40 kPa beroende på byggnadens konstruktion. Konsekvensen är som störst på byggnaderna närmast explosionen då bakomliggande bebyggelse skyddas [37].

För att ta hänsyn till såväl de direkt som indirekta skadorna på människor antas ett viktat skadekriterium där människor förutsätts omkomma vid ett tryck om 100 kPa.

Beräkningarna genomförs enligt metod som presenteras i rapporten *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [45]. I metoden beräknas trycket på ett specifikt avstånd från en explosionskälla som utgörs av en viss mängd TNT.

### RID-klass 2

RID-klass 2 delas upp i två klasser: RID-klass 2.1 som utgör brännbara gaser och RID-klass 2.3 som utgör giftiga gaser.

Beräkningarna görs för två vädertyper: neutral stabilitetsklass och 5 m/s samt stabil stabilitetsklass och 2 m/s. Neutral stabilitetsklass förväntas 80% av tiden och stabil stabilitetsklass förväntas 20% av tiden [41].

Vindriktningen antas vara jämnt fördelad i alla väderstreck. Årsmedeltemperatur är 7°C [46].

Rev. B

Datum: 2020-02-26

### RID-KLASS 2.1

Det representativa ämnet som använts för beräkningar gällande klass 2.1 brandfarliga gaser ansätts till propan.

Följande skadekriterier [44] [17] har använts vid beräkningarna då 50 % av individerna antas omkomma:

- Jetflamma: strålningsnivå på 15 kW/m<sup>2</sup> för varaktighet 1 minut
- Gasmoln: koncentration på 2,3 vol.-% vilket motsvarar undre brännbarhetsgränsen.
- BLEVE: strålningsnivå på 25 kW/m<sup>2</sup> för varaktigheten ca 12 s.

Tabell 8-9 Indata till konsekvensberäkningar för brännbar gas

	Parameter	Värde
Omgivning	Vindriktning	Mot området
	Vädertyp	Normal stabilitetsklass (D), 5 m/s
		Stabil stabilitetsklass (B), 2 m/s
	Yträhet	Stad eller skog
Källa	Ämne	Propan (tryckkondenserad)
	Tankdiameter	2,5 m
	Tanklängd	20 m
	Lagringstemperatur	7 °C
	Mängd ämne i tank	40 ton

### RID-KLASS 2.3 – GIFTIG GAS

Utsläpp av tryckkondenserad giftig gas kan beroende på väderförhållanden, topografi och utsläppstyp orsaka skador på mycket långa avstånd. Även dessa ämnen transporteras i tjockväggiga tankar. Dimensionerande ämne har ansatts till svaveldioxid som utgör ett mycket giftigt ämne. Utsläpp beräknas för tre laststorlekar: 40 500 kg, 1330 kg samt 164 kg [38]. Beräkningarna görs för två vädertyper: neutral stabilitetsklass (D) med 5 m/s samt stabil stabilitetsklass (B) med 2 m/s.

Skadekriterium för 50 % omkomna för svaveldioxid är 798 ppm vid 30 minuters exponering [39].

Tabell 8-10 Indata till konsekvensberäkningar för giftig gas

	Parameter	Värde
Omgivning	Vindriktning	Syd
	Vädertyp	Normal stabilitetsklass (D), 5 m/s
		Stabil stabilitetsklass (B), 2 m/s
	Yträhet	Stad eller skog
Källa	Ämne	Svaveldioxid (tryckkondenserad)
	Tankdiameter	2,5 m
	Tanklängd	20 m
	Fyllnadsgrad	80 %
	Lagringstemperatur	7 °C

### RID-klass 3 – Brandfarlig vätska

Beräkningar baseras på vedertagna handberäkningsmetoder [26].

Bensin är den vanligaste varan av de brandfarliga vätskorna och är betydligt mer lättantändlig än exempelvis diesel. Dess fysikaliska egenskaper innebär att risken för antändning av en pöl med bensin bedöms vara sannolik. Bensin antas som representativt ämne för Klass 3.

