



UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE



## RAPPORT

### Riskbedömning avseende farligt gods Detaljplan för Gamlestads torg Etapp 1 Göteborgs stad

2012-10-05

Slutgiltig handling

Upprättad av: Henrik Mistander  
Granskad av: Johan Lundin  
Godkänd av: Fredrik Larsson

## RAPPORT

# Riskbedömning avseende farligt gods Detaljplan för Gamlestads torg Etapp 1 Göteborgs stad

Slutgiltig handling

## Beställare

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad  
Marcus Bredberg

## Konsult

WSP Brand & Risk  
Box 13033  
402 51 Göteborg  
Besök: Rullagergatan 4  
Tel. växel: +46 31 727 25 00  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se)

## Kontaktpersoner

Fredrik Larsson  
[fredrik.j.larsson@wspgroup.se](mailto:fredrik.j.larsson@wspgroup.se)

Henrik Mistander  
[henrik.mistander@wspgroup.se](mailto:henrik.mistander@wspgroup.se)

| <i><b>Datum</b></i> | <i><b>Rev. dat.</b></i> | <i><b>Handling/version</b></i> | <i><b>Upprättad av</b></i> | <i><b>Kontrollerad av</b></i> |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 2012-04-10          |                         | Granskningshandling            | HM+MS                      | JL                            |
|                     | 2012-06-29              | Granskningshandling            | HM                         | JL                            |
|                     | 2012-10-05              | Slutgiltig handling            | HM                         | JL                            |

## Sammanfattning

WSP har av Göteborgs stad fått i uppdrag att göra en detaljerad riskbedömning avseende järnvägstrafik nära planerad bebyggelse vid Gamlestads torg i Göteborg. Arbetet med denna utredning har genomförts i två steg. I det första steget genomfördes en studie som var avgränsad till byggnaderna vid torget. I det andra steget utökades den geografiska avgränsningen till att omfatta hela detaljplanens område för beräkningar av grupprisken.

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen, beträffande hanteringen av olycksrisker enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas. Syftet är också att efterleva Länsstyrelsen i Västra Götalands läns rekommendationer om riskhantering nära transportleder för farligt gods.

Målet är att uppskatta risknivån inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder krävs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå lämpliga riskreducerande åtgärder.

I förhållande till de riskvärderingskriterier som föreslås av DNV visar beräknade individ- och grupp-risknivåer att riskreducerande åtgärder krävs för den föreslagna exploateringen av planområdet.

Det finns ett antal projektspecifika förutsättningar som är särskilt gynnsamma ur ett riskperspektiv och som bör beaktas vid den samlade bedömningen rörande behovet av riskreducerande åtgärder:

- I höjd med Gamlestads torg finns pendeltågsstationens perronger och urspåringsräl som förhindrar att ett urspårande tåg lämnar spårområdet.
- De närmaste järnvägsspåren är förlagda i tråg i höjd med Gamlestads torg, vilket begränsar både konsekvenserna vid urspårningar samt pölbränders utbredning i storlek och mot planområdet.
- Spårägena har av beräkningstekniska skäl antagits placerade närmare planområdet än i verkligheten (kurvradii har antagits vara räta).
- Analysen har inkluderat transporter av farligt gods på även det närmaste spåret, vilket den nuvarande utformningen av järnvägssystemet inte möjliggör.

Resultaten visar att grupprisknivån ökar succesivt ju närmare järnvägen som byggnaderna placeras och närmar sig oacceptabelt höga nivåer då avståndet minskas till omkring 15 meter. Grupprisken i området ändras endast marginellt om byggnaderna placeras på 25 eller 20 meters avstånd från järnvägen. Grupprisknivån är sådan att den bedöms kunna accepteras om alla föreslagna åtgärder vidtas. Förutsatt att byggnader placeras på mer än 20 meters avstånd från närmaste spår, bedömer WSP att följande åtgärder är rimliga att kräva för att riskerna på planområdet ska bli acceptabelt låga:

- området mellan byggnaderna och järnvägen utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse för andra än de resenärer som naturligt kommer att vistas på hållplatsområdet.
- avstängningsbar ventilation för att minska konsekvenserna vid långvariga utsläpp av exempelvis giftiga gaser.
- friskluftsintag till ventilationssystemet placeras högt upp på oexponerad sida, bort från järnvägen, för att försvåra eller förhindra spridning av gaser in i byggnaderna.
- utrymningsvägar placeras bort från järnvägen för att möjliggöra säker utrymning från byggnaderna i händelse av en olycka på järnvägen.

I samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg och Länsstyrelsen i Västra Götaland föreslås vidare att fönster och glaspartier i byggnadsdelar inom 30 meter från järnvägen, i lokaler där allmänheten kan beredas tillträde, skall utföras i laminerat glas eller liknande som minskar risken för skador av glassplitter vid en eventuell explosion. Effekten av denna åtgärd på de beräknade risknivåerna har inte

direkt bedömts då den kvantitativa analysen genomförts utifrån avgränsningen att resenärer inte inkluderas i beräkningarna.

Med hänsyn till att grupprisknivån delvis överstiger de riskaversionsskurvor som föreslås i FÖP Göteborg har en fördjupad studie avseende explosioner genomförts. Den visar att den använda fördelningen mellan stora och små laster av RID-S klass 1 har sannolikt överskattat andelen transporter med 25 ton. Analysen visar också att frekvensen av explosioner med RID-S klass 5 sannolikt har överskattats i den ursprungliga analysen, med hänsyn till sannolikheten för blandning med organiskt material. I fördjupningen konstateras även att konsekvenserna av en explosion med 25 ton RID-S klass 1 blir allvarliga och bedöms ha uppskattats på ett rimligt sätt i analysen. Utifrån detta bedömer WSP sammantaget att riskbidraget från explosioner sannolikt är mindre än den initiala uppskattningen och att grupprisken i det avseendet understiger aversionsskurvorna i den fördjupade översiktsplanen för Göteborg.

## Innehållsförteckning

|           |                                                                    |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>INLEDNING .....</b>                                             | <b>6</b>  |
| 1.1       | SYFTE OCH MÅL .....                                                | 7         |
| 1.2       | AVGRÄNSNINGAR.....                                                 | 7         |
| 1.3       | STYRANDE DOKUMENT .....                                            | 7         |
| 1.4       | UNDERLAGSMATERIAL.....                                             | 8         |
| 1.5       | KVALITETSSÄKRING .....                                             | 8         |
| <b>2</b>  | <b>OMRÅDESBESKRIVNING .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>3</b>  | <b>OMFATTNING AV RISKHANTERING.....</b>                            | <b>13</b> |
| 3.1       | RISKBEDÖMNINGENS TVÅ STEG .....                                    | 13        |
| 3.2       | BEGREPP OCH DEFINITIONER.....                                      | 14        |
| 3.3       | METOD FÖR RISKINVENTERING.....                                     | 14        |
| 3.4       | METOD FÖR RISKUPPSKATTNING .....                                   | 15        |
| 3.4.1     | Individrisk.....                                                   | 15        |
| 3.4.2     | Samhällsrisk (grupprisk).....                                      | 15        |
| 3.4.3     | Riskuppskattning för Steg 1 .....                                  | 16        |
| 3.4.4     | Riskuppskattning för Steg 2 .....                                  | 16        |
| 3.5       | METOD FÖR RISKVÄRDERING .....                                      | 17        |
| 3.5.1     | DNV:s föreslagna kriterier.....                                    | 17        |
| 3.5.2     | Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor ..... | 18        |
| 3.6       | METOD FÖR IDENTIFIERING AV MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER .....  | 19        |
| <b>4</b>  | <b>RISKIDENTIFIERING.....</b>                                      | <b>20</b> |
| <b>5</b>  | <b>RISKUPPSKATTNING .....</b>                                      | <b>21</b> |
| 5.1       | URSPÅRNING.....                                                    | 21        |
| 5.2       | TRANSPORTER AV FARLIGT GODS .....                                  | 21        |
| 5.2.1     | Transportflöde av farligt gods på de aktuella spåren .....         | 22        |
| 5.3       | STUDERADE OLYCKSSCENARIER.....                                     | 23        |
| <b>6</b>  | <b>RESULTAT OCH RISKVÄRDERING .....</b>                            | <b>24</b> |
| 6.1       | RESULTAT OCH RISKVÄRDERING FÖR STEG 1 .....                        | 24        |
| 6.2       | RESULTAT OCH RISKVÄRDERING FÖR STEG 2 .....                        | 26        |
| <b>7</b>  | <b>OSÄKERHETER .....</b>                                           | <b>28</b> |
| <b>8</b>  | <b>KÄNSLIGHETSANALYS .....</b>                                     | <b>29</b> |
| <b>9</b>  | <b>RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER.....</b>                               | <b>33</b> |
| <b>10</b> | <b>SLUTSATSER .....</b>                                            | <b>34</b> |
| <b>11</b> | <b>REFERENSER .....</b>                                            | <b>35</b> |
|           | <b>BILAGA A – FREKVEN- OCH SANNOLIKHETSUPPSKATTNINGAR .....</b>    | <b>36</b> |
|           | <b>BILAGA B – KONSEKVENSUPPSKATTNINGAR STEG 1 .....</b>            | <b>45</b> |
|           | <b>BILAGA C – KONSEKVENSUPPSKATTNINGAR STEG 2 .....</b>            | <b>56</b> |
|           | <b>BILAGA D – FÖRDJUPNING EXPLOSIONER .....</b>                    | <b>58</b> |



