Larsbo 4 mfl

Töreboda

Riskbedömning

2024-04-17

Stefan Karlquist
Brandingenjör/
Civilingenjör riskhantering
Handläggare

Lars Antonsson
Brandingenjör/
Civilingenjör riskhantering
Internkontrollerande

Larsbo 4 mfl

Riskbedömning

Uppdragsgivare: Töreboda Kommun

Upprättad av: Stefan Karlquist

Brandingenjör/Civilingenjör riskhantering

Internkontrollerad av: Lars Antonsson

Brandingenjör/
Civilingenjör riskhantering

Riskbedömning	2024-04-17	SK	LA
Version	Datum	Utförd av	Kontrollerad av

Innehållsförteckning

Sammanfattning **4**

1 Inledning **5**
1.1 Syfte och mål 5
1.2 Bakgrund 5
1.3 Avgränsningar 5
1.4 Styrande dokument och riktlinjer 5
1.5 Underlag 9
1.6 Revideringar 9

2 Metod **10**
2.1 Riskanalys 10
2.2 Riskvärdering 11
2.3 Tillämpningar i denna riskbedömning 13

3 Riskanalys **14**
3.1 Områdesbeskrivning 14
3.2 Förändringar inom planområdet 16
3.3 Riskidentifiering 17
3.4 Riskkällor för vidare analys 18

4 Riskuppskattning **19**
4.1 Transporter av farligt gods på Väg 202 19
4.2 Transporter av farligt gods på Västra stambanan 21

5 Riskvärdering **23**
5.1 Individrisk 23
5.2 Samhällsrisk 23

6 Riskreduktion **25**
6.1 Riskreducerande åtgärder 25
6.2 Verifiering av riskreducerande åtgärder 25

7 Hantering av osäkerheter **28**

8 Slutsats **28**

9 Referenser **29**

Appendix A Frekvens- och konsekvensberäkningar Väg 202 ..... **30**

Appendix B Järnväg **33**

Appendix C Konsekvenser vid giftig gas – järnväg **35**

Appendix D Konsekvenser vid brandfarlig gas – järnväg/väg 202 ..... **38**

Appendix E Konsekvenser vid massexplosivt ämne **45**

Appendix F Konsekvenser vid pölbrand järnväg **52**

Sammanfattning

Denna rapport utgör riskbedömning i samband med en ny detaljplan för Siloområdet i Töreboda kommun. Siloområdet omfattar fastigheterna Larsbo 4 mfl. som är placerade mellan Västra stambanan och Göta kanal. Västra stambanan nyttjas för farligt godstrafik och i nära anslutning till området så passerar även väg 200/202 som utgör sekundär rekommenderad farligt godsled.

Riskbedömningen upprättas för att utreda hur riskerna kopplade till transporter av farligt gods, samt hantering av farligt gods i närområdet, påverkar aktuellt område. Riskbedömningen har utförts som en detaljerad analys där beräkningar och bedömningar primärt legat till grund för resultaten.

Då det finns ett önskemål om en flexibel detaljplan så har riskbedömningen tagit höjd för en hög persontäthet inom aktuellt område samt flera olika typer av verksamheter så som samlingslokaler, bostäder och kontor. Riskbedömningen har dock även utrett möjligheterna att placera ett parkeringshus närmare spårområdet. En grundförutsättning som riskbedömningen vilar på är dock att byggnader placeras minst 50 m från Västra stambanan. Detta gäller dock inte parkeringshuset med ett förväntat lågt personantal som istället antas placeras minst 10 m från Västra stambanan.

Beräkningar av risknivån visar att en stor del av riskbilden hanteras av det stora skyddsavståndet till riskkällorna. Utöver skyddsavståndet bedömer dock Brandkonsulten AB, utifrån de beräkningar som genomförts, att följande riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att risknivån ska anses acceptabel.

- Fasader inom 35 m som vetter mot spårområdet utförs i obrännbart material.
- Friskluftsintag inom 75 m från spårområdet placeras högt eller bort från spårområdet. Detta gäller dock inte parkeringshus med hänsyn till det förväntade låga personantalet där.
- Utrymning från byggnader inom 75 m från ska vara möjlig i annan riktning än mot spårområdet.
- Byggnader placeras minst 50 m från närmaste spårmitt. Detta gäller dock inte parkeringshus med hänsyn till det förväntade låga personantalet där.

1 Inledning

1.1 Syfte och mål

Denna rapport utgör riskbedömning i samband med framtagande av ny detaljplan för Siloområdet. Siloområdet omfattar fastigheterna Larsbo 4 mfl. som är placerade i Törebodas stadskärna. Riskbedömningen syftar dels till att identifiera och värdera eventuella risker som kan påverka den föreslagna planförändringen, dels till att vid behov presentera förslag på riskreducerande åtgärder vilka bedöms innebär en för ändamålet acceptabel risknivå.

Det finns en önskan att upprätta en så pass flexibel detaljplan som tillåter olika typer av verksamheter och byggnadsutformningar. Av den anledningen strävar även denna riskbedömning efter att vara flexibel där antaganden och beräkningar utgått från en ur riskperspektiv *värsta trolig* utformning av området.

Målet med riskbedömningen är att skapa ett beslutsunderlag för detaljplaneärendet med avseende på olycksrisker.

1.2 Bakgrund

Aktuellt område är beläget i närheten av järnvägen Västra stambanan vilket utgör farligt godstransportled. Strax bortom Västra stambanan passerar länsväg 202 som utgör sekundär rekommenderad farligtgodsled. Väg 202 övergår i Väg 200 inom Töreboda för att sedan återgå till Väg 202, i denna rapport kommer *Väg 202* syfta på hela sträckningen av den rekommenderade sekundära farligt godsleden. I Töreboda finns även ett antal verksamheter som hanterar brandfarliga ämnen.

Inom området planeras för bebyggelse på ett avstånd om minst 50 m från Västra Stambanan. Verksamheterna kan komma att utgöras av kontor, bostäder, samlingslokaler, hotell etc. Utöver detta planeras det även för ett parkeringshus inom 50 m från Västra stambanan.

Riskbedömningen upprättas för att utreda hur riskerna kopplade till transporter av farligt gods påverkar aktuellt område.

1.3 Avgränsningar

Riskbedömningen i denna rapport är avgränsad till att endast behandla olycksrisker som kan leda till negativa effekter på människors liv. Eventuella hälsoeffekter som uppkommer till följd av normal vardaglig vistelse inom planområdet beaktas inte.

Planändringens miljöpåverkan under byggtid, brukartid eller till följd av en olyckshändelse beaktas inte i riskbedömningen.

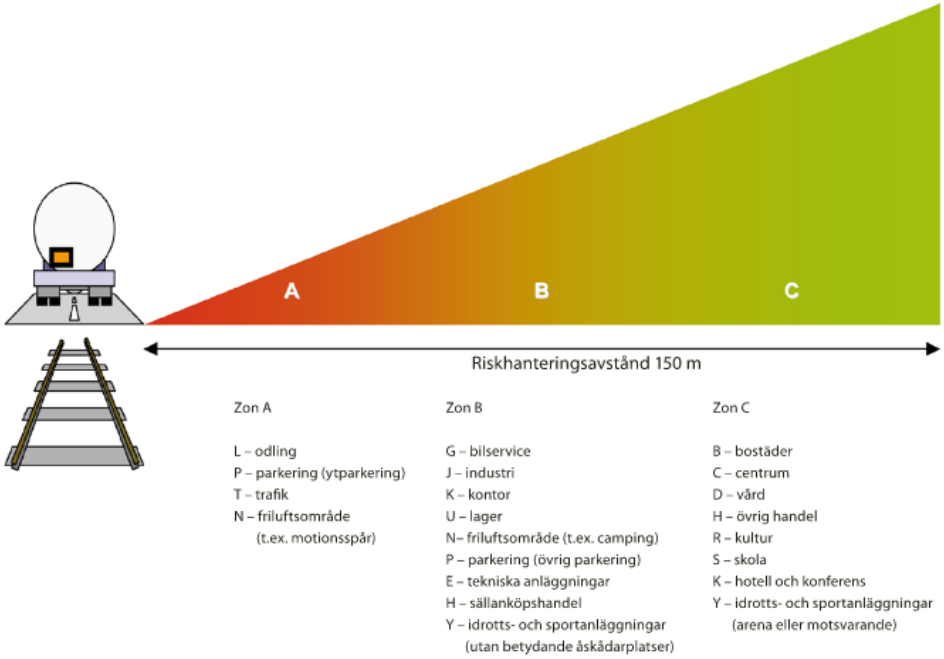
Risker som härstammar från uppsåtliga händelser eller illvilja beaktas inte i riskbedömningen.

Brandkonsulten AB förutsätter att transporter av farligt gods sker enligt de myndighetskrav som gäller för aktuell typ av transport.

1.4 Styrande dokument och riktlinjer

Plan- och bygglagen (PBL) reglerar planläggning av mark, vatten och byggnader. PBL omfattar både plan- och byggprocessen och omfattar bl a krav kopplat till riskhänsyn och uppförande av byggnadsverk. Därtill finns olika regelverk och handböcker som anger när och hur riskanalyser/riskutredningar bör genomföras.

Sedan 2006 har länsstyrelserna i Skåne, Västra Götalands och Stockholms län enats om att risker ska beaktas och bedömas inom 150 m från farligt godsled i samband med detaljplaneprocessen. (Länsstyrelserna, 2006). Detta riskhanteringsavstånd delas i sin tur in i zoner avseende lämplig markanvändning i enlighet Figur 1. Generellt antas verksamheterna tillhöra zon C förutom det eventuella parkeringsgaraget som tillhör zon B.



Figur 1. Zoner med lämpliga avstånd från riskkälla.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län saknar mer detaljerade riktlinjer avseende riskhänsyn. Dock vidareutvecklade exempelvis Länsstyrelsen Stockholm och Länsstyrelsen Halland mer detaljerade riktlinjer för planläggning intill farligt godsleder. Då dessa är de mest genomarbetade riktlinjerna så utgör de ofta riktmärken i områden som saknar detaljerade risklinjer.

1.4.1 Stockholms läns riktlinjer

År 2016 gav Länsstyrelsen Stockholm ut rapporten ”Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods” (Länsstyrelsen Stockholm, 2016) där det anges riktlinjer avseende risker i den fysiska planeringen i Stockholms län. I rapporten framgår bl a följande rekommendationer avseende bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods.

Bebyggelse vid farligt gods-väg

För sekundär farligt godsled anges inga detaljerade krav, det konstateras dock att det i grunden bör finnas ett bebyggelsefritt avstånd från vägen om 25 m men att detta kan minskas om antalet transporter är få eller konsekvensområdet begränsat.

Intill primära transportleder för farligt gods ska det finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter. Inom 30 meter ska följande åtgärder säkerställas genom planbestämmelser. För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) gäller att:

- Minst 25 m byggnadsfritt ska lämnas närmast transportleden.
- Inom 30 m ska följande åtgärder vidtas:
  - Fasader utförs i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.
  - Friskluftsintag riktas bort från vägen.
  - Det ska finnas möjlighet att utrymma bort från vägen.

  Inom 30 m ska dessutom fönster utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

Bebyggelse vid järnväg där det sker transporter av farligt gods

- Minst 25 m, mätt från närmsta spårmitt, ska lämnas byggnadsfritt intill järnvägsspår.

Inom 30 meter ska följande åtgärder säkerställas, genom planbestämmelser, för markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S), kontor (K), och verksamheter (Z):

• fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30

• friskluftsintag ska riktas bort från järnvägen

• det ska vara möjligt att utrymma bort från järnvägen på ett säkert sätt

1.4.2 Hallands riktlinjer

Riskhänsyn

År 2011 gav Länsstyrelsen Halland ut rapporten ” Riskanalys av farligt gods i Hallands län” där det anges riktlinjer avseende risker i den fysiska planeringen i Hallands län. I rapporten framgår bl a rekommendationer för placering av tätort, bostäder och kontor intill järnväg för farligt gods.

Rekommendationerna är kopplade till ett antal nyckelavstånd som är kopplade till olika typer av bebyggelse, exempelvis *tätort* och *industri*.

Tätort omfattar lägenhetsbebyggelse med tre våningar eller mer och av stads- eller tätortskaraktär, även centrumbebyggelse, vård, kultur, skola, hotell och konferens.

Industri omfattar bilservice, småindustri, lager, parkering (övrig), tekniska anläggningar, idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarplatser).

Riktlinjerna gör ingen skillnad på primär eller sekundär farligt godsled utan delar istället in farligt godsleder i kategorierna *väg-hög* och *väg-låg*. Dessa exemplifieras sedan så att Väg-hög är de högtrafikerade lederna så som E6an men även järnväg och väg-låg de mindre trafikerade lederna så som väg 154. I aktuellt fall bedöms utifrån trafikmängd och betjänade typer av industrier/anläggningar att väg 202 är jämförbar med väg 154 och således bör kategoriseras som väg-låg.

Oavsett typ av bebyggelse och typ av farligt godstransportled ska följande allmänna krav uppfyllas:

- Vid all byggnation inom 60 meter från led ska området i så stor utsträckning som möjligt, utformas på ett sätt som motverkar spridning av vätska in mot området. Detta kan göras med hjälp av något av nedanstående:
  - Vall
  - Plank som är tätt i nedkanten
  - Dike

  Alternativt kan funktionen vara uppfylld genom naturliga höjdskillnader.
- Vid all byggnation inom 60 meter från led ska sidoområdet längs med leden utformas på ett sätt som begränsar konsekvensen av ett avåkande fordon.

Bebyggelse vid farligt gods-led

För bebyggelsetyp <u>tätort</u> anges följande för bebyggelse intill väg-låg:

- De allmänna kraven från föregående avsnitt ska uppfyllas.
- Inom 50 meter: Fasad ska vara i obrännbart material och fönster (i normal omfattning) /ingående komponenter ska vara motsvarande klass E 30.
- Inom 50 meter:ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden.
- Balkonger, uteplatser, lekplatser etc. ska inte finnas på kortare avstånd än 50 meter ifrån leden.
- Placering av entréer bör ligga så långt ifrån leden som möjligt, gärna på motsatt sida.

- Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

För bebyggelsetyp industri (parkeringshus) anges följande för bebyggelse intill väg-låg:

- De allmänna kraven från föregående avsnitt ska uppfyllas.
- För etablering 20-30 meter ifrån väg ska åtgärder införas som förhindrar mekanisk konflikt. Erforderlig omfattning och utformningen av ett sådant skydd beror på platsspecifika förhållanden. Förslag på åtgärder:
  - Vall/dike Betongbarriär
  - Naturlig höjdskillnad (positiv höjdskillnad med transportled lägre än planområdet)
  - Förstärkt vägräcke (H2)
- För fasad som vetter mot led gäller följande:
  - 30–50 meter: Fasad ska utformas i obrännbart material.
  - 20–30 meter: Fasad inklusive dörrar och fönster, ska motsvara lägst brandteknisk klass EI 30.
- För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden.
- Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Bebyggelse vid järnväg där det sker transporter av farligt gods

För bebyggelsetyp tätort anges följande för bebyggelse intill järnväg:

- De allmänna kraven från föregående avsnitt ska uppfyllas.
- Etableras tätort på längre avstånd än 30 meter krävs inga åtgärder för mekanisk påverkan.
- Inom 50 meter: Fasad ska vara i obrännbart material och fönster (i normal omfattning) /ingående komponenter ska vara motsvarande klass E 30.
- För etableringar mellan 30-50 meter ifrån led ska hänsyn tas till dimensionerande explosionslast.
- För bostäder gäller att: Luftintag ska placeras högt och på motsatt sida av leden.
  För hotell/konferens och andra användningsområden där det är möjligt att underhålla/upprätthålla ett system gäller därutöver att: gasdetektor kopplad till automatiskt nedstängningssystem/varseblivningssystem och utrymningsplan ska finnas.
  - För fasad som vetter mot led gäller följande:
    30–50 meter: Fasad ska utformas i obrännbart material.
  - 20–30 meter: Fasad inklusive dörrar och fönster, ska motsvara lägst brandteknisk klass EI 30.
- För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden.
- Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

För bebyggelsetyp industri (parkeringshus) anges följande för bebyggelse intill järnväg:

- De allmänna kraven från föregående avsnitt ska uppfyllas.
- För etablering inom 30 meter ifrån järnväg ska åtgärder införas som förhindrar mekanisk konflikt.
- För fasad som vetter mot led gäller följande:
  - 30–50 meter: Fasad ska utformas i obrännbart material.
  - 20–30 meter: Fasad inklusive dörrar och fönster, ska motsvara lägst brandteknisk klass EI 30.