Nedan listas de förutsättningar/antaganden som ligger till grund för beräkningarna av strålning från pölbränderna.

- När läckage uppstår antänds detta omgående.
- Hela vätskeytan brinner samtidigt.
- Väderförhållanden är ”normala” och påverkar ej strålningen

### RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

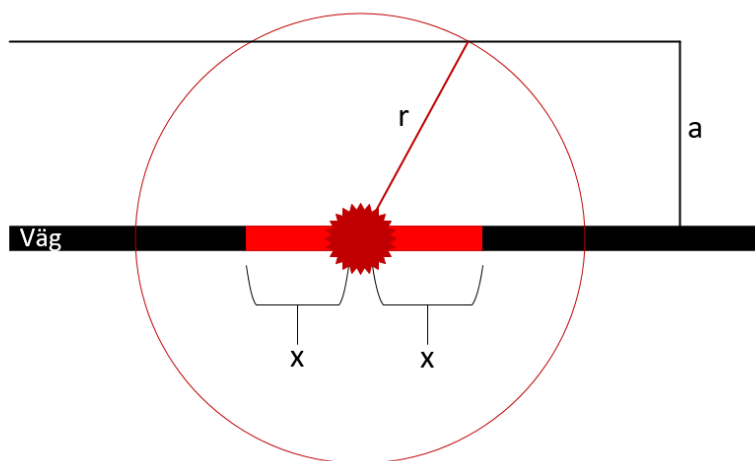
För klass 5 antas det transporterade ämnet motsvara sprängämne. Konsekvensberäkningar sker likt de för RID-klass 1 ovan.

## BILAGA C - RISKBERÄKNINGAR

I följande avsnitt beskrivs hur beräkningarna av individrisk resp. samhällsrisk genomförts.

### Individrisk

Frekvens av en olycka med farligt gods beräknas längs en sträcka (1 km) som i de flesta fall är längre än olyckornas respektive konsekvensavstånd. Det innebär att en olycka som sker längs sträckan endast kan påverka en individ på en liten del av vägsträckan. Frekvensen för en sådan olycka måste därför korrigeras för detta. Korrigeringen av individrisken görs med Pythagoras sats och beskrivs nedan i Figur C-1 och Ekvation 1.



Figur C-1 Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden

$$IR_{x,y,i} = f_i \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{L}$$

Ekvation 1

Variabel	Förklaring
$IR_{x,y,i}$	Individrisk för olycksscenario.
$f_i$	Frekvens för olycksscenario (justerad för spridningsvinkel).
$L$	Längden på vägsträckan (vanligtvis 1 000 meter).
$r$	Konsekvensavstånd.
$a$	Avståndet från utsläppskällan.
$x(\sqrt{r^2 - a^2})$	Del av vägsträcka som olyckan sker på och påverkar individen på visst avstånd från transportled.

## Samhällsrisk

I detta avsnitt beskrivs hur samhällsrisknivån beräknats. Vid beräkningar av samhällsrisknivåer studeras normalt en sträcka på 1 kilometer [18], där det aktuella området placeras i mittpunkten och det studerade området sträcker ca 500 meter åt vardera håll längs med transportleden.

Avståndet mellan Norge-/Vänerbanan och närliggande bebyggelse uppgår som minst till ca 10 meter. Närmsta bebyggelse utgörs av komplementbyggnader inom industriområdet till hotell-, centrum- och kontorsverksamhet som i sin tur planeras på ett avstånd om ca 20 meter från järnvägen.

Avståndet mellan Vänersborgsvägen och närliggande bebyggelse uppgår som minst till ca 10 meter. Närmsta bebyggelse utgörs av tillkommande flerbostadshus (5–6 våningar).

Befolkningstätheten skattas inom zoner där antal personer som förväntas i respektive område blir så homogent som möjligt. Detta genomförs för att skapa en så tydlig bild som möjligt av de aktuella persontätheter som kan förväntas längs respektive transportled och därmed de resulterande samhällsrisknivåerna. Respektive zon utgör en yta längs med en 1 km lång sträcka längs med transportleden, med bredder enligt vad som uppges i intervall i Tabell C-1.