## 1.1 Syfte och mål

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen, beträffande hanteringen av olycksrisker enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas. Syftet är också att efterleva Länsstyrelsen i Västra Götalands läns rekommendationer om riskhantering nära transportleder för farligt gods.

Målet är att uppskatta risknivån inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder krävs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå lämpliga riskreducerande åtgärder.

## 1.2 Avgränsningar

De risker som har beaktats är uteslutande sådana som är förknippade med plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) kopplade till transporter av farligt gods och urspärning i anslutning till planområdet. Enbart risker som kan innebära livshotande konsekvenser och påverkar personsäkerheten på eller omkring planområdet beaktas. Detta innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser, buller eller liknande. Enbart riskpåverkan från de tre spåren som benämns *Gamlestads pendeltågsstation*, *Hammaren* samt *Triangelspåret* studeras. Övriga riskkällor är belägna mer än 150 meter från planområdet, undantaget Gamlestadsvägen. I dagsläget är den en primär transportled för farligt gods. I samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg har vägen utelämnats ur denna analys då den inte kommer att vara tillåten för farligt gods när Partihallsförbindelsen öppnat (trafiken släpptes på 2011-12-01 [1]).

För beräkningar av grupprisk i området har *resenärer* uteslutits ur beräkningarna i samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg.

## 1.3 Styrande dokument

För att möta behovet av mer detaljerade specifikationer på innehållet i riskanalyser har det kommit ut riktlinjer på området med rekommendationer beträffande vilka typer av riskanalyser som bör utföras i vilka sammanhang och vilka krav som bör ställas på dessa analyser. Exempel på en rekommendation är Räddningstjänsten i Storgöteborgs Riktlinjer för riskbedömningar [2]. Ett annat exempel är länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län som har utkommit med riktlinjer som anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [3]. Beträffande ny bebyggelse har Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad tidigare tagit fram en fördjupad översiktsplan som ger vägledning gällande riskanalyser av transporter med farligt gods [4].

Banverket (idag en del av Trafikverket) har tillsammans med Räddningsverket (idag en del av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) gett ut skriften *Säkra järnvägstransporter av farligt gods* [5]. I den förtydligar man att Banverket delar den syn på riskhantering som Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms och Västra Götalands län presenterar i *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [3]. Banverket och Räddningsverket förtydligar dock att det i normalfallet inte bör tillkomma någon ny bebyggelse inom 30 meter från spårmit.

Samtliga ovan nämnda dokument har beaktats vid genomförandet av analysen.

## 1.4 Underlagsmaterial

Följande underlagsmaterial har funnits till förfogande vid upprättande av analysen:

- Plankarta 1 – Detaljplan för GAMLESTADS TORG inom stadsdelarna Gamlestaden, Olskroken och Bagaregården i Göteborg. 2011-11-04.
- Flödesdata för järnvägsspåren Gamlestadens pendeltågsstation, Hammaren och Triangelspåret för 2009, inklusive prognos för år 2020. Erhållen från Alexander Hellervik (Trafikanalytiker, Trafikverket Göteborg) 2012-03-14.
- Rapport Riskutredning Västra Gamlestaden norr om Säveån. Göteborgs stad. Enviroplanning AB, Göteborg. (2011-09-15).

Ytterligare en mängd tillgängliga rapporter, facklitteratur, haveriutredningar, internt utredningsmaterial med mera har använts som underlagsmaterial vid arbetet, och det refereras till löpande i texten.