- För alla byggnader inom 50 meter ifrån led ska minst en utrymningsväg finnas som inte vetter mot leden.
- För byggnader inom 50 meter ifrån led gäller följande:
  - Luftintag placeras så långt ifrån leden som möjligt
  - Placera entréer/lastintag etc. på lämpligt sätt så att de inte vetter mot riskkällan
- Utforma området nära leden på ett sätt som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

1.4.3 Sammanfattning riktlinjer

Stockholms läns riktlinjer anger ett bebyggelsefritt avstånd om 25 m från järnväg medan Hallands läns riktlinjer anger 30 m bebyggelsefritt till tätortsbebyggelse och 20 m till industribebyggelse vilket bland annat parkeringsgarage definieras som.

Stockholms läns riktlinjer anger vidare krav på riskreducerande åtgärder inom 30 m från järnvägen men att en riskutredning kan visa på att ytterligare riskreducerande åtgärder kan komma att krävas. Hallands riktlinjer formulerar krav på riskreducerande åtgärder inom 50 m från järnvägen.

I och med att järnvägen är placerad närmare området än Väg 202 så domineras de riskreducerande åtgärderna i riktlinjerna av järnvägen. I en beräkning av risknivån behöver dock båda transportledernas riskbidrag ingå.

1.5 Underlag

Följande underlag har använts i denna riskbedömning.

- Platsbesök 2024-01-19
- Riskarbetsmöte 2024-01-22
- Bebyggelseförslag och plankoncept upprättat av Arkitekterna Krook & Tjäder, daterat 2023-11-15.
- Mailavstämning med Emil Matsson, brandingenjör på Räddningstjänstens Skaraborg, 2024-01-23.
- Telefonavstämning med Thomas Gunnarsson på Göta Kanal AB, 2024-01-12.
- Mailavstämning med Helena Ragnarsson, Handläggare Farligt Gods på Transportsstyrelsen, 2024-01-11.
- Uppskattning av persontäthet, upprättad av Krook & Tjäder, daterad 2024-01-22.
- Telefonavstämning med Johan på Cirkle K (Ingo) Töreboda, 2024-01-29.
- Mailavstämning med Patrik Nilsson VD på Hermanders Avancerad Plåtformning, 2024-01-30.
- Mailavstämning med Johan Bouveng på Moelven, 2024-01-30.
- Mailavstämning med Mikael Johansson på Daloc Trädörrar AB, 2024-01-30.
- Mailavstämning med Rickard Ludvigsson på Källbergs Industri, 2024-01-31.
- Riskutredning för Tjädern 12 i Töreboda kommun, upprättad av Norconsult, daterad 2020-11-26.
- Riskutredning för Larsbo 4 mfl, upprättad av Sweco 2014-05-08.
- Handlingsprogram - för förebyggande verksamhet och räddningstjänst inom Räddningstjänsten Östra Skaraborg, upprättat av Räddningstjänsten Skaraborg, daterat 2021-11-10.
- Översiktsplan 2030, upprättad av Töreboda Kommun, status Antagandehandling mars 2023.
- Prognos för godstransporter 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2023, utgiven av Trafikverket 2023-04-01.

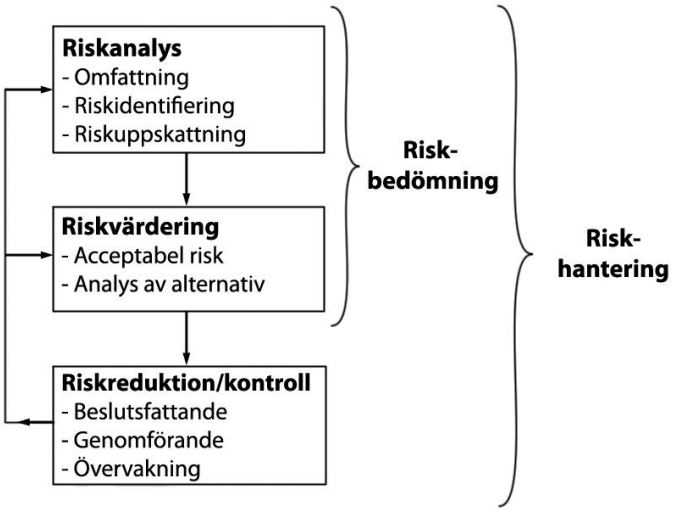
1.6 Revideringar

Riskbedömningen ska uppdateras efter behov i enlighet med projektets olika skeden och vid ändringar i förutsättningar som har stor påverkan på resultatet av riskbedömningen.

Framtida revideringar kommer att markeras med kantlinje i höger marginal.

2 Metod

Denna riskbedömning är upprättad med vägledning i en grundläggande modell för riskhantering framtagen av den Internationella elektrotekniska kommissionen (IEC, 1995). Modellen som visas i Figur 2 är framtagen som ett stöd för riskhantering inom tekniska system men är i dess fundamentala delar även applicerbar för riskutredningar i detaljplaneärenden.



Figur 2: Modell för riskhantering, återskapad från IEC (1995, s.41)(författarens översättning).

Enligt IEC:s modell kan riskhantering delas upp i två block; riskbedömning och riskreduktion. Riskbedömningen består i sin tur dels av en riskanalys, dels en riskvärdering.

2.1 Riskanalys

2.1.1 Omfattning och riskidentifiering

Riskanalysen syftar till att definiera systemet som ska analyseras, identifiera risker samt göra en inledande uppskattning av desamma. I detaljplaneärenden avgränsas normalt riskanalysen till att endast omfatta det berörda planområdet. I samband med definiering av systemet görs också en identifiering av skyddsobjekt, dvs de byggnader eller verksamheter inom planområdet gentemot vilka riskexponeringen ska utredas. Det kan röra sig om personintensiva lokaler, bostäder eller andra verksamheter som innebär en stadigvarande vistelse av människor.

Vidare sker en identifiering av riskkällor, dvs potentiella verksamheter, transporter etc i planområdets omgivning (riskkällor kan i vissa fall även finnas inom planområdet) vilka i samband med en viss oönskad händelse kan utgöra en fara för de personer som vistas inom det berörda planområdet. Exempel på riskkällor kan vara transporter av farligt gods, bensinstationer, järnvägar etc. Riskidentifieringen omfattar en beskrivning av respektive riskkälla samt en initial bedömning av deras möjliga bidrag till den övergripande riskbilden. Den initiala bedömningen kan sägas utgöra en grovsållning bland riskkällorna för att identifiera vilka av dem som erfordrar en mer detaljerad analys. Redan i detta skede kan alltså vissa riskkällor avfärdas utan att genomgå den mer detaljerade riskuppskattningen.

2.1.2 Riskuppskattning

Riskuppskattningen är den huvudsakliga och mer detaljerade utredningen kring riskerna och dess förutsättningar. Riskuppskattningen ska beskriva hur riskerna kan initieras samt karaktären och frekvensen på dess skadliga konsekvenser, med syftet att presentera ett mått på risknivån.

Riskuppskattningen baseras ofta på kvantitativa analyser såsom frekvens och konsekvensanalyser men kan även utgöras av kvalitativa resonemang. Det senare kan exempelvis vara aktuellt i de fall där kvantitativ information är otillräcklig. I sådana situationer kan dock samråd med sakkunniga anses motsvara en rimlig nivå.

Det finns flera olika sätt att presentera risk. De vanligaste är individrisk och samhällsrisk. Individrisk beskriver risken för att en individ omkommer och uttrycks i en frekvens per år. Individrisk redovisas vanligen i form av riskkonturer på en karta eller i form av ett diagram som visar risknivån som funktion av avståndet från riskkällan.

Samhällsrisk återspeglar risken för ett helt område och resultatet beror på antalet personer som kan tänkas påverkas av risken. Samhällsrisk inkluderar samtliga personer som kan tänkas vistas inom ett område oavsett hur långvarig vistelsen är. Samhällsrisk redovisas ofta med en s k FN-kurva, där FN står för *frequency number*. FN-kurvan beskriver sambandet mellan ackumulerad frekvens och antal omkomna.

2.2 Riskvärdering

2.2.1 Allmänt

Riskvärderingen innebär att de risker som identifieras och uppskattas i riskanalysfasen ska värderas och tolkas. Syftet med detta är att utreda huruvida riskerna är för stora eller kan anses vara acceptabla med hänsyn till den planerade verksamheten, och sedermera även fastställa om riskreducerade åtgärder krävs eller ej. Riskvärderingen grundas på fyra grundläggande principer i enlighet med Davidsson, Lindgren och Mett (1997):

1. **Rimlighetsprincipen** - en verksamhet bör inte leda till risker som är rimliga att undvika.
2. **Proportionalitetsprincipen** - de totala riskerna förknippade med en verksamhet bör inte vara oproportionerligt stora i förhållande till verksamhetens fördelar.
3. **Fördelningsprincipen** - riskerna förknippade med en verksamhet bör vara skäligt fördelade i samhället i relation till nyttan med verksamheten.
4. **Principen om undvikande av katastrofer** - risker bör hellre realiseras i mindre olyckor med begränsade konsekvenser än tvärt om.

För att underlätta riskvärderingen krävs någon form av acceptanskriterier. En del i detta består vanligen av att risker delas in i tre kategorier; generellt acceptabla, acceptabla under vissa förutsättningar och oacceptabla risker. En sådan uppdelning skapar två gränser; en gräns som avgör upp till vilken nivå risker generellt sett anses vara acceptabla och en gräns över vilka risker som inte får existera. I området mellan dessa två gränser, även kallat ALARP-området (*as low as reasonably practicable*) ska risker göras så små som möjligt med rimliga åtgärder. Risker som ligger nära den övre gränsen kan exempelvis tänkas accepteras antingen om riskreduktion är omöjlig, eller om kostnaderna för riskreduktionen är oproportionerligt stora. Risker som ligger nära den nedre gränsen kan tänkas accepteras om kostnaden för riskreducerande åtgärder överstiger nyttan. Figur 3 visar de tre kategorierna för värdering av risk.

Figur 3: Konceptet med de två gränserna för acceptabla/oacceptabla risker, samt ALARP-området (Davidsson m. fl., 1997).

2.2.2 Acceptanskriterier vid detaljerad riskbedömning

Sverige har i dagsläget inga nationellt fastlagda kriterier för acceptabla eller oacceptabla risker. Davidson m. fl. (1997) har dock tagit fram förslag på acceptanskriterier avseende undre, respektive övre gränsen enligt resonemanget ovan. Dessa är enligt följande.

Individrisk

Övre gräns för ALARP-området: 10^{-5} per år.

Övre gräns för område med huvudsakligen acceptabla risker: 10^{-7} per år.

Samhällsrisk

Övre gräns för ALARP-området: $F=10^{-4}$ per år för N=1.

Övre gräns för område med huvudsakligen acceptabla risker: $F=10^{-6}$ per år för N=1.

Lutning på FN-kurva: -1.

Övre gränsvärde för möjliga konsekvenser: Inget.

Undre gränsvärde för tillämpning av kriterier: N=1.

Transportrisker

Transportrisker, till exempel sådana förknippade med transporter av farligt gods, måste delvis behandlas annorlunda. Först och främst måste risker för trafikanter särskiljas från risker för dem som vistas utmed transportleden. I riskbedömningar för detaljplaneområden belägna utmed transportleder är det främst risker för dem som vistas utmed den aktuella transportleden som är relevanta att studera. I aktuellt fall är även stationsområdet placerat vilket innebär att det vid flera tillfällen varje dag kan förväntas befinna sig många personer i direkt anslutning till spårområdet. Även dessa bör räknas som trafikanter och därmed särskiljas från områdets samhällsrisk.

Vad gäller individrisk är tolkningen densamma oavsett om det är fasta punktrisker som analyseras eller transportrelaterade risker. Kriterierna enligt ovan för individrisk kan därför tillämpas även för transportrelaterade risker.

Samhällsrisken är dock beroende den aktuella sträckans längd, eftersom samhällsrisken ökar ju längre sträcka som studeras. Därmed bör acceptanskriterierna för transportrisker lämpligen korrigeras till den studerade sträckans längd. Davidson m.fl. (1997) föreslår att de ovannämnda kriterierna för samhällsrisk ska gälla för transportrisker längs en sträcka av 1 km. Baserat på detta kan kriterierna således skalas om till den aktuella sträckans längd.

2.3 Tillämpningar i denna riskbedömning

Kvantitativa mått på risker presenteras i denna riskbedömning i form av dels individrisk, dels samhällsrisk.

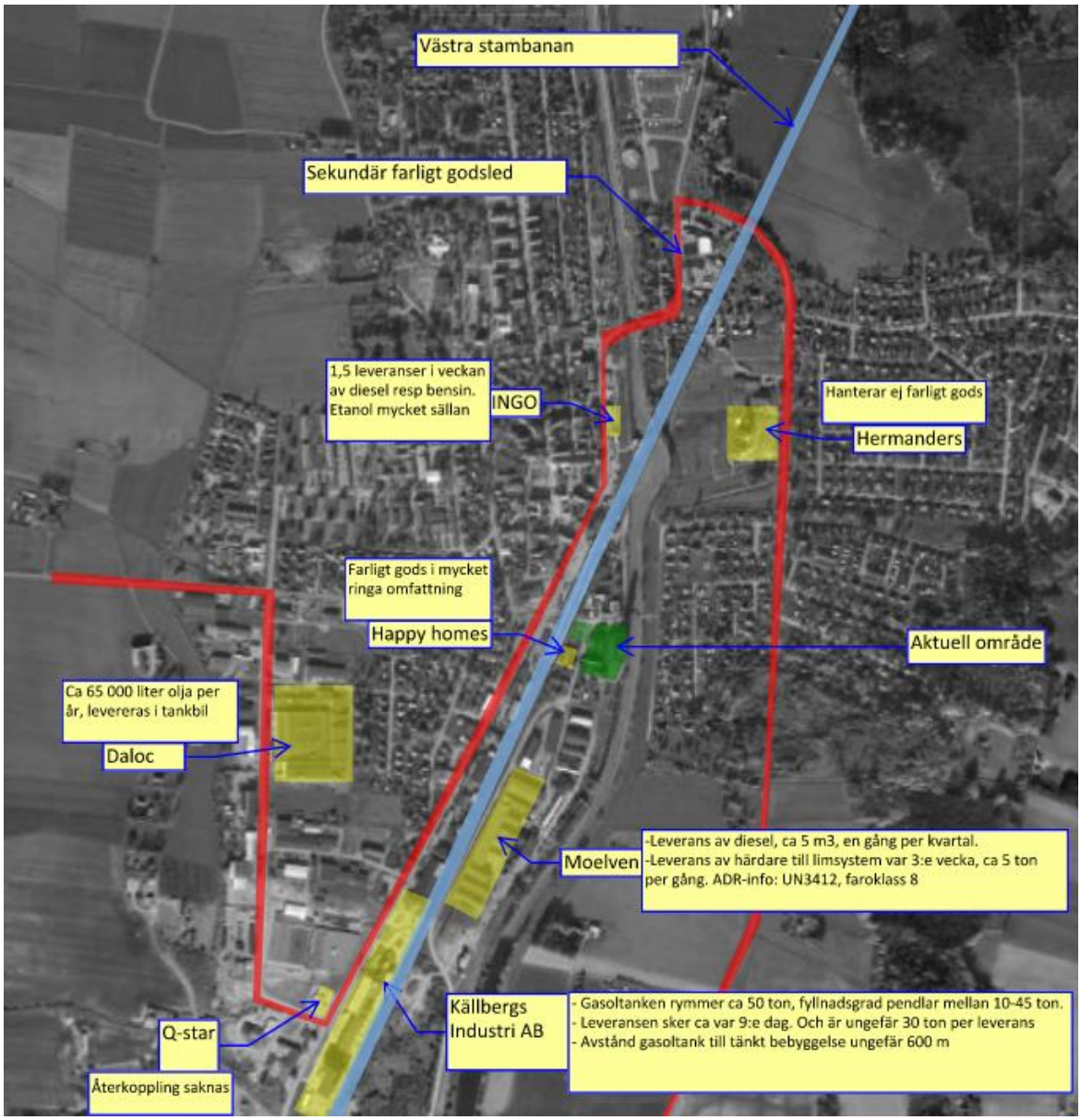
I denna riskbedömning tillämpas platsspecifik individrisk, vilket innebär risken för att en individ omkommer om den vistas på en specifik plats i ett år. Individrisker redovisas med diagram över risknivån som funktion av avstånd från riskkällan. Riskbedömningen tillämpar acceptanskriterier för acceptabel/oacceptabel risknivå enligt föregående avsnitt.