Typ av bebyggelse i respektive område baseras på information i underlag tillhandhållet av Trollhättans stad [8], statistik presenterad av SCB [27], samt information gällande befintliga verksamheter i närliggande områden [28] [29] [30]. För verksamheter där uppgifter saknas, baseras personantalet på kvalitativa uppskattningar utifrån verksamhetens utformning och storlek, samt dess öppettider [31] [32] [33].

Tabell C-1. Persontätheter i respektive zon längs Norge-/Vänerbanan samt Vänersborgsvägen.

Norr om Norge-/Vänerbanan					
Zon #, Avstånd [meter]	Bebyggelse/projekt	Omfattning	Personantal [personer]	Viktat antal [personer]	Persontäthet [viktat medelvärde under dygnets alla timmar]
Zon 1 (0–10)	Bebyggelsefritt	Ej stadig- varande vistelse	-	-	0 pers./km <sup>2</sup>
Zon 2 (10–20)	Parkering, Komplement- byggnader, t.ex.: Cykelparkering, Förråd Miljöhus	Ej stadig- varande vistelse	5	5	50 pers./km <sup>2</sup>
Zon 3 (20–30)	Parkering (söder och väster), Komplement- byggnader, se ovan Centrum- och hotellverksamhet	Parkering, komplement- byggnader  Hotell: 1 200 m <sup>2</sup> BTA	5  60	5  30	3 500 pers./km <sup>2</sup>



Rev. B

Datum: 2020-02-26

Zon 4 (30–90)	Källtorps industriområde, centrum och hotell  Befintlig byggnad: Kontor  Kontorsområde (väster)  Parkering	Hotell: 10 800 m <sup>2</sup> BTA  Kontor: 460 m <sup>2</sup> BTA  Kontor: 3 400 m <sup>2</sup> BTA  Parkerings- hus: 3 400 m <sup>2</sup> BTA	540  16  116  102	270  4  31  10	5 250 pers./km <sup>2</sup>
Zon 5 (90–140)	Källtorps industriområde, Martinverket (centrum, kontor)  Kontorsområde (väster)  Ej stadigvarande vistelse: Huvudgata Parkering Torg	Kontor: 7 900 m <sup>2</sup> BTA  Kontor: 4 300 m <sup>2</sup> BTA	269  146  0 5 50	73  39  0 5 14	2 700 pers./km <sup>2</sup>
Zon 6 (140–570)	Bostads- bebyggelse,  Park	Bostäder: 1 600 lägenheter  Park:	2 880  25	1 930  7	4 500 pers./km <sup>2</sup>
Zon 7 (bortom 570)	Grönområden	Ej stadig- varande vistelse	-	-	0 pers./km <sup>2</sup>

## Söder om Norge-/Vänerbanan

Zon #, Avstånd [meter]	Bebyggelse/projekt	Omfattning	Personantal [personer]	Viktat antal [personer]	Persontäthet [viktat medelvärde under dygnets alla timmar]
Zon 1 (0–10)	Bebyggelsefritt		-	-	0 pers./km <sup>2</sup>
Zon 2 (10–140)	Bostadsområde Grönområden	Bostäder: 25 småhus -	75 - -	50 - -	390 pers./km <sup>2</sup>
Zon 3 (140–570)	Bostadsområde Folktandvård Jourcentral Vårdcentral Förskola Äldreboende	Bostäder: 30 småhus	90 50 50 100 100 130	60 18 9 30 30 130	650 pers./km <sup>2</sup>
Zon 4 (bortom 570)	Grönområde	-	-	-	0 pers./km <sup>2</sup>