## 1.5 Kvalitetssäkring

Rapporten är utförd av Henrik Mistander (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) med Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Johan Lundin (teknologie doktor).

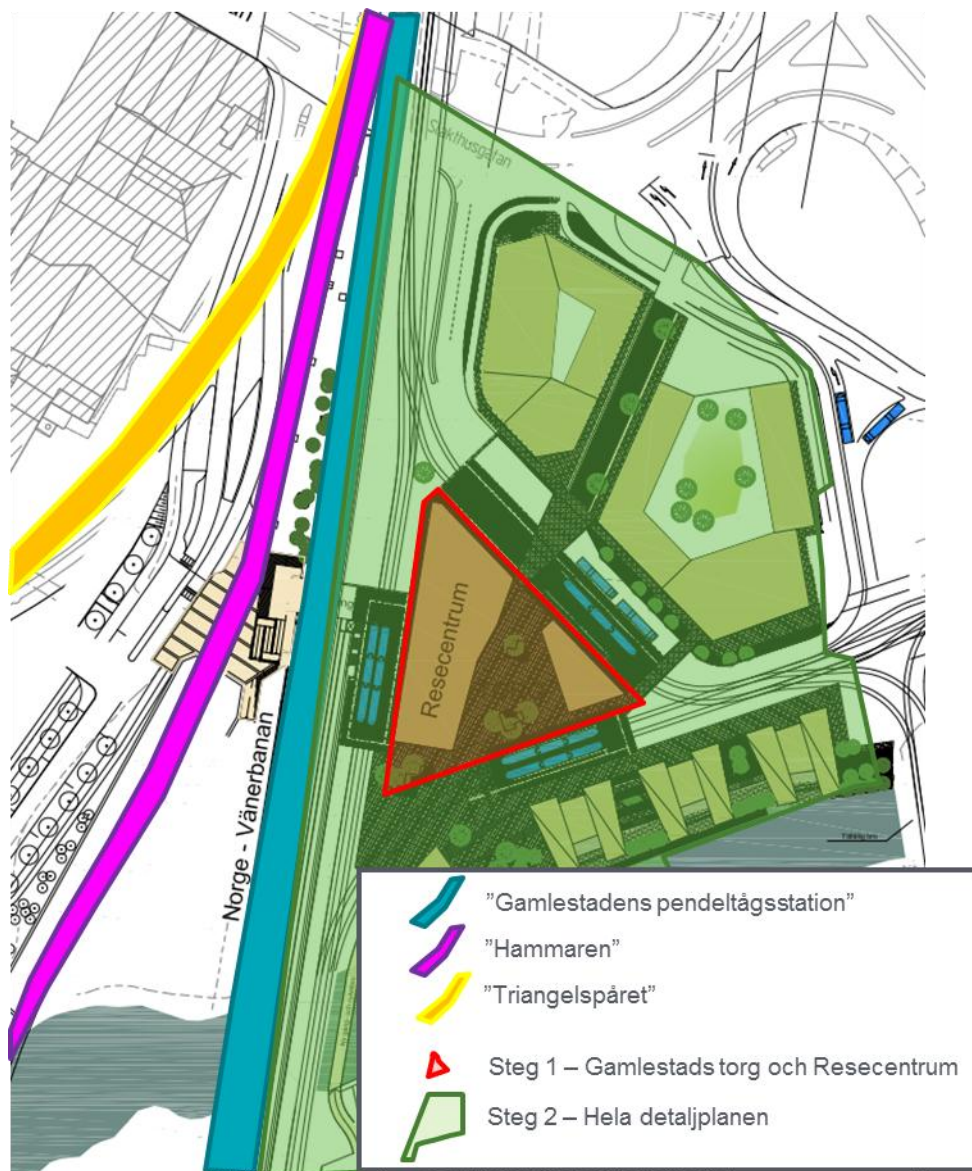
## 2 Områdesbeskrivning

Planområdet ligger i stadsdelen Gamlestaden nordost om centrala Göteborg.



**Figur 2. Kartbild över Göteborg.**

Den aktuella detaljplanen gäller ett område öster om Norge/Vänerbanan och Angeredsbanan (observera att andra namn enligt nedan används för att beteckna spåren i denna utredning). Figur 3 visar en illustration över området – med de tre järnvägsspåren markerade