Samhällsrisk redovisas med FN-kurva och acceptanskriterier för acceptabel/oacceptabel risknivå. Vid kvantitativ värdering av samhällsrisk förknippad med transportrisker skalas acceptanskriterierna om till den aktuella sträckan. Med hänsyn till områdets föreslagna avstånd till riskkällan så skalas acceptanskriteriet om så att det uppgår till planområdets sträcka längs den berörda järnvägen och väg 202. Acceptanskriterierna skalas om så att de omfattar den spårsträcka som ligger inom 150 m från den tänkta bostads/hotell/kultur-bebyggelsen.

3 Riskanalys

3.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet ligger i centrala Töreboda. Området begränsas av Göta Kanal i öster och järnvägsspåret i väster samt av Järnvägsgatan i norr. Figur 4 visar planområdets placering samt riskkällor i området, riskkällorna redovisas närmare i avsnitt 3.3.



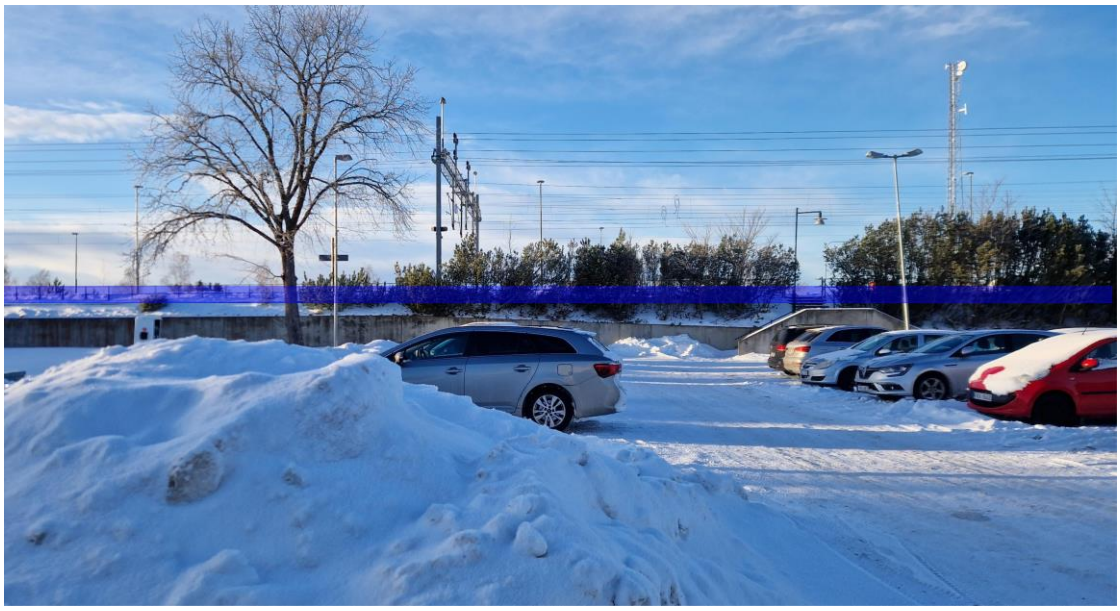
Figur 4. Aktuellt område med riskkällor. Berört område grönmarkerat. Västra stambanan blåmarkerat och väg 200/202 (sekundär farligt godsled) rödmarkerad.

Aktuellt område utgörs idag av enklare industri/lager-byggnader i ett plan samt en större silobyggnad som ej är i bruk. I Figur 5 visas en närmare bild på aktuellt område (grönmarkerat) och dess placering intill Västra stambanan (blåmarkerad) och väg 202 (rödmarkerad).

I närområdet finns det mestadels småhus i form av villor. Stadskärnan med flerbodstadshus är placerad på ett avstånd om ungefär 150 m från aktuellt planområde. Söder om aktuellt område finns ett antal större produktionsanläggningar och industrier.

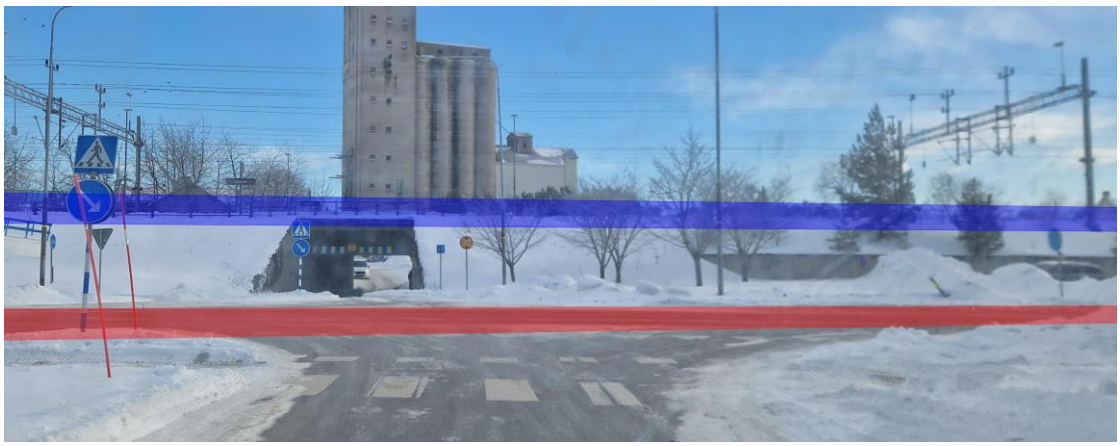
Figur 5. Aktuellt område (grönmarkerat), Västra stambanan (blåmarkerad), väg 200 (rödmarkerad).

Västra stambanan passerar området på en upphöjd banvall vilket framgår i Figur 6. Längs med hela planområdet är dock stationsperrong placerad mellan tågspåren och berört område, se de vita områdena längs med järnvägen i Figur 5.



Figur 6. Järnvägen med stationsområdet, fotograferad från befintliga parkeringsytan inom aktuellt planområde. Spårområdet är blåmarkerat.

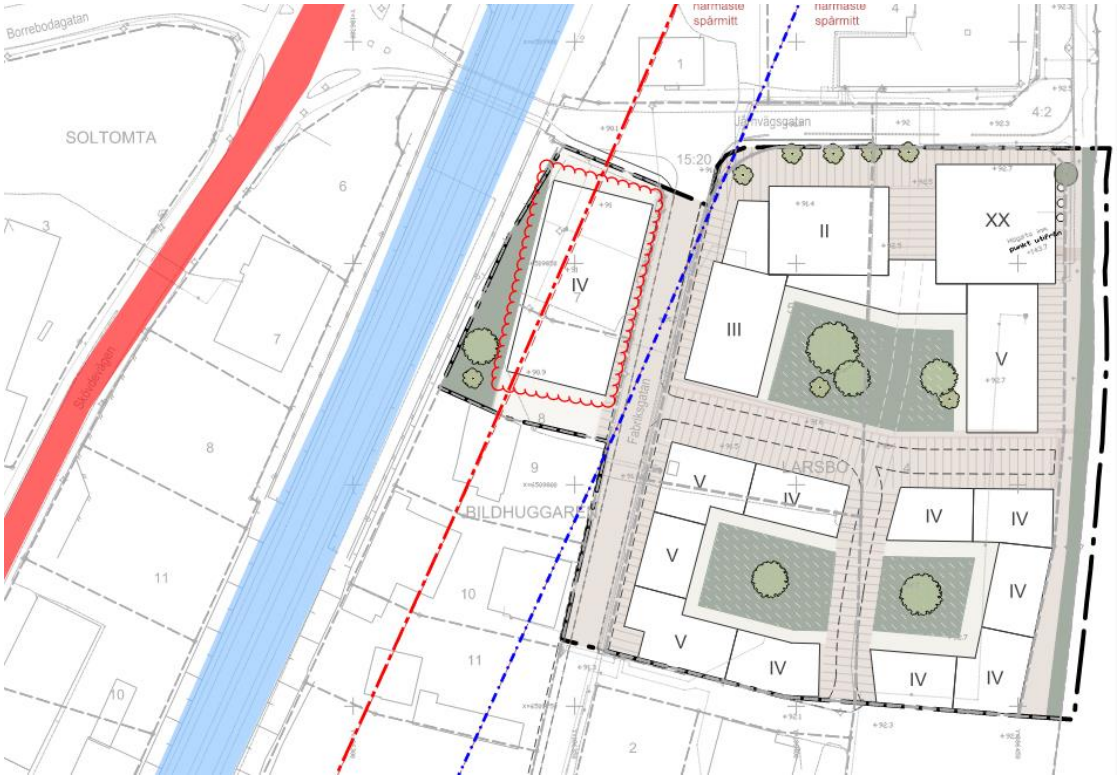
På andra sidan spårområdet sett från aktuell planområde är Väg 202 placerad. Vägen är placerade på ungefär samma höjd som berört område. Banvallen fungerar därmed som en naturlig skyddsvall mot vägen. I Figur 7 är Väg 202 fotograferad i riktning mot berört planområde. I fotot framgår även den silobyggnad som är placerad inom planområdet idag.



Figur 7. Väg 202 (rödmarkerad), spårområde (blåmarkerat).

3.2 Förändringar inom planområdet

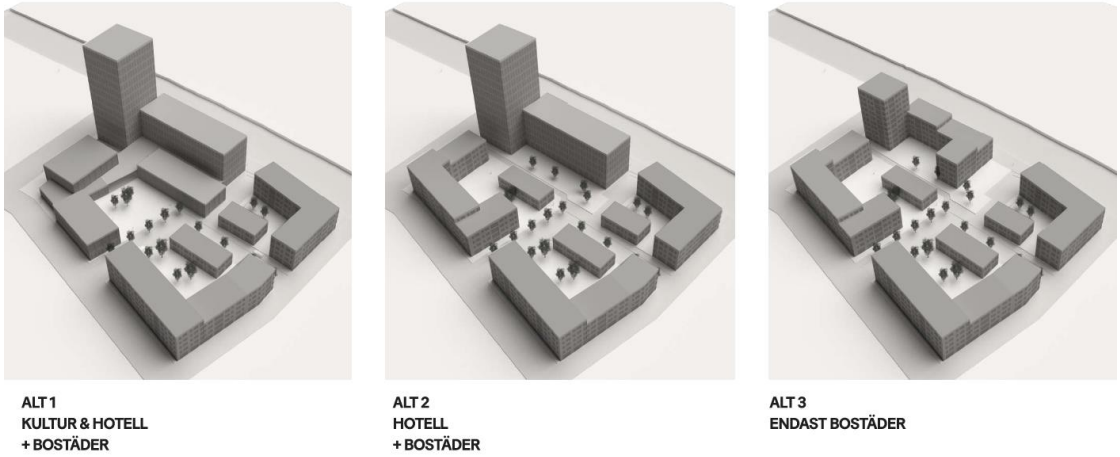
Denna riskbedömning upprättas i ett tidigt skede i planprocessen och detaljerad tänkt utformning av området är inte fastställd. Det finns en önskan om att inte låsa sig till en specifik utformning av byggnader och verksamheter i detaljplanen. I det bebyggelse- och plankoncept som upprättats ges dock exempel på byggnadsutformning, se Figur 8. I figuren framgår även spårområdets placering (blåmarkerat) och sträckning av Väg 202 (rödmarkerad). I figuren visas även skyddsavståndet 25 m(rödstreckad linje) respektive 50 m (blåstreckad linje) från närmaste spårmitt.



Figur 8. Exempel på utformning område.

Oavsett byggnads- och verksamhetsutformning så kommer bebyggelsen att placeras på ett avstånd som överstiger 50 m till närmaste spårmitt. Undantag från detta är ett eventuellt parkeringshus som, om det blir aktuellt, placeras på den befintliga ytparkeringsplatsen (rödmolnad).

I gestaltningsprogrammet lyfts dock flera möjliga utformningar fram, exempel på detta visas i Figur 9. Gemensamt för dessa förslag är eventuella högdelar placeras närmast Göta Kanal och därmed längst ifrån järnvägen.



Figur 9. Olika möjliga utformningar av området och bebyggelsen.

Av de föreslagna utformningarna så har alternativ 1 med samlingslokal, hotell och bostäder bedömts innebära den högsta persontätheten i området. En grov uppskattning av personbelastningen för det alternativet har genomförts av arkitekten baserat på verksamheterna och verksamhetsytorna och har beräknats till ungefär 870 personer. Beräkningarna bygger, där detta bedömts som applicerbart, på schablonvärden i BBR. Där sådant saknas, exempelvis för hotell, så bygger bedömningarna istället på andra tillgängliga källor. Någon avvägning över dygnet har inte gjorts vilket innebär att det beräknande värdet bör vara konservativt.

För att skapa flexibilitet i riskbedömningen så antas 1000 personer kunna befinna sig inom berört område. Persontätheten inom konsekvensområdet för respektive olycka som kan påverka berört område bedöms vara låg med hänsyn till den övriga bebyggelsen i området och till stor del domineras av personbelastningen i berört område.

Sedan upprättandet av dessa beräkningar så har konceptförslaget ändrats något med främst ett något större hotell. Brandkonsulten AB bedömer dock att uppskattningen om 1000 personer inom området samtidigt fortfarande utgör ett konservativt antagande.

3.3 Riskidentifiering

Riskidentifiering syftar till att identifiera riskkällor inom och utanför planområdet som kan hota något av de definierade skyddsobjekten.

Riskidentifieringen omfattar en beskrivning av respektive riskkälla samt en initial bedömning av deras möjliga bidrag till den övergripande riskbilden. Potentiella riskkällor som ej bedöms bidra till den totala risknivån avfärdas utan att genomgå den mer detaljerade riskuppskattningen.

3.3.1 Riskkällor inom planområde

Det förutsätts att verksamheterna inom detaljplaneområdet inte kommer utgöra riskkällor. Om det blir aktuellt med verksamheter inom planområdet som hanterar farligt gods eller andra riskkällor så ska dessa utredas separat.

3.3.2 Riskkällor utanför planområdet

Med riskkällor utanför planområdet avses sådana riskkällor som kan utgöra en fara för personer inom aktuellt planområde. För aktuellt detaljplaneområde har följande potentiella riskkällor utanför planområdet identifierats.

A. Farligt godstransporter Västra stambanan

Järnvägen Västra stambanan är en farligt godsled. På järnvägen transporteras ämnen av alla de nio farligt godsklasserna i varierande omfattning.

B. Urspårning Västra stambanan

För den personintensiva bebyggelsen uppgår skyddsavståndet till järnvägen till minst 50 m. För det eventuella parkeringshuset så uppgår dock skyddsavståndet till drygt 10 m.

I aktuellt spårområde finns ett antal växlar vilket innebär att sannolikheten för urspårning är något förhöjd. Risken bedöms dock vara hanterad i och med att hela sträckan som passerar parkeringshusets placering finns en perrong som kan förutsättas absorbera rörelseenergin hos ett urspårat tåg.

Denna riskkälla bedöms därmed vara hanterad och utreds ej vidare.

C. Väg 202

Väg 202 utgör rekommenderad sekundär farligt godsled. Vägen går mellan Mariestad och Karlsborg. Det finns önskemål i Törebodas översiktsprogram 2030 att den rekommenderade farligt godsleden ska passera söder om Töreboda istället för att som idag passera rätt genom stadskärnan. Då detta inte är fastslaget kommer dock befintlig utformning ligga till grund för riskbedömningen.