## Öster om Vänersborgsvägen

Zon #, Avstånd [meter]	Bebyggelse/ projekt	Omfattning	Personantal [personer]	Viktat antal [personer]	Persontäthet [viktat medelvärde under dygnets alla timmar]
Zon 1 (0–10)	Bebyggelsefritt		-	-	0 pers./km <sup>2</sup>
Zon 2 (10–350)	Kontor Bostadsområde Centrum Hotell	Kontor: 3 400 + 4 300 m <sup>2</sup> BTA P: 3 400 + 8 600 m <sup>2</sup> BTA C, R: 11 000 m <sup>2</sup> BTA B: 1 600 lägenheter	116 + 146  102 + 258  550  2 880	31 + 39  10 + 26  149  1 930	6 500 pers./km <sup>2</sup>
Zon 3 (bortom 350 meter)	Bostadsbebyggelse	-*	-	-	-

## Väster om Vänersborgsvägen

Zon #, Avstånd [meter]	Bebyggelse/projekt	Omfattning	Personantal [personer]	Viktat antal [personer]	Persontäthet [viktat medelvärde under dygnets alla timmar]
Zon 1 (0–100)	Bebyggelsefritt		-	-	0 pers./km <sup>2</sup>
Zon 2 (100–350)	Värvik Gård Skateboardpark		50	10	40 pers./km <sup>2</sup>
Zon 3 (bortom 350 meter)	Bostadsbebyggelse Grönområden	-*	-	-	-

**UNDERLAG FÖR BERÄKNAD PERSONTÄTHET**

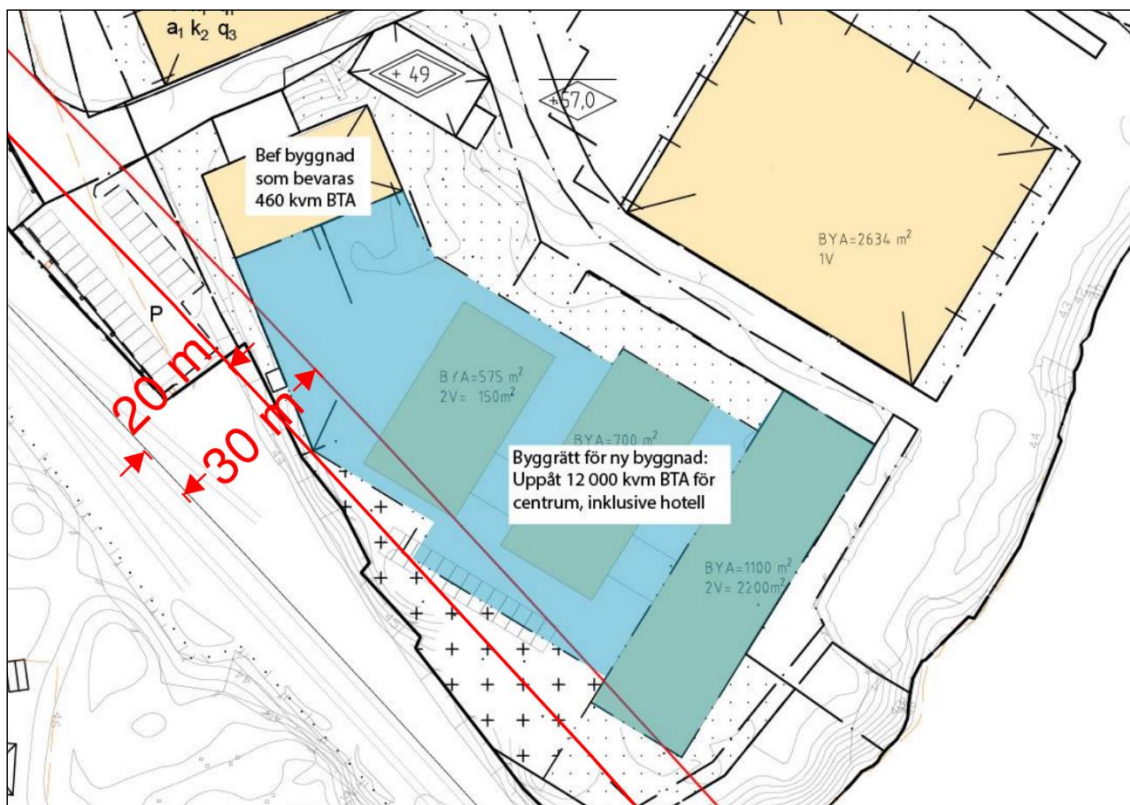
Nedan återges de ingångvärden som har använts för att beräkna persontätheten i respektive zon intill Norge-/Vänerbanan och Vänersborgsvägen.