D. Verksamheter i närområdet

I Töreboda finns det verksamheter som hanterar ämnen som utgörs riskkällor. Exempel på detta är tankstationer, Källbergs industri AB och Moelven. Avståndet till dessa från berört område överstiger dock 250 m varför dessa riskkällor ej bedöms ha någon nämnvärd påverkan på området. Leveranser till dessa verksamheter sker dock via Väg 202 som passerar berört område och därmed behöver dessa farligt godstransporter beaktas.

Utöver ovanstående finns färgbutiken Happy Homes som har tillstånd att hantera brandfarlig vara men är belägen inom 30 m från berört planområde. Deras hantering är dock mycket begränsad och leveranserna sker i små partier varför denna riskkälla inte bedöms påverka risknivån.

E. Göta Kanal

Enligt uppgifter från Göta Kanalbolag AB så förekommer inga farligt godstransporter på kanalen. Denna riskkälla avskrivs därmed.

3.4 Riskkällor för vidare analys

Med utgångspunkt från den genomförda riskinventeringen bedöms följande riskkällor erfordra ytterligare analys.

- Farligt godstransporter på Väg 202
- Farligt godstransporter på Västra stambanan

4 Riskuppskattning

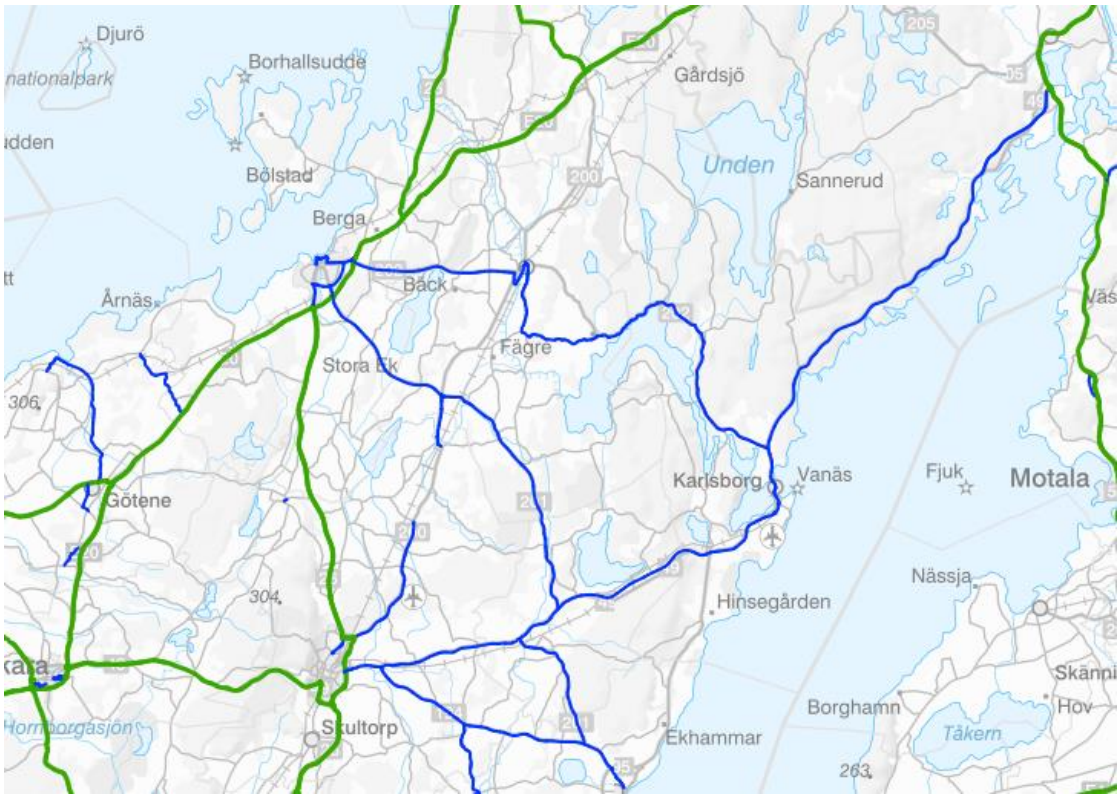
4.1 Transporter av farligt gods på Väg 202

Avståndet från vägen till parkeringshuset uppgår till ungefär 55 m. Avståndet från vägen till övrig tänkt bebyggelse uppgår till ungefär 100 m.

Det saknas detaljerad statistik avseende omfattning av farligt godstransporterna på vägen. Enligt det Handlingsprogram för förebyggande verksamhet och räddningstjänst som Räddningstjänsten Skaraborg upprättat så bedöms transporterna mestadels bestå av petroleumprodukter.

I tidigare upprättade riskbedömningar i närområdet längs Väg 202 har uppskattningar av farligt godstrafiken baserats på den undersökning som MSB genomförde år 2007, där antalet farligt godstransporter för flertalet rekommenderade farligt godsleder studerades under en månads tid. Till detta har sedan en nationell fördelning av farlig godstrafik applicerats.

Brandkonsulten AB bedömer utifrån en undersökning av vägens betjäningsområde att transporterna på vägen nästan uteslutande kan förutsättas omfatta transporterna till verksamheterna i Töreboda. De två andra större verksamhetsområdena längs vägen Mariestad och Karlsborg nås båda enklare via andra rekommenderade farligt godsleder oavsett om transporterna kommer norr eller söder ifrån och att transporter till dessa områden endast i undantagsfall kommer att passera Töreboda. I Figur 10 visas rekommenderade farligt godsleder i Skaraborg.



Figur 10. Rekommenderade farligt godsleder. Blå anger sekundär och grön anger primär farligt godsled.

För att bedöma omfattningen av farligt godstransporter på väg 202 har Brandkonsulten AB studerat verksamheterna i Töreboda och deras transporter. Brandkonsulten AB har utifrån platsbesök, kartsökningar och i dialog med räddningstjänsten identifierat följande verksamheter som möjliga mottagare av farligt gods:

- Ingo tankstation
- Happy homes
- Daloc
- Källbergs industri

- Q-star tankstation
- Moelven
- Hermanders

Av dessa är det endast Q-star som inte gått att nå för information om hanterad omfattning så antas den vara densamma som för Ingo-tankstationen. Då ingen av verksamheterna har kunnat ange vilken väg transporterna tar så antas det konservativt att respektive transport passerar Töreboda centrum två gånger och att ingen av transporterna är tomma. Detta bedöms som konservativt då flertalet transporter med stor sannolikhet tar vägen via Mariestad och vänder tillbaka efter leverans.

Verksamheternas hanterade mängd presenteras i Tabell 1 nedan och framgår även i Figur 4.

Tabell 1. Kartläggning transporter av farligt gods genom Töreboda.

Verksamhet	Omfattning farligt godsleveranser
Ingo tankstation	Diesel ca 75 leveranser om året Bensin ca 75 leveranser om året Etanol E85, mycket begränsad omfattning
Happy homes	Mycket begränsad omfattning
Daloc	65 m^3 olja per år, antal leveranser okänt
Källbergs industri	Gasol, ca 40 leveranser om året. 30 ton per leverans.
Q-star tankstation	Diesel ca 75 leveranser om året Bensin ca 75 leveranser om året
Moelven	Diesel, ca fyra leveranser om året. 5 m^3 per leverans. UN3412, faroklass 8, ca 17 leveranser per år. 5 ton per leverans.
Hermanders	Mycket begränsad omfattning

Med hänsyn till skyddsavståndet mellan vägen och tänkt bebyggelse som kommer att uppgå till som minst ungefär 50 m, så innebär det att de flesta olyckstypers konsekvensområden inte når fram till berört planområde. Då det endast är transporterna av tryckkondenserad gasol som har ett konsekvensområde som innefattar berört område så är det endast dessa transporter som studeras vidare i denna riskbedömning.

4.1.1 Frekvens och konsekvens

För respektive scenario har frekvens och konsekvens beräknats. Sannolikhetsberäkningarna och konsekvensberäkningarna i Appendix.

Förväntat antal omkomna vid en olycka är en grov bedömning och ska inte ses som ett definitivt värde.

4.2 Transporter av farligt gods på Västra stambanan

I Trafikverkets prognos för antalet transporter på berörd sträcka för år 2040 har antalet godstransporter uppskattats uppgå till knappt 60 om dagen. Denna trafikmängd används som underlag i beräkningarna.

Nationell statistik från 2016 anger att ungefär 5 % av den totala transporterade godsmängden utgjordes av farligt gods. Detta omfattar även transporter på dedikerade spår för exempelvis transporter mellan oljehamnar och oljecisterner varför värdet 5 % bedöms som ett konservativt antagande. Ovanstående innebär att det på ett år kan förväntas ske ungefär 1095 farligt gods-transporter på berört spåravsnitt år 2040. Antalet vagnar per tåg har antagits vara 32 st. Detta värde har använts som ett konservativt antagande vid tidigare riskanalyser. Någon nationell eller områdes-specifik statistik finns ej att tillgå.

Fördelningen av respektive typ av farligt gods utgår även den från nationell statistik. Vid en kart-läggning under en femårsperiod 2013-2017 noterades följande fördelning, i den högre kolumnen anges vad denna fördelning innebär i förväntat antal transporter innehållande respektive farligt gods som antas passera varje år.

Tabell 2. Nationell statistik transporter farligt gods, järnväg.

Klass	Andel	Antal transporter per år
1. Explosiva ämnen och föremål	< 0,001 %	-
2. Gaser	26,3 %	288
3. Brandfarliga vätskor	38,9 %	425
4. Brandfarliga fasta ämnen	4,3 %	47
5. Oxiderande ämnen	15,2 %	166
6. Giftiga ämnen	2,1 %	23
7. Radioaktiva ämnen	0,01 %	-
8. Frätande ämnen	13,9 %	152
9. Övrigt	0,3 %	3

Klass 2 - *Gaser* delas upp i tre delklasser Klass 2.1 (*Brandfarliga gaser*), Klass 2.2 (*Icke brandfarliga, icke giftiga gaser*) och Klass 2.3 (*Giftiga gaser*). I den statistik som Brandkonsulten AB har fått ta del av har det inte skett någon uppdelning i delklasserna. Räddningsverket (2006) har dock genomfört en kartläggning av farligt godstransporter på vägar i hela landet. Baserat på mätningen som ägde rum i september 2006 har Brandkonsulten AB bedömt fördelningen inom Klass 2 enligt Tabell 3.

Tabell 3: Fördelning inom Klass 2 (*Gaser*).

ADR-klass	Fördelning enligt kartläggning 2006
2.1 Brännbara gaser	28,9 %
2.2 Icke brännbara, icke giftiga gaser.	70,7 %
2.3 Giftiga gaser	0,4 %

Brännbara gaser innebär t ex transporter av gasol och aerosoler. En olycka med brandfarlig gas skulle kunna ge upphov till en jetflamma samt BLEVE och det finns risk att människor får bränn- och splitter-skador som följd av olyckan. Konsekvensområdet begränsas normalt till närområdet, men en BLEVE kan ge effekter på flera hundra meter. Ett utsläpp av brandfarliga gaser kan komma att påverka fastigheten och konsekvensen av en sådan olycka studeras därför i denna riskanalys.

Icke brandfarliga, icke giftiga gaser innebär t ex transporter av gaser under högt tryck. Om det sker läckage av dessa gaser i stängda utrymmen kan gaserna tränga undan syret i rummet och därmed skapa en syrefattig miljö. En annan konsekvens av läckage är köldskador eftersom gaserna transporteras nedkylda. Denna risk avtar avsevärt med avståndet och erfarenhetsmässigt bedöms risken på mer än 25 meters avstånd vara försumbar. Ingen vidare analys av detta bedöms därmed krävas.

Giftiga gaser innebär t ex transporter av klorgas, ammoniak och en olycka kan ge upphov till ett giftigt gasmoln som kan komma att påverka människorna inom byggnaden. Konsekvensen och konsekvensområdet påverkas av typ av ämne, typ av utsläpp samt väderförhållanden. Konsekvensen av ett utsläpp kan bli allvarlig för personer som vistas inom berörd fastighet och därför kommer denna risk att analyseras vidare.

Brandfarliga vätskor är de vätskor vilkas flampunkt är lika med eller lägre än 100˚C. Exempel på brandfarliga vätskor är bensin, eldningsolja, E85, alkoholer och många lösningsmedel. En olycka med ett tåg som transporterar *Brandfarliga vätskor* kan ge upphov till en pölbrand. Konsekvensen av en pölbrand har ett konsekvensområde som generellt antas understiga 40 meter varför denna risk inte analyserad vidare.

Explosiva ämnen och föremål innebär t ex transporter av ammunition, sprängämnen och pyrotekniska föremål. En olycka med massexplosiva ämnen skulle kunna ge upphov till en explosion, vilken i sin tur kan komma att påverka berörd fastighet. Transporterna av explosiva föremål förväntas vara mycket begränsad. Med hänsyn till de stora konsekvenserna så kommer detta scenario analyseras vidare trots den förväntat låga transportmängden.

Risken för personskador inom berörd fastighet vid en olycka av ett tåg som transporterar *Brandfarliga fasta ämnen, Oxiderande ämnen*, *Organiska peroxider, Giftiga och smittfarliga ämnen*, Radioaktiva ämnen, *Frätande ämnen* och *Övriga farliga ämnen och föremål* anses vara av liten risk eftersom konsekvensområdet vid sådana utsläpp bedöms vara relativt korta och enbart påverka närområdet vid utsläppskällan.

Transporter av Klass 4, Klass 5, Klass 6, Klass 7, Klass 8 och Klass 9 bedöms ha ett försumbart riskbidrag i och med de begränsade konsekvensområden och/eller den begränsade omfattningen med vilka de transporteras på järnvägen och kommer därför inte att beaktas vidare i denna riskbedömning. Explosiva ämnen och föremål (klass 1), brännbara gaser och giftiga gaser (klass 2) samt brandfarlig vätska (klass 3) analyseras vidare.

4.2.1 Frekvens och konsekvens

För respektive scenario har frekvens och konsekvens beräknats. Sannolikhetsberäkningarna återfinns i Appendix A och konsekvensberäkningarna i Appendix B-E.

Förväntat antal omkomna vid en olycka är en grov bedömning och ska inte ses som ett definitivt värde.

5 Riskvärdering

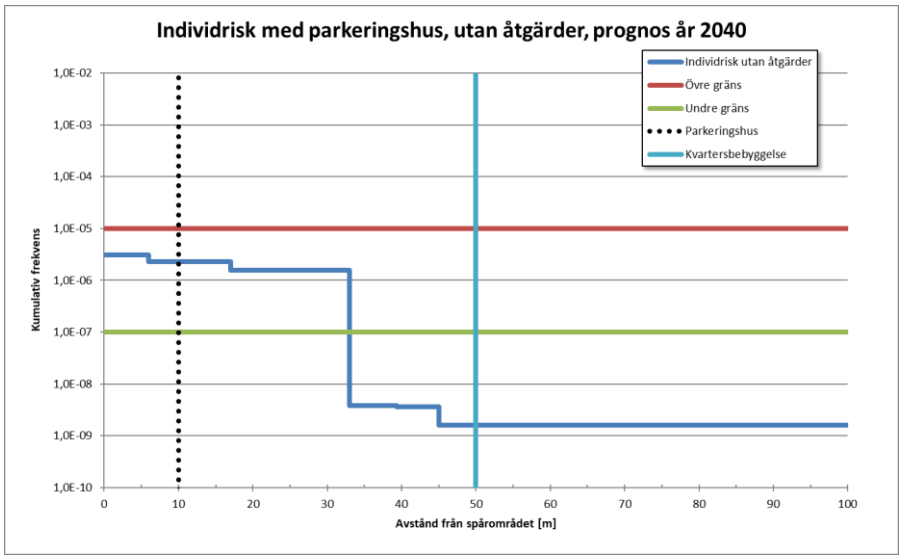
Då de två studerade riskkällorna befinns sig på samma sida om planområdet så kan deras riskbidrag summeras. Risknivån har sedan normerats till mitten av det järnvägsspår som ligger närmast planområdet.

Det finns ett önskemål om att utreda möjligheten att bygga ett parkeringshus mellan spårområdet och det övriga bebyggelseområdet. Beräkningarna av samhällsrisk delas upp i två alternativ där det ena är med parkeringshus och det andra är utan. För beräkningar av individrisk så görs antagandet att parkeringshuset inte byggs, detta är konservativt då parkeringshuset är gynnsamt ur risksynpunkt eftersom det fungerar som en barriär mellan riskkällan och delar av området.

5.1 Individrisk

Individrisk är ett mått på risken för att en individ omkommer om den vistas på en specifik plats i ett år. Generellt innebär detta att individrisken är beroende av på vilket avstånd från riskkällan man befinner sig.

Figur 11 redovisar individrisken som diagram över risknivån som funktion av avstånd från närmaste spårmitt.



Figur 11. Individrisk, utan vidtagna riskreducerande åtgärder.

Individrisken hamnar inom ALARP-området inom ett avstånd från närmaste spårmitt om drygt 30 m. Olyckscenariot med utsläpp av brandfarlig vätska är dominerande för risknivån inom detta avstånd medan risken för giftig gas ger störst bidrag på avstånd bortom dessa. Observera att individrisken i beräkningarna inte påverkas av byggnationen av parkeringshuset.

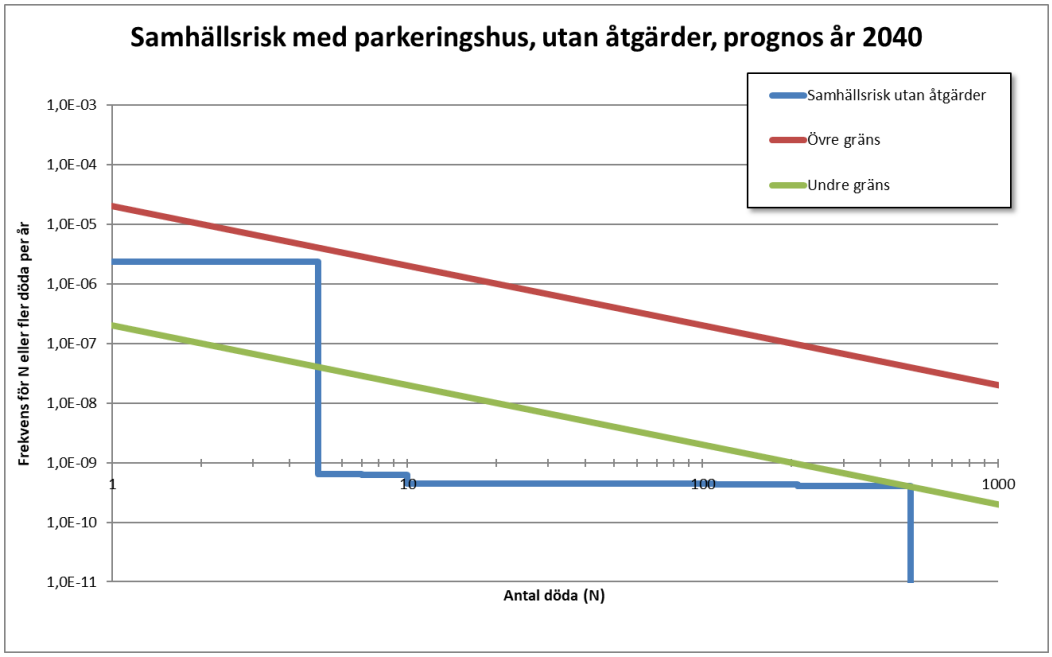
Då parkeringshuset planeras på ett avstånd inom 30 m från spårområdet så bör riskreducerande åtgärder fokusera på att begränsa konsekvenserna av olyckor som innefattar brandfarlig vätska. Brandkonsulten AB bedömer att rimliga åtgärder för parkeringshuset är att utföra fasaden som vetter mot spårområdet obrännbar samt att möjliggöra utrymning bort från spårområdet.

5.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken är till stor del beroende av antalet personer som vistas inom det studerade skadeområdet. Värderingen av samhällsrisk har avgränsats till att endast omfatta planområdet och de personer som vistas inom detsamma. En samhällsrisk beräknas för en utformning med parkeringshus intill järnvägen och en samhällsrisk beräknas för enbart kvartersbebyggelsen.

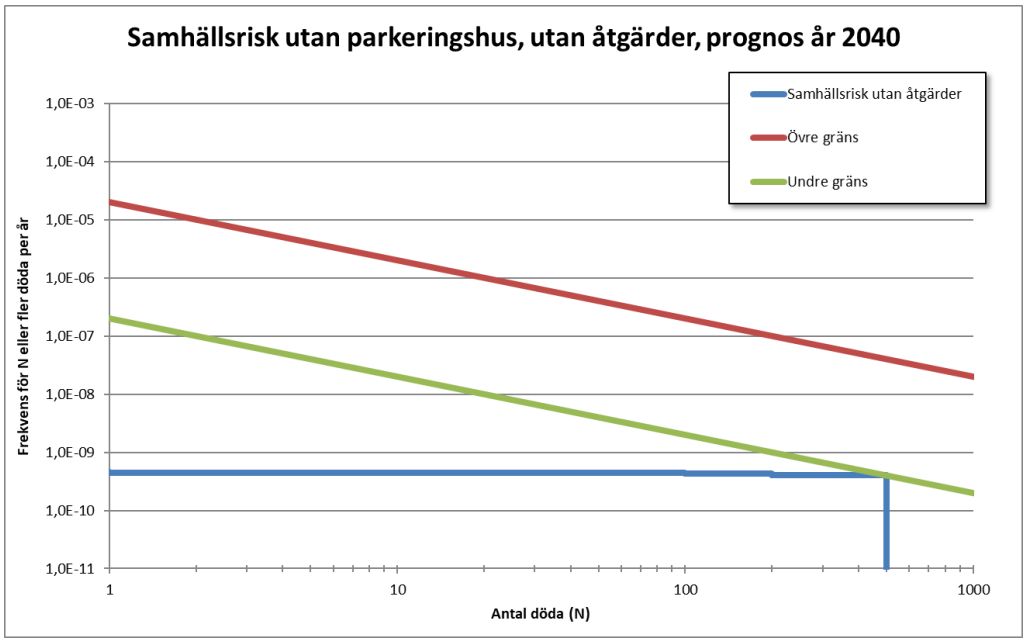
Antaganden om personbelastning och utformning av området har valts konservativ och tagit höjd för att utformningen av bebyggelsen och verksamheten kan bli annorlunda än förslaget i bebyggelseplanen. Beräkningarna har utgått ifrån en genomsnittlig personbelastning om 1000 personer inom planområdet och där persontätheten är förskjuten mot spårområdet. Detta innebär flexibilitet i utformningen av området och placering av olika verksamheter. Ur ett riskperspektiv är det dock fördelaktigt att förlägga personintensiva eller svårutrymda byggnader så långt från spårområdet som möjligt.

I Figur 12 visas samhällsrisken med en utformning med parkeringshus och i Figur 13 visas samhällsrisken för en utformning utan parkeringshus.



Figur 12. Samhällsrisk med parkeringshus, utan vidtagna riskreducerande åtgärder.

Störst utslag för samhällsrisken får olyckscenarion med brandfarlig vätska som påverkar personer inom parkeringshuset. För personer inom kvartersbebyggelsen är olycksscenariot med utsläpp av giftig gas dimensionerande.



Figur 13. Samhällsrisk utan parkeringshus, utan vidtagna riskreducerande åtgärder.

För en utformning av området utan parkeringshus så är ett utsläpp av giftig gas det som innebär att risknivån hamnar inom ALARP-området.

6 Riskreduktion

I tidigare avsnitt i riskbedömningen har det konstaterats att risknivån för aktuellt planområde erfordrar riskreducerande åtgärder vilka presenteras i följande avsnitt. De föreslagna riskreducerande åtgärderna anses av Brandkonsulten AB vara rimliga att vidta med hänsyn till riskreducerande effekt samt bedömd kostnad i relation till nytta.

För parkeringshuset så är scenariot med brandfarlig vätska dimensionerande för risknivån och innebär att både individrisken och samhällsrisken hamnar inom ALARP-området. För att hantera detta bedömer Brandkonsulten AB att en rimlig riskreducerande åtgärd är att utföra parkeringsgaragets fasad obrännbar samt att möjliggöra utrymning bort från spårområdet. Dessa åtgärder har gynnsamma effekter på risknivån även för de övriga olyckscenarierna.

För kvartersbebyggelsen så är scenariot med giftig gas dimensionerande för risknivån. För att hantera detta bedömer Brandkonsulten AB att en rimlig riskreducerande åtgärd för dessa byggnader är placera friskluftsintag högt eller bort från spårområdet samt att möjliggöra utrymning som inte vetter mot spårområdet. Möjligheten att utrymma bort från området bör även möjliggöras för utemiljöer.

Effekten av de riskreducerande åtgärderna presenteras för respektive olycksscenario i appendix A-F och presenteras i individ- och samhällsriskgrafer.

6.1 Riskreducerande åtgärder

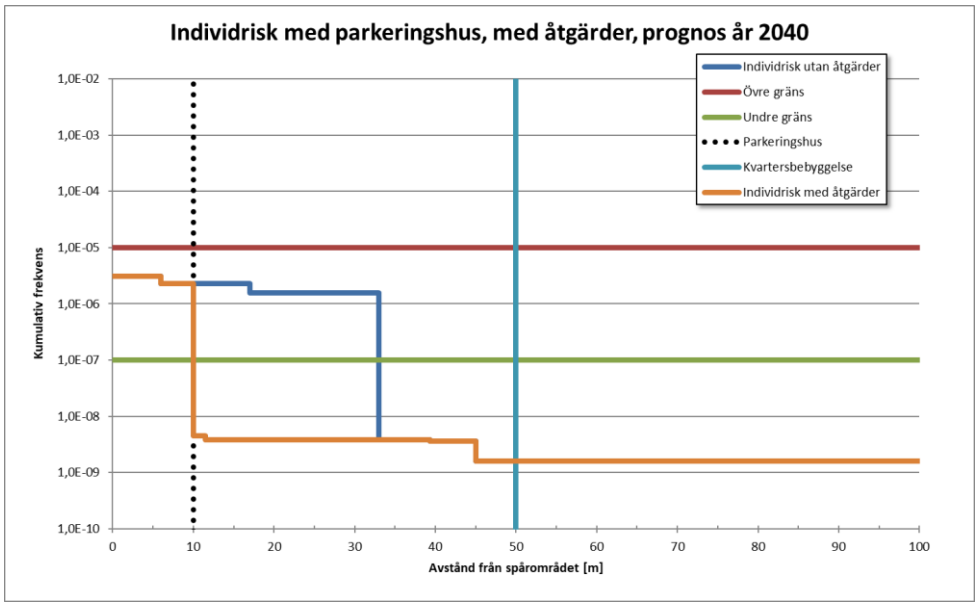
- Fasader inom 35 m som vetter mot spårområdet utförs med obrännbart material.
- Friskluftsintag inom 75 m från spårområdet placeras högt eller bort från spårområdet. Detta gäller dock inte parkeringshus med hänsyn till det förväntade låga personantalet där.
- Utrymning från byggnader inom 75 m från ska vara möjlig i annan riktning än mot spårområdet.

En förutsättning för beräkningarna har dessutom varit att byggnader placeras på ett avstånd som överstiger 50 m från närmaste spårmitt. Detta gäller dock ej för parkeringshuset där beräkningarna bygger på en placering som uppgår till 10 m från närmaste spårmitt.

6.2 Verifiering av riskreducerande åtgärder

I föreliggande avsnitt görs en verifiering av de föreslagna riskreducerande åtgärderna. Verifieringen har utförts genom beräkningar av individ- och samhällsrisk för vidtagna åtgärder. Samhällsrisken har återigen beräknats för en utformning med parkeringsgarage och en utan. Beräkningsgång och antaganden presenteras i appendix B-F.

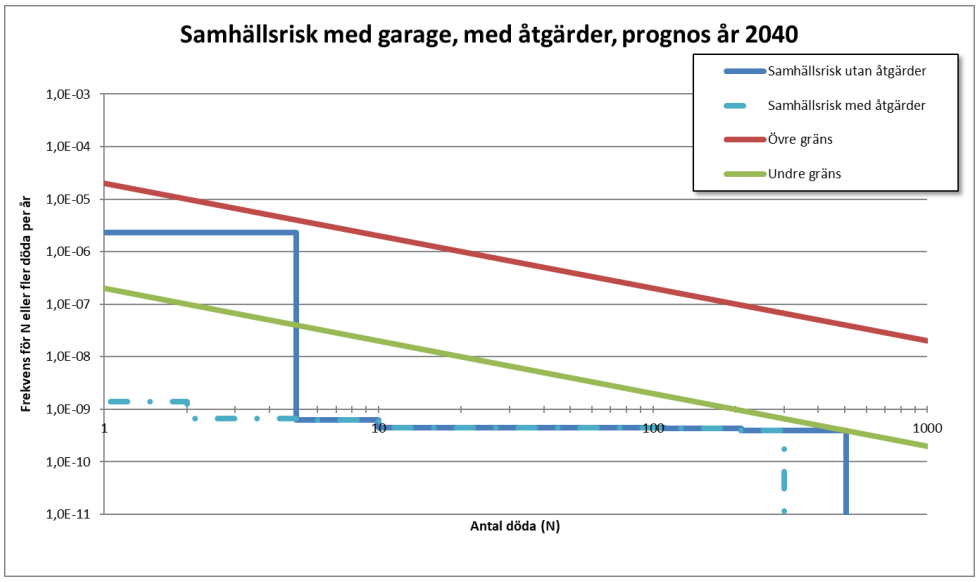
Individrisken efter vidtagna åtgärder presenteras i Figur 14.



Figur 14. Individrisk med vidtagna åtgärder.

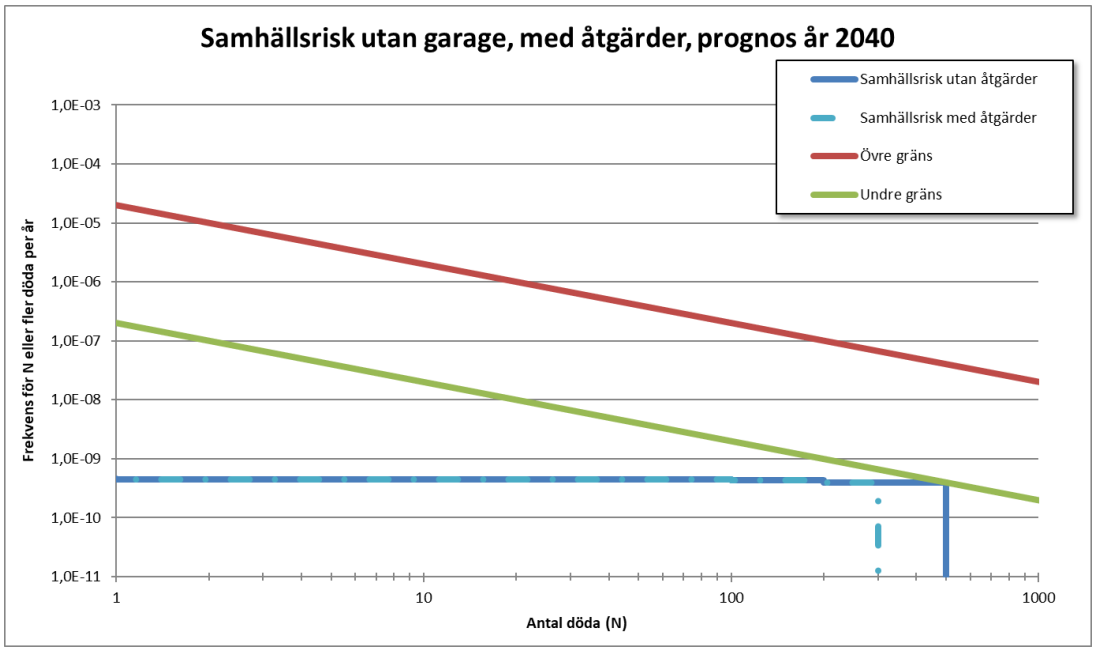
Genom att utföra fasaden av parkeringshuset obrännbar samt att säkerställa att personer kan ta sig i en riktning bort från spårområdet vid en olycka så hamnar individrisken under ALARP-nivån. Observera att reduktionen av individrisknivån följer placeringen av parkeringshusets fasad.