Enligt exploateringskarta för aktuellt område [7] planeras totalt ca 1 600 lägenheter inom planområdet. Enligt statistik från SCB uppgår det genomsnittliga antalet personer per hushåll i flerbostadshus i Trollhättan till 1,8 personer [27]. Närvaron i bostadsområden justeras för variation under dygnet. Det antas att 100 % befinner sig i området mellan kl. 17-07 och 20 % förväntas mellan kl. 07-17. Detta medför en genomsnittlig närvaro om 67 % över året.

De verksamheter som planeras i den södra delen av planområdet inklusive Källtorps industriområde förväntas i huvudsak utgöras av centrum- och hotellverksamhet samt kontor. Enligt den fördjupade översiktsplanen för aktuellt område kan 500 arbetsplatser rymmas inom

det gamla industriområdet [12], men BTA har använts för beräkning av antal personer inom detta område (se nästa stycke). Inom hotellverksamhet antas den genomsnittliga närvaron över året för inkvarterade hotellgäster vara 50 %. Beläggingsgrad för hotellen antas vara 100 %, vilket är en överskattning. Inom kontorsverksamheter, centrum och besöksanläggningar antas 100 % av personerna vara närvarande mellan klockan 8-17 under vardagar och att lokalerna är tomma resterande delar av dygnet och under helger. Det medför en genomsnittlig närvaro om cirka 27 % över året. I parkering antas 10 % närvaro över året.

BTA har angivits för de mest söderut belägna områdena i [47] och [48]. Mellan 20-90 meter från järnvägen i den sydöstra delen har det antagits att 12 000 m<sup>2</sup> BTA hotellverksamhet utöver befintlig byggnad som bevaras och Martinverket, se Figur C-2 nedan.



Figur C-2. Utsnitt byggrätt på platån samt avståndsmarkeringar, delgiven information från kommunen [48].

Mellan 20-30 meter från spårmiten har det utifrån byggrättens area antagits att 10 % av total BTA för byggrätterna för de nya byggnaderna inryms. Resterande 90 % av byggrätterna för nya byggnader antas finnas mellan 30-90 meters avstånd från spårmiten.

En siffra har antagits per 1 000 m<sup>2</sup> BTA för respektive typ av markanvändning och gäller både antal anställda och besökare. för 34 personer antas finnas per 1 000 m<sup>2</sup> BTA för kontor (K). 50 personer antas finnas per 1 000 m<sup>2</sup> BTA för centrum- och hotellverksamhet (markanvändningen C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> och R).

I riskbedömningen har det antagits att all markanvändning med C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> och R utgörs av hotellverksamhet, undantaget Martinverket och befintlig byggnad om 460 m<sup>2</sup> BTA som bevaras. Dessa byggnader antas i stället helt utgöras av kontorsverksamhet. För Martinverket har det konservativt antagits tre våningar med kontor och att total BTA (7 900 m<sup>2</sup>) uppgår till tre gånger den byggnadsarea (2 634 m<sup>2</sup>) som delgivits av kommunen [48].

I förskolan antas ca 100 personer att vistas. Detta är en kvalitativ uppskattning, baserat på antalet avdelningar (3 st.) samt förskolans storlek [30]. Även personantal inom jourcentralen, folktandvården och vårdcentralen utgörs av kvalitativa uppskattningar baserade på verksamheternas omfattningar.