Samhällsrisken för en utformning med parkeringshus och med vidtagna riskreducerande åtgärder presenteras i Figur 15.



Figur 15. Samhällsrisk med parkeringshus, med vidtagna riskreducerande åtgärder

Samhällsrisken för en utformning utan parkeringshus och med vidtagna riskreducerande åtgärder presenteras i Figur 16.



Figur 16. Samhällsrisk utan parkeringshus, med vidtagna riskreducerande åtgärder

Om de föreslagna riskreducerande åtgärderna vidtas så hamnar risknivån för både individ- och samhällsriken under ALARP-nivån. Detta ligger i linje med de riktlinjer som upprättats av Hallands länsstyrelse samt Stockholms länsstyrelse och korrelerar även väl med slutsatserna i de två studerade riskbedömningarna som tidigare upprättats för områden i Töreboda.

7 Hantering av osäkerheter

Vid analys av risker måste osäkerheter i indata och bedömningar särskilt beaktas. I arbetet med utförda bedömningar och beräkningar har detta inneburit att statistikuppgifter avseende mängder transporterat farligt gods angivna i form av intervall som erhållits från Räddningsverket och övriga rapporter har och ska beaktas med försiktighet. Brandkonsulten AB har generellt sett valt att vara konservativ i bedömningarna. I analysen gjorda bedömningar kan således komma att ändras med ytterligare och förbättrad information.

Brandkonsulten AB har utöver det varit konservativ i antaganden om möjlig utformning av området där det förutsatts höga personantal och en persontäthet förskjuten mot den del av området som ligger närmast spårområdet.

8 Slutsats

Om följande riskreducerande åtgärder vidtas anser Brandkonsulten AB att risknivån i området är acceptabel:

- Fasader inom 35 m som vetter mot spårområdet utförs i obrännbart material.
- Friskluftsintag inom 75 m från spårområdet placeras högt eller bort från spårområdet. Detta gäller dock inte parkeringshus med hänsyn till det förväntade låga personantalet där.
- Utrymning från byggnader inom 75 m från ska vara möjlig i annan riktning än mot spårområdet.
- Byggnader placeras minst 50 m från närmaste spårmitt. Detta gäller dock inte parkeringshus med hänsyn till det förväntade låga personantalet där.

9 Referenser

Davidsson, G., Lindgren, M., & Mett, L. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens räddningsverk.

Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics*. Third edition. USA: John Wiley & Sons.

IEC (International Electrotechnical Commission). (1995). *Dependability management - part 3: Application guide - section 9: Risk analysis of technological systems.* IEC 300-3-9 1995.

Länsstyrelsen Stockholm (2016). *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*. Rapport 2016:4, Stockholm: Länsstyrelsen Stockholms.

MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). (2011). *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*. MSBFS 2011:1.

Olsson, S. & Wasting, M. (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer*. Rapport 2000:1, Stockholm: länsstyrelsen i Stockholms län.

Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter, September 2006.*

Räddningsverket (2003). *Handbok för riskanalys.*

Statens institut för kommunikationsanalys, (2005), *SIKA Rapport 2005:9, Prognoser för godstransporter år 2020.*

Slettenmark, O. (2003). *Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?* Rapport 15:2003, Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.

SRV (Statens räddningsverk). (2010). *Farligt gods – riskbedömning vid transport*. Karlstad: Statens räddningsverk.

Thomas, P.H. (1963). *The size of flames from natural fires*. Symposium (International) on Combustion, volym 9, nummer 1.

Trafikverket. (2015). *NVDB på webb*. Interaktiv karta [elektronisk], tillgänglig: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>, [Hämtad: 2024-02-09].

Appendix A Frekvens- och konsekvensberäkningar Väg 202

A.1 Frekvens för trafikolycka med farligt godsfordon

I detta avsnitt presenteras en frekvensanalys avseende trafikolyckor med farligt godsfordon. Den erhållna frekvensen anger det förväntade antalet trafikolyckor per år där farligt godstransporter är inblandade. Det beräknade värdet kan därmed användas som en grundläggande parameter i den vidare analysen Observera att detta endast innebär frekvensen för trafikolycka som inkluderar farligt godstransporter och inte utsläpp och/ eller eventuella följdverkningar av olyckan, dessa frekvenser hanteras inom konsekvensberäkningsavsnittet.

För att kunna göra beräkning av frekvens för farligt godsolycka på väg enligt VTI-modellen krävs information kring tre huvudsakliga kategorier:

- Det totala antalet singel- och kollisionsolyckor på det aktuella vägavsnittet.
- Det totala trafikflödet på vägavsnittet (även kallat årsmedeldygnstrafik, ÅDT).
- Andelen fordon av det totala trafikflödet som är skyltade med farligt gods.

A.1.1 Antal singel- och kollisionsolyckor

Antalet singel- och kollisionsolyckor på vägavsnittet kan om tillräcklig statistik saknas skattas med hjälp av en metod framtagen av SRV (1996). Beräkningen sker enligt nedan.

$$O = olyckskvot \cdot trafikarbete \qquad \text{(Ekv 1)}$$

där;

O = antalet förväntade singel- och kollisionsolyckor

Olyckskvot = tabellvärde baserat på bebyggelse, vägtyp och hastighetsbegränsning.

$$Trafikarbete = ÅDT \cdot 365 \cdot vägdelens\ längd\ i\ kilometer \cdot 10^{-6} \qquad \text{(Ekv 2)}$$

A.1.2 Totala trafikflödet (ÅDT)

Det årliga dagstrafikflödet på aktuellt vägavsnitt har mätts kontinuerligt och legat kring 5500-6000 de senaste 20 åren. Den bebyggelse som planeras i och med detaljplaneändringen förväntas öka trafiken i området. Med hänsyn till att antalet farligt godstransporter bygger på data från verksamheterna längs vägen och inte på en andel av transportarbetet på vägen så innebär ett lägre ÅDT en högre frekvens farligt godsolyckor. Brandkonsulten AB nyttjar därför, konservativt, värdet 5500 fordon som ett värde för förväntad transportmängd 2040.

A.1.3 Andelen fordon som är skyltade med farligt gods

Det är endast gasoltransporterna som är av intresse i denna riskutredning med hänsyn till att konsekvensområdet för övriga transporter inte når fram till planområdet.

Verksamheten har uppskattat att transporterna kan komma att öka med 20% till 2030 då de står inför en expanderande fas. Utifrån detta antas antalet transporter år 2040 att öka med 25 % från idag. Det innebär 50 transporter per år eller 0,13 transporter om dagen. Samtliga dessa antas passera berört område två gånger vilket innebär 0,26 transporter om dagen.

A.1.4 Beräkning av antalet trafikolyckor med farligt gods

För att slutligen skatta frekvensen för trafikolyckor med farligt godsfordon används nedanstående beräkning (SRV, 1996).

$$Olyckor\ med\ farligt\ godsfordon/år = O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2)) \qquad \text{(Ekv 3)}$$

där;

O = antalet olyckor på vägavsnittet = Ekv 1.

Y = andelen singelolyckor på vägavsnittet (tabellvärde).

X = andelen transporter skyltade med farligt gods.

Området inom vilket olycksfrekvensen analyseras betraktas som tätort. Det aktuella avsnittet av vägen har en hastighetsbegränsningen 50 km/h. Enligt tabellvärden i SRV (1996) ger detta en olyckskvot på 1,20 och andel singelolyckor på 0,15. Ett värsta trolig konsekvensområde av olycka med brandfarlig gas har beräknats till 105 m. Som ett konservativt antagande studeras dock hela vägsträckan inom 150 m från kvartersbebyggelsen. Det innebär en total vägsträcka om sammanlagt 300 m, se Figur 17.

Figur 17. Studerad sträcka för olyckor på Väg 202.

Tabell 4 redovisar en sammanställning av indata för år 2040 samt beräkningsresultat med insättning i Ekv 1, 2 och 3.

Tabell 4: Indata för beräkning av frekvens för farligt godsolycka för 2040.

	Väg 202, år 2040
Vägtyp, hastighetsgräns	Trafikled, 50 km/h
Vägavsnittets längd	0,3 km
ÅDT	5500
Trafikarbete (Ekv 2)	0,46
Olyckskvot (ur tabell)	1,20
Antal trafikolyckor/år (O, Ekv 1)	**0,72 olyckor/år**
Andel singelolyckor (Y, ur tabell)	0,15
Andel fordon skyltade med farligt gods (X)	0,26/5500 = 0,000047
Frekvensen för trafikolyckor gasoltransporter	**0,000033**

Ovanstående beräkningar visar att frekvensen för trafikolyckor som involverar gasoltransporter på vägen förbi planområdet är ca $3{,}3 \cdot 10^{-5}$ olyckor per år. Detta innebär att det på platsen förväntas ske en trafikolycka med farligt godsfordon på ca 30030 år.

A.2 Konsekvenser vid brandfarlig gas

Beräkningar har genomförts i programmet *Gasol* för att undersöka vilka konsekvenser utsläpp av gasol som antänder har mot berörd byggnad. Då lagringsvolymen i tankbilarna som levererar Gasol till Källbergs Industri är av samma storleksordning som tankarna på järnvägstrafiken så nyttjas beräkningarna för dessa, se appendix D, även för tankbilarna.

A.3 Resultat

Nedan presenteras skaderadien samt förväntat antal döda för respektive scenario. Det är endast scenariot med flygande styckegods och BLEVE som har ett konsekvensområdet som når fram till tänkt bebyggelse. Olyckscenariot BLEVE har ett konsekvensområde som precis når fram till kvartersbebyggelsen. Endast personer som befinner sig i delar som vetter direkt mot vägen samt personer inom parkeringshuset förväntas omkomma i en sådan olycka. Med de konceptförslag som presenterats för bebyggelsen innebär det att personer inom lägenheter som vetter mot Väg 202 påverkas. För att skapa flexibilitet riskbedömningen så antas dock bebyggelsen i denna yta kunna utgöras av mer personintensiv verksamhet så som kontorsbebyggelse med en betydande del glasfasad. Som ett konservativt antagande antas 100 personer omkomma inom kvartersbebyggelsen och samtliga personer inom parkerings parkeringshuset (10 personer). Sammanställning för olycksscenariona redovisas i Tabell 5.

Tabell 5: Skaderadie för respektive scenario.

	Liten jetflamma	Mellan jetflamma	Stor jetflamma	Styckegods	BLEVE
Skaderadie [m]	4	12	39	200	105
Antal omkomna med parkeringshus [st]	0	0	0	2	110
Antal omkomna utan parkeringshus [st]	0	0	0	1	100
Antal omkomna med parkeringshus och med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	0	1	110
Antal omkomna utan parkeringshus men med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	0	2	100

Dessa avstånd skalas sedan om till att, istället för vägen, utgå från tågspårets mitt närmast planområdet. Det innebär ett konsekvensområde räknat från spåret på 152 meter för styckegods och 57 m för BLEVE.

Appendix B Järnväg

Beräkning av frekvens för olycka med farligt gods på Västra Stambanan har gjorts med VTI-modellen (SRV, 1996). Respektive beräkning genomförs i två steg. I det första steget skattas frekvensen för urspårning. I det andra steget skattas sannolikheten för uppkomst av hål med olika storlekar (givet en olycka) och därmed olika utsläppsflöden.

Utifrån tid för utsläpp eller begränsning i mängd kan sedan det totala utsläppet uppskattas.

B.1 Frekvensberäkning

Nedanstående indata har nyttjats för beräkningen och kommentar till respektive antagande finns i nedanstående avsnitt.

Avsnittets längd har antagits till ungefär 400 m. Detta värde beräknas genom att studera hur stor spårlängd som ligger inom 150 meter från fastigheten, se Figur 18. Studerad sträcka av järnvägen..

Figur 18. Studerad sträcka av järnvägen.

Tabell A1. Sammanställning av indata som använts för att beräkna olycksfrekvensen på Västra Stambanan enligt VTI-modellen (SRV, 1996).

Beskrivning	Beteckning	Värde	Storhet
Avsnittets längd	S	0,384	km
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar	TAF	3	st
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, alla vagnar	TAV	96	st
Urspårningstal, boggievagnar	Utif	8,00E-10	x
Urspårningstal, normalgodsvagnar	Utig	1,80E-09	x
Urspårningstal, ej spårfel, boggievagnar	UTOf	4,00E-09	x
Urspårningstal, ej spårfel, normalgodsvagnar	UTOg	8,70E-09	x
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon, per plankorsning	FKV (i)	0	st
Antal plankorsningar med bommar	PK1	0	st
Antal plankorsningar med ljud och ljus	PK2	0	st
Antal plankorsningar utan skydd	PK3	0	st
Antal tåg med farligt gods per år (år 2040)	AT	1095	st

Antalet vagnar per tåg har antagits vara 32 st. Detta värde har uppskattats utifrån tidigare erfarenheter av riskanalyser på järnväg. Denna siffra kan givetvis variera mellan olika tillfällen och transporter. Varje vagn antas i medeltal bestå av 3 vagnaxlar.

Urspårningstalen är tabellvärden utifrån spårförutsättningar och olika typer av fel. I använda värden är alla olika typer av fel inkluderade.

Då antagandet gjorts att farligt godsvagnarna är utspridda och övervägande antal vagnar är ”annat” gods än farligt gods har nedanstående formel använts för beräkning av frekvens för urspårning.

Tåg med övervägande antal vagnar utan farligt gods:

Urspårning F(1) =AT x S x (TAF x 2,5 x (UTif+UTOf)+(UTig+UTOg) x 2/ TAV)

Med insatta värden enligt tabellen ovan erhålls frekvens för urspårning av vagnar med farligt gods inom studerat spåravsnitt:

F(1)$_{\text{framtidsprognos 2040}}$ **= 1,59E-05**

B.2 Sannolikheter för skadeutfall och konsekvenser

För att beräkna skadeutfallet givet en olycka ska den skattade olycksfrekvensen multipliceras med det sannolika skadeutfallet i form av skador på tanken. Skadorna har delats in i tre olika storleksklasser; liten, medelstor och stor skada. Sannolikhet för respektive utfall återfinns i Tabell A2 (SRV, 1996).

Tabell A2. Utdrag från SRV (1996) som redovisar sannolikheten för olika skadefall.

Skadeföljder, tunnväggig tank	Liten skada	Medelstor skada	Stor skada
Tåg och fordonsfärd	0,25	0,04	0,01
Skadeföljder, tjockväggig tank	**Liten skada**	**Medelstor skada**	**Stor skada**
Tåg och fordonsfärd	0,01	0,01	0,01

Som ett mycket konservativt antagande så förutsetts samtliga transporter ske med tunnväggig tank. Sannolikheten för ett skadefall med BLEVE är dock satt lägre till 0,001.

Sannolikhet för antändning/detonation

För utsläpp av brandfarlig gas respektive brandfarlig vätska har sannolikheten för antändning av ett utsläpp valts till 0,5 (SRV, 1996). För BLEVE har bedömningen av antändning vägts in i den bedömda sannolikheten för att scenariot ska inträffa. Sannolikhet för antändning sätts till 0,03.

Dessa antagande presenteras närmare i respektive olyckstyps avsnitt.

Sannolikhet för olycka/vind riktad mot området

För beräkningar avseende jetflamma (brandfarlig gas) och giftig gas har olyckorna i 50 % av fallen antagits vara riktade mot området, i resterande fall bort från området och antas då inte medföra någon konsekvens.

För övriga scenarier har denna sannolikhet satts till 1 eftersom de bedömts vara oberoende av riktning.

Reduktion för spridningsvinkel

Reduktion för spridningsvinkel har gjorts för olyckor med brandfarlig gas i form av styckegods. Sannolikheten för att träffas vid olycka med styckegods kan anses relativt liten även om det sker en olycka då det krävs att personer träffas av en flygande gasflaska/splitter för att ett skadefall ska inträffa. Sannolikheten att träffas är svår att uppskatta men för att kunna beräkna risknivån har sannolikheten att träffas av en flygande flaska bedömts till 0,28 %, baserat på att en flygande flaska antas kunna påverka en cirkelsektor med vinkel 1° (1/360=0,0028).

Appendix C Konsekvenser vid giftig gas – järnväg

Beräkningar har genomförts i programmet *Spridning i Luft*, som är en del i RIB, för att undersöka vilka konsekvenser utsläpp av giftig gas har mot berörda byggnader.

Klor är en giftig gas som kan förväntas transporteras förbi det aktuella området. Detta har bedömts vara den giftigaste av de tryckkondenserade giftiga gaserna som transporteras på järnvägen och väljs därmed konservativt som dimensionerande ämne.

Tre scenarier med olika utsläppsstorlekar har antagits; litet utsläpp, mellanstort utsläpp och stort utsläpp.

Klor är en giftig gas som om den läcker ut vid en olycka kan orsaka skador och dödsfall genom förgiftning, främst genom inandning.

Klor är irriterande redan vid låga halter. I tabellen framgår hur verkan av klor är vid olika koncentrationer.

Koncentration (mg/m^3), Verkan av klor

10-20	Tydlig klorlukt märkbar. Sveda i ögon och näsa. Högsta halt som kan inandas i en timme utan farlig verkan.
50	Omedelbar irritation i svalget.
100	Omedelbara hostattacker.
300	Kan medföra livshotande skador.
3 000	Livsfara redan efter några andetag.

Skadeområdet för respektive scenario har antagits till det avstånd där 300 mg/m^3 uppnås.

INDATA STORT UTSLÄPP

Kemikalie	Klor
	UN-nummer 1017
	CAS-nummer 7782-50-5
Omgivning	Öppet landskap (ytråhet 0,03 m).
Väder	Spridningen har beräknats för Vår, Dagsljus och Klart i Svealand.
	Stabilitetsklass C - Svagt instabil och 708 W/m^2 solinstrålning.
	Temperaturen är 10,0 °C, Vindhastigheten på 10 m höjd är 5,0 m/s och vindriktningen är 180 grader.
	Scenariot är skapat för 2013-05-15, 10:27.
Begränsningar	Koncentrationen beräknas för höjden 1,5 m.
	Den yttre beräkningsgränsen går vid 300 mg/m^3.

SCENARIORESULTAT

Antagande	Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.
	Ingen pöl bildas.
	Den luftburna källstyrkan kommer från vätskeutströmningen från tank.
Beräkningar	Utsläppets källstyrka 9,4 kg/s (egendefinierad)
	Utsläppets varaktighet 60 minuter (egendefinierad)

Resultat Stort utsläpp

9,4 kg/s

300 mg/m³ på 470 m.

3000 mg/m³ på 140 m.

INDATA MELLAN UTSLÄPP

Kemikalie	Klor
	UN-nummer 1017
	CAS-nummer 7782-50-5
Omgivning	Öppet landskap (ytråhet 0,03 m).
Väder	Spridningen har beräknats för Vår, Dagsljus och Klart i Svealand.
	Stabilitetsklass C - Svagt instabil och 708 W/m² solinstrålning.
	Temperaturen är 10,0 °C, Vindhastigheten på 10 m höjd är 5,0 m/s och vindriktningen är 180 grader.
	Scenariot är skapat för 2013-05-15, 10:27.
Begränsningar	Koncentrationen beräknas för höjden 1,5 m.
	Den yttre beräkningsgränsen går vid 300 mg/m³.

SCENARIORESULTAT

Antagande	Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.
	Ingen pöl bildas.
	Den luftburna källstyrkan kommer från vätskeutströmningen från tank.
Beräkningar	Utsläppets källstyrka 0,70 kg/s (egendefinierad)
	Utsläppets varaktighet 60 minuter (egendefinierad)

Resultat mellanutsläpp

0,7 kg/s

300 mg/m³ på 126 m.

3000 mg/m³ på 34 m.

INDATA LITET UTSLÄPP

Kemikalie	Klor
	UN-nummer 1017
	CAS-nummer 7782-50-5
Omgivning	Öppet landskap (ytråhet 0,03 m).
Väder	Spridningen har beräknats för Vår, Dagsljus och Klart i Svealand.
	Stabilitetsklass C - Svagt instabil och 708 W/m² solinstrålning.
	Temperaturen är 10,0 °C, Vindhastigheten på 10 m höjd är 5,0 m/s och vindriktningen är 180 grader.
	Scenariot är skapat för 2013-05-15, 10:27.
Begränsningar	Koncentrationen beräknas för höjden 1,5 m.
	Den yttre beräkningsgränsen går vid 300 mg/m³.

SCENARIORESULTAT

Antagande	Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.
	Ingen pöl bildas.
	Den luftburna källstyrkan kommer från vätskeutströmningen från tank.
Beräkningar	Utsläppets källstyrka 0,100 kg/s (egendefinierad)
	Utsläppets varaktighet 60 minuter (egendefinierad)

Resultat litet utsläpp

0,1 kg/s

300 mg/m^3 på 45 m.

3000 mg/m^3 på < 25 m.

C.1 Resultat

Nedan presenteras skaderadien och det förväntade antalet omkomna för respektive scenario.

För utsläpp av giftig gas antas hälften av de personer som befinner sig inom konsekvensområdet att omkomma. För att möjlggöra flexibilitet i utformningen av kvartersområdet så antas att samtliga personer inom området befinner sig inom skadeområdet för ett *mellan utsläpp*. Antalet personer utomhus antas vara 100.

För riskreducerande åtgärd att placera friskluftsintag högt eller bort från riskkällan så antas antalet omkomna i en byggnad till följd av utsläpp av giftig gas reduceras med en faktor 2. Personer utomhus antas dock omkomma i samma omfattning. För parkeringshuset så ställs inga krav på friskluftsintag varför detta inte påverkar antalet omkomna där.

Tabell C1: Skaderadie för respektive olycksscenario.

	Litet utsläpp 0,1 kg/s	Mellan utsläpp 0,7 kg/s	Stort utsläpp 9,4 kg/s
Skaderadie [m]	45	126	470
Antal omkomna med parkeringshus [st]	5	505	505
Antal omkomna utan parkeringshus [st]	0	500	500
Antal omkomna med parkeringshus och med riskreducerande åtgärder [st]	5	305	305
Antal omkomna utan parkeringshus men med riskreducerande åtgärder [st]	0	300	300

Appendix D Konsekvenser vid brandfarlig gas – järnväg/väg 202

Beräkningar har genomförts i programmet *Gasol* för att undersöka vilka konsekvenser utsläpp av gasol som antänder har mot planområdet.

Fyra scenarier med olika utsläppsstorlekar har antagits vilket antas täcka in de scenarier som kan tänkas uppkomma. Sen antändning vilket ger upphov till gasmolnexplosion har inte beräknats särskilt då BLEVE antas täcka in konsekvensområden större än så. Dock har uppdelning av frekvens och konsekvens, dvs antalet döda för scenario med sen antändning antagits vara ett annat än för tidig antändning vilket ger upphov till jetflamma. Givet att läckaget antänder har fyra scenarier utretts. Litet utsläpp, mellanstort utsläpp, stort utsläpp och BLEVE.

Skadeområdet för respektive scenario har antagits till det avstånd där 3:e gradens brännskador uppkommer. Inom denna sträcka kan personer utomhus förväntas förolyckas. Inne i byggnaderna har personer antagits förolyckas endast vid scenariot med BLEVE då övriga scenarier inte kan förväntas påverka byggnadens konstruktion i sådan omfattning att personer omkommer.

UTDATA FRÅN GASOL (LITEN JETFLAMMA)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur: 15,0 °C

Kondensationstryck: 6,29 bar

Lagringstryck: 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP: Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde: 0,83

TANKEN:

Form: cylindrisk

Diameter: 2,0 m

Längd: 8,0 m

Fyllnadsgrad: 80 %

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter: 4 mm

Hålets area: 0,00001 m²

Utsläppstid: 1500 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl nära: Nej

Uppsamling: Nej

Tanken innehåller 10283 kg gasol
men utsläppt massa blir 144 kg
eftersom utsläppet varar 1500 s

VÄDER

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Natt, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 2,8 m

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	3,8 m
2:a gradens brännskador	4,8 m
1:a gradens brännskador	5,8 m

Avstånd från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	2,0 m
2:a gradens brännskador	3,0 m
1:a gradens brännskador	4,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet:	0.10 kg/s
2: Utsläppstemperatur:	288.00 K
3: Utgångstryck:	5.83 bar
4: Utsläppsdiameter:	0.004 m
5: Vinkel till horizontellt:	0.00 deg
6: Höjd ovan mark:	1.00 m
7: Andel ånga vid utgången:	0.3349 kg/kg

Beräknade värden

Moment input	24.0 kgm/s^2
Enthalpi input	19.1 kJ/s
Specific enthalpi	198.5 kJ/kg
Max Två-fas flöde	0.01 kg/s

I utgångs planet

Densitet	30.874 kg/m^3
Tryck	5.8 bar
Hastighet	247.59 m/s
Efter flashing:	
Densitet	3.487 kg/m^3
Temperatur	231.0 K
Hastighet	249.40 m/s

UTDATA FRÅN GASOL (MELLANSTOR JETFLAMMA)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur:	15,0 °C
Kondensationstryck:	6,29 bar
Lagringstryck:	7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP: Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde: 0,83

TANKEN:

Form:	cylindrisk
Diameter:	2,0 m
Längd:	8,0 m
Fyllnadsgrad:	80 %

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter:	12 mm
Hålets area:	0,00011 m²
Utsläppstid:	3600 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära:	Nej
Uppsamling:	Nej

Tanken innehåller 10283 kg gasol

men utsläppt massa blir 3112 kg

eftersom utsläppet varar 3600 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 8,5 m

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	11,5 m
2:a gradens brännskador	12,5 m
1:a gradens brännskador	16,5 m

Avstånd från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	5,0 m
2:a gradens brännskador	7,0 m
1:a gradens brännskador	11,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet:	0.86 kg/s
2: Utsläppstemperatur:	288.00 K
3: Utgångstryck:	5.83 bar
4: Utsläppsdiameter:	0.012 m
5: Vinkel till horisontellt:	0.00 deg
6: Höjd ovan mark:	1.00 m
7: Andel ånga vid utgången:	0.3349 kg/kg

Beräknade värden

Moment input	215.6 kgm/s^2
Enthalpi input	171.6 kJ/s
Specific enthalpi	198.5 kJ/kg
Max Två-fas flöde	0.05 kg/s

I utgångsplanet:

Densitet	30.874 kg/m^3
Tryck	5.8 bar
Hastighet	247.59 m/s

UTDATA FRÅN GASOL (STOR JETFLAMMA)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur: 15,0 °C

Kondensationstryck: 6,29 bar

Lagringstryck: 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP: Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde: 0,83

TANKEN:

Form: cylindrisk

Diameter: 2,0 m

Längd: 8,0 m

Fyllnadsgrad: 80 %

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter:	43 mm
Hålets area:	0,00145 m²
Utsläppstid:	926 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl nära:	Nej
Uppsamling:	Nej

Utsläppets varaktighet ändras till 926,31 s

eftersom massan i tanken endast är 10282,71 kg

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Natt, mulet.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 30,3 m

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	39,3 m
2:a gradens brännskador	44,3 m
1:a gradens brännskador	58,3 m

Avstånd från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	17,0 m
2:a gradens brännskador	24,0 m
1:a gradens brännskador	39,0 m

Spridning

KONTROLL AV INDATA

1: Utsläppshastighet:	11.10 kg/s
2: Utsläppstemperatur:	288.00 K
3: Utgångstryck:	5.83 bar
4: Utsläppsdiameter:	0.043 m
5: Vinkel till horisontellt:	0.00 deg
6: Höjd ovan mark:	1.00 m
7: Andel ånga vid utgången:	0.3349 kg/kg

Beräknade värden

Moment input	2768.5 kgm/s2
Enthalpi input	2203.3 kJ/s

<u>UTDATA FRÅN GASOL (BLEVE)</u>

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur:	15,0 °C
Kondensationstryck:	6,29 bar
Lagringstryck:	7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP: Cd=

TANKEN:

Form: cylindrisk

Diameter: 2,0 m

Längd: 8,0 m

Fyllnadsgrad: 80 %

TANKDATA:

Tankens vikt tom: 2000 kg

Designtryck: 7 bar

Bristningstryck: 2901324 bar

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

UTDATA FRÅN BLEVE

Utsläppt massa var 10283 kg

BLEVEN's diameter var 130 m

BLEVEN varar i 9,1 s

BLEVEN befinner sig 98 m över marken.

Avstånd till 3:e gradens brännskador är 105 m

Avstånd till 2:a gradens brännskador är 164 m

Avstånd till 1:a gradens brännskador är 285 m

Tanken delas i 2 delar.

Dessa flyger 891 m

D.1 Resultat

Nedan presenteras skaderadien för respektive scenario. Skaderadien anger det avstånd där 3:e gradens brännskador uppkommer. Scenariot med jetflamma har ett konsekvensområde där endast mellan och stor jetflamma når det eventuella parkeringshuset. BLEVE och Styckegods når dock även kvartersbebyggelsen.

Endast personer som befinner sig i delar som vetter i riktning mot järnvägen samt personer inom parkeringshuset förväntas omkomma i en BLEVE-olycka. För att skapa flexibilitet riskbedömningen så antas bebyggelsen inom kvartersbebyggelsen att utgöras av mer personintensiv verksamhet så som kontorsbebyggelse med en betydande del glasfasad. Som ett konservativt antagande antas 200 personer omkomma inom kvartersbebyggelsen och samtliga personer inom parkerings parkeringshuset (10 personer).

För personer inom konsekvensområdet för scenarion med jetflamma antas konservativt samtliga personer omkomma. Scenariot *Mellan Jetflamma* har ett konsekvensområde som endast innefattar delar av det tilltänkta parkeringshuset, inom denna yta förväntas två personer att befinna sig.

I praktiken bör de flesta personer i parkeringshuset befinna sig så att de helt eller delvis skyddas av fasaden och bjälklaget, därför bedöms antalet döda i parkeringsgaraget vara ett mycket konservativt antagande. Åtgärden med obrännbar fasad antas inte påverka antalet omkomna.

Tabell D1: Skaderadie för respektive scenario.

	Liten jetflamma	Mellan jetflamma	Stor jetflamma	Styckegods	BLEVE
Skaderadie [m]	3,8	11,5	39,3	200	105
Antal omkomna med parkeringshus [st]	0	2	10	2	210
Antal omkomna utan parkeringshus [st]	0	0	0	2	200
Antal omkomna med parkeringshus och med riskreducerande åtgärder [st]	0	2	10	2	210
Antal omkomna utan parkeringshus men med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	0	2	200

Appendix E Konsekvenser vid massexplosivt ämne

E.1 Förutsättningar

Följande konsekvensberäkningar syftar till att utreda konsekvenserna vid en massexplosion på berörd farligt godsled.

Brandkonsulten AB har under 2015 haft en utbildning med Rickard Forsén på FOI (Forsén, FOI), där olika beräkningsmodeller för tryck och impulstäthet för massexplosioner presenterades.

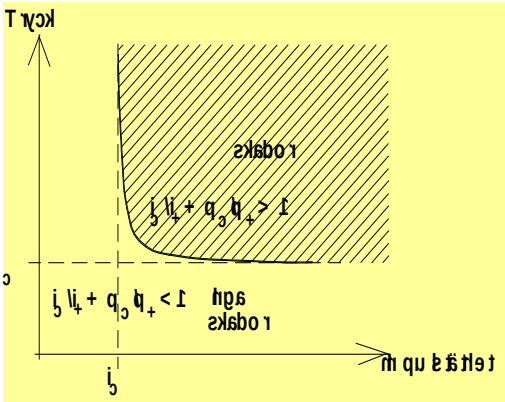
Följande beräkningsmodeller från FN (United Nations) kan användas för att uppskatta konsekvenser vid massexplosioner för olika laddningsmängder.

1. **http://www.un.org/disarmament/un-saferguard/kingery-bulmash/**

Ovanstående modell baseras på ekvationer för att uppskatta explosioner på längre avstånd och har utvecklats av Charles Kingery och Gerald Bulmash. Ekvationerna är baserade på data från tester med laddningsvikter mindre än 1 kg till över 400 000 kg.