För förskolan, jourcentralen, folktandvården och vårdcentralen antas 100 % av personerna vara närvarande under verksamheternas öppettider och att lokalerna är tomma resterande delar av tiden. Förskolan är öppen mellan kl. 7-17 under vardagar [30], jourcentralen är öppen mellan kl. 17-22 vardagar och mellan kl. 10-17 på helger [33], folktandvården är öppen vardagar mellan kl. 7-19 [32], och vårdcentralen är öppen mellan kl. 7-17 under vardagar [31].

På äldreboendet förväntas samtliga personer vistas under alla dygnets timmar.

Inom områden utanför aktuellt planområde finns i dagsläget inga planer på framtida förtätning. Generellt är dessa områden glest befolkade, och består huvudsakligen av grönområden.

### ***PERSONER INOMHUS RESPEKTIVE UTOMHUS***

Personer som befinner sig i den studerade kvadratkilometern är antingen helt oskyddade mot olyckor som kan ske på de studerade riskkällorna eller skyddade i olika utsträckning. Detta beror på huruvida personerna som riskerar att påverkas är fritt exponerade för potentiella konsekvenser som kan inträffa eller ifall det finns någon form av barriär mellan olycksplatsen och personerna. Beroende på vilken olycka som inträffar kan konsekvenser variera kraftigt [49]. På grund av detta varierar även effekten av barriärer beroende på vilken typ av olycka som inträffar.

En typ av barriär som kan skydda personer i det studerade området är fysiska barriärer. För en person som är utomhus kan t.ex. en byggnad utgöra en fysisk barriär som reducerar konsekvensens påverkan. En byggnad kan också fungera som en fysisk barriär för personer som befinner sig inuti byggnaden [49].

I händelse av en olycka kommer en viss andel av personerna i konsekvensområdet att befinna sig inomhus, medan andra befinner sig utomhus. Av personerna som befinner sig utomhus är en andel delvis skyddade av fysiska barriärer som beskrivits ovan, medan andra är fritt exponerade. I denna riskbedömning har hänsyn tagits till den skyddande effekt som uppkommer av att personer som befinner sig inomhus när det gäller brandfarliga och giftiga gaser (ämnesklass 2.1 och 2.3).

I beräkningarna förutsätts att olyckor som härrör från giftiga gaser påverkar personer som befinner sig inomhus med 10 % av den konsekvens som påverkar personer som befinner sig fritt exponerade utomhus [49]. Samma antagande görs även för brandfarliga gaser. I riskbedömningen görs endast denna distinktion mellan personer som befinner sig inomhus respektive utomhus för beräkning av samhällsrisksbidraget från Norge-/Vänerbanan. Antagandet görs endast för ämnesklass 2.1 respektive 2.3 och i beräkningarna antas 50 % av närvarande personer vistas inomhus.

## BILAGA D - BEGREPP

Begreppet *risk* definieras i denna rapport som produkten av sannolikheten och konsekvensen av en oönskad händelse.

*Individrisk* är ett riskmått som definieras som sannolikheten för en godtycklig individ att omkomma på ett år, förutsatt att individen vistas på samma plats. Notera att det är ett mått, och inte den verkliga sannolikheten att omkomma. Individrisken är oberoende av hur många personer som vistas i området.

*Samhällsrisk* är ett riskmått där hänsyn tas till befolkningstäthet inom ett givet område. Konsekvensernas storlek beaktas med avseende på antalet personer som påverkas vid ett skadescenario. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, exempelvis att persontätheten kan vara hög på en viss tid på dygnet men låg under en annan. Samhällsrisk redovisas ofta i ett F/N-diagram (Frequency/Number) där den totala sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer illustreras.

*Farligt gods* är ett samlingsbegrepp för ämnen och föremål med egenskaper som kan orsaka skador på människor, miljö eller egendom om det hanteras fel vid transport. Farligt gods delas in i nio klasser beroende på det transporterade ämnets fysikaliska och kemiska egenskaper.