Till modellen anges indata i form av typ av explosivt ämne, laddningsmängd (vikt) och avstånd till påverkat område eller påverkad byggnad. Ur modellen erhålls information om tryck och impulstäthet samt tid tills tryckvåg träffar område eller byggnad.

Med hjälp av modellens tryck och impulstäthet i kombination med nedanstående diagram och tabell kan konsekvenserna (omkomna/skador) beräknas.



Building frame type	Type and typical structural features	Floor height (m)	Characteristic pressure, p_c (kPa)	Characteristic impulse density, i_c (kPas)
R/C cast In-situ	B1TN: Exterior 0.2 m R/C load bearing walls	3.5	200	5.0
	B2LN: Load bearing R/C columns. Exterior non load bearing in-fill stud walls with steel panels	3.5	5	0.5
	B2MN: Load bearing R/C columns. Exterior non load bearing in-fill stud walls with brick veneer masonry	3.5	5	1.0
	B3MN: Load bearing R/C lateral walls. Longitudinal non load bearing in-fill exterior walls – gable	2.5	200	5.0
	B3MN: Load bearing R/C lateral walls. Longitudinal non load bearing exterior in-fill stud walls with brick masonry – long side	2.5	10	1.0
	B4TN: Monolithic R/C building with 0.15 m load bearing walls in both directions	2.5	200	5.0
R/C Pre-cast	P1MH: Exterior 0.25 m light weight concrete elements, 6 m span (warehouse or industry)	6.0	5	0.5
	P1TH: Exterior 0.3 m sandwich (concrete) elements, 4 m span (warehouse or industry)	8.0	6	2.8
	P1TN / P2TN: Exterior and interior concrete elements.	3.5/2.5	200	3.1
Steel frame	S1LH: Exterior walls with corrugated steel sheet on steel girders, 6 m span (warehouse or industry)	7.5	5	0.5
	S1LN: Load bearing columns with non load bearing in-fill exterior walls with steel girders and exterior steel panels	3.5	15	1.5
	S1MN: Load bearing columns with non load bearing brick masonry in-fill exterior walls	3.5	15	1.0
	S1TH: Exterior walls with two layers of 0.12 m brick masonry and intermediate insulation (warehouse or industry)	7.5	2.5	0.3
Masonry	M1LS: Exterior walls with 0.25 m light weight concrete	2.5	25	0.5
	M1TN: Exterior load bearing 0.25 m brick wall masonry	3.0	80	1.5
	M2TN: Exterior load bearing 0.38 m brick wall masonry	3.0	200	1.8
Wood	T1MN: Massive timber walls structure	3.0	20	0.6
	T2LH: Column beam structure with exterior wood panel covering on wooden girders (6 m span) (warehouse or industry)	6.0	2	0.1
	T3LH: Exterior wood panel covering on wooden girders (warehouse or industry)	3.0	1	0.1
	T3LN: Exterior wood panel covering on wooden girders	3.0	2	0.2
	T3MS: Exterior load bearing wood stud walls with exterior 0.12 m brick masonry	2.5	10	0.8

2. http://www.un.org/disarmament/un-saferguard/explosion-consequence-analysis/

Modell är en explosion konsekvensanalys (ECA) där information om följande konsekvenser erhålls:

- Människor – avstånd till dödliga skador, lungskador och skador på trumhinna.
- Markvibrationer – avstånd till hur långt laddningen ger markvibrationer.
- Fönster – avstånd till där små (0,55x0,55 m), medelstora (1,25x0,55 m) och stora (1,25x1,55 m) går sönder.

- Byggnadskonstruktion (tegelbyggnad) – avstånd till där byggnad kollapsar, byggnad får allvarliga skador etc till avstånd där byggnad endast får mindre skador som erfordrar reparationer.

Till modell 2 anges indata i form av typ av explosivt ämne, laddningsmängd (vikt) och avstånd till påverkat område eller påverkad byggnad.

Till ovan nämnda modeller anges endast en begränsad mängd indata och respektive modell ger information samt resultat som inte går att kontrollera eller beräkna. Brandkonsulten AB är medveten om svagheterna och osäkerheterna kring modellernas resultat. Resultaten ska därför mer betraktas som tendenser som ligger till grund för konsekvensbedömningarna. Ovanstående innebär att andra riskkonsulter kan tolka resultaten annorlunda.

I aktuell riskbedömning har modell nummer 2 använts för beräkningar av tre olika laddningsvikter.

Antagna laddningsvikter baseras dels på information från FOI (Forsén, 2015), dels ADR-S bestämmelserna för transporter av farligt gods på väg där 16 ton är maximal transportmängd.

E.2 Resultat

Nedan presenteras resultaten från modell 2 för de tre valda scenarierna 500 kg, 2000 kg och 16 000 kg laddningsvikt.

Damage to Windows of 4mm Thick Annealed Glass

Small Window 0.55m by 0.55m	**High Hazard**
Medium Window 1.25m by 0.55m	**High Hazard**
Large Window 1.25m by 1.55m	**High Hazard**

Minimum Range to No Break (m)

Small Window	*206.36*
Medium Window	*333.35*
Large Window	*746.08*

Ground Vibration (m)

Maximum Effected Range	*715.54*

Injury/Fatality to Personnel Range (m)

Fatal Distance	**18.32**
Lung Damage	**29.03**
Eardrum Rupture	*74.66*

Damage to Brick Structures (m)

Houses completely demolished	**20.49**
Houses badly damaged, beyond repair, require demolition	**30.31**
Houses rendered uninhabitable, can be repaired with extensive work	*52.93*
Houses rendered uninhabitable, can be repaired reasonably quickly	*90.92*
Houses require repairs, serious inconvenience but remain habitable	*181.85*

Figur 18: Konsekvenser med 500 kg laddningsvikt på ett avstånd 30 m till byggnad.

Damage to Windows of 4mm Thick Annealed Glass

Small Window 0.55m by 0.55m	**High Hazard**
Medium Window 1.25m by 0.55m	**High Hazard**
Large Window 1.25m by 1.55m	**High Hazard**

Minimum Range to No Break (m)

Small Window	*327.58*
Medium Window	*529.17*
Large Window	*1184.33*

Ground Vibration (m)

Maximum Effected Range	*1431.08*

Injury/Fatality to Personnel Range (m)

Fatal Distance	**29.08**
Lung Damage	**46.09**
Eardrum Rupture	*118.51*

Damage to Brick Structures (m)

Houses completely demolished	**49.03**
Houses badly damaged, beyond repair, require demolition	*72.53*
Houses rendered uninhabitable, can be repaired with extensive work	*126.67*
Houses rendered uninhabitable, can be repaired reasonably quickly	*217.59*
Houses require repairs, serious inconvenience but remain habitable	*435.17*

Figur 19: Konsekvenser med 2000 kg laddningsvikt på ett avstånd 30 m till byggnad.

Damage to Windows of 4mm Thick Annealed Glass

Small Window 0.55m by 0.55m	**High Hazard**
Medium Window 1.25m by 0.55m	**High Hazard**
Large Window 1.25m by 1.55m	**High Hazard**

Minimum Range to No Break (m)

Small Window	*655.16*
Medium Window	*1058.33*
Large Window	*2368.65*

Ground Vibration (m)

Maximum Effected Range	*4047.72*

Injury/Fatality to Personnel Range (m)

Fatal Distance	*58.16*
Lung Damage	*92.18*
Eardrum Rupture	*237.02*

Damage to Brick Structures (m)

Houses completely demolished	*120.18*
Houses badly damaged, beyond repair, require demolition	*177.76*
Houses rendered uninhabitable, can be repaired with extensive work	*310.46*
Houses rendered uninhabitable, can be repaired reasonably quickly	*533.28*
Houses require repairs, serious inconvenience but remain habitable	*1066.56*

Figur 20: Konsekvenser med 16 000 kg laddningsvikt på ett avstånd 30 m till byggnad.

Ovanstående kan innebära att människor utomhus får dödliga skador p g a tryckvåg (maximalt skadeområde för dödliga skador är ca 60 m vid 16 ton laddningsvikt), dock kan mycket allvarliga skador på tegelkonstruktioner uppkomma upp till ca 20 m för 500 kg laddningsvikt, ca 49 m för 2 ton laddningsvikt och ca 120 m för 16 ton laddningsvikt.

Utifrån ovanstående resultat för de tre scenarierna har Brandkonsulten AB grovt skattat konsekvenserna (antal omkomna) enligt **Tabell 6.**

Antaganden bygger på att parkeringshuset vid en liten explosion till viss del rasar och att 70% av personerna där påverkas av detta antingen genom att befinna sig i en raserad del eller inom området för dödliga skador utomhus (i och med otät fasad på parkeringshuset). För mellanstor explosion antas samtliga personer i konsekvensområdet omkomma.

För en stor explosion förväntas byggnaderna i kvartersbebyggelsen närmast spårområdet påverkas. Konservativt antas hälften av personbelastningen i området befinna sig där.

Tabell 6: Skaderadie och förväntat antal omkomna för respektive olycksscenario.

	Liten explosion 500 kg	Mellanstor explosion 2000 kg	Stor explosion 16 000 kg
Avstånd till dödliga skador utomhus [m]	18	29	58
Avstånd till demolerat tegelhus [m]	20	49	120
Antal omkomna med parkeringshus [st]	7	10	510
Antal omkomna utan parkeringshus [st]	0	0	500
Antal omkomna med parkeringshus och med riskreducerande åtgärder [st]	5	10	510
Antal omkomna utan parkeringshus men med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	500

Appendix F Konsekvenser vid pölbrand järnväg

Följande beräkningar syftar till att utreda vilka infallande strålningsnivåer vid en pölbrand från lastbilstransport med brandfarlig vätska som läckt ut.

F.1 Dimensionerande skada

För det dimensionerande skadeutfallet beaktas endast påverkan på personer som befinner sig inom respektive konsekvensområde.

Gränsvärde för personskada är antaget till 15 kW/m^2, då detta är accepterat gränsvärde för skydd mot brandspridning mellan byggnader i BBRAD (Boverket, 2013).

Över 15 kW/m^2 finns en risk att antändning av material kan ske med pilotlåga. Strålningsnivån är då också så hög att det inte går att utrymma förbi ett område som utsätts för denna strålning.

Personer som vistas i en lokal som utsätts för mer än 15 kW/m^2 där man inte har möjlighet att själv utrymma eller där man inte har möjlighet att utrymma bort från strålningskällan antas förolyckas.

F.2 Beräkning av avstånd då den infallande strålningen är 15 kW/m^2

Att beräkna vilket avstånd från en flamma till en punkt som den infallande strålningsintensiteten är 15 kW/m^2 består i huvudsak av tre moment. Det första är att bestämma hur stor den emitterade effekten är. Det andra momentet är att uppskatta flammans storlek (bas och höjd). Det tredje momentet är att bestämma hur stor del av den emitterade effekten som träffar målet, d v s beräkning av den s k synfaktorn (Φ).

Emitterad effekt

Vid beräkningarna i denna rapport har flammans genomsnittliga temperatur antagits vara 835 °C vilket motsvarar en emitterad effekt på 85 kW/m^2.

Dimensionerande utsläpp

Utsläpp i händelse av en olycka vid transport av brandfarlig vätska på väg är antagen att ske utifrån följande tre dimensionerande händelser:

1. Litet utsläpp: 0,1 kg/s, totalt utsläppt mängd: 180 kg (0,3 m^3)
2. Mellan utsläpp: 1,1 kg/s, totalt utsläppt mängd: 1980 kg (3 m^3)
3. Stort utsläpp: 14,6 kg/s, totalt utsläppt mängd: 26 300 kg (38 m^3)

Värden på dimensionerande scenarier är valda i enlighet med SRV (1996).

Vid utsläpp och efterföljande brand är utsläppshastighet och utsläppt mängd inte direkt avgörande för det maximala skadeområdet utan storleken på den brinnande pölen är det som primärt påverkar både beräknad flamhöjd och infallande strålning från branden. Ett större utsläpp ger normalt en större pöl, men i varje enskilt fall måste de yttre förutsättningarna för ett utsläpps utbredning beaktas (naturliga invallningar, marklutning, underlag etc). Då järnvägen är omgärdad av perrong så förväntas denna begränsa vätskans utbredning. Ett rimligt antagande bedöms därför vara att vätskan stannar kvar på spårområdet och att den strålande ytan kan antas befinna sig vid det närmaste spåret.

Baserat på ovanstående utsläppsmängder och topografins beskaffenhet har Brandkonsulten AB antagit att respektive utsläpp motsvarar en pöl enligt nedan.

1. Litet utsläpp, liten pölbrand: 10 m^2
2. Mellanutsläpp, mellan pölbrand: 100 m^2
3. Stort utsläpp, stor pölbrand: 500 m^2

Fördelningen av respektive utsläppsstorlek antas vara 25 % litet utsläpp, 25% mellanutsläpp och 50% stort utsläpp. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Sannolikheten för antändning antas vara 50 % med hänsyn till den uppvärmning som förväntas uppstå på grund av friktion när ett tåg spårar ur med den kraft som krävs för att ett läckage ska uppstå.

Beräkning av flamhöjd

För att bestämma hur stor en flamma från en pölbrand blir finns olika empiriskt framtagna ekvationer att tillgå. I denna rapport har en ekvation av Thomas (SFPE, 1995) använts för beräkning av flamhöjder.

Thomas ekvation:

$$H_f = 42D\left[\frac{\dot{m}''}{\rho\sqrt{gD}}\right]^{0,61}$$

där D är brandens diameter (m), m'' är förbränningshastighet (kg/m^{2}s), g är tyngdaccelerationen (m/s^2) och ρ är luftens densitet (kg/m^3). Förbränningshastigheten är vald för bensin och är ca 0,055 (kg/m^{2}s).

Tabell 7: Beräknad flamhöjd vid pölbrand för litet, mellan- och stort utsläpp av brandfarlig vätska (bensin).

	Liten pölbrand Area$_{pöl}$ = 10 m^2	**Mellan pölbrand** Area$_{pöl}$ = 100 m^2	**Stor pölbrand** Area$_{pöl}$ = 500 m^2
Diameter [m]	3,6	11,3	25
Flamhöjd [m]	7,7	17,2	30

Synfaktor

Med hjälp av beräknad flamhöjd och pölens utbredning approximeras i det här fallet flamman, d v s den emitterande kroppen, med en rektangel. Pölens diameter utgör rektangelns bas och flammans höjd utgör rektangelns höjd.

Den infallande strålningsintensiteten mot en punkt beräknas med följande ekvation (FOA, 1995):

$$I = E \cdot \Phi$$

där E är den emitterade effekten (kW/m^2) och Φ är synfaktorn. Den infallande strålningsintensiteten är 15 kW/m^2 och den emitterade effekten är 85 kW/m^2 vilket ger en total synfaktor på 0,177.

F.3 Resultat

I tabellerna nedan framgår det på vilket avstånd från respektive pölbrand på respektive väg som den infallande strålningen är 15 kW/m^2. I tabellen framgår det även antalet förväntat omkomna vid respektive scenario. För de pöbränder som har ett konsekvensområde som når parkeringshuset antas hälften av personerna där omkomma. Detta bedöms som ett mycket konservativt värde då personer i byggnaden är vakna och ha god överblickbarhet över olyckan. Med en obrännbar fasad mot spårområdet förväntas fasaden som vetter bort från spårområdet inte påverkas av en olycka och därmed förväntas samtliga personer i parkeringshuset att kunna ta sig till säkerhet med noll omkomna som följd. Konsekvensområdet når inte fram till kvartersbebyggelsen.

	Liten pölbrand Area$_{pöl}$ = 10m^2	**Mellan pölbrand** Area$_{pöl}$ = 100m^2	**Stor pölbrand** Area$_{pöl}$ = 500m^2
Avstånd från flamman till strålningsintensitet på 15 kW/m^2 [m]	6	17	33
Antal omkomna med parkeringshus [st]	0	5	5
Antal omkomna utan parkeringshus [st]	0	0	0

Antal omkomna med parkeringshus och med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	0
Antal omkomna utan parkeringshus men med riskreducerande åtgärder [st]	0	0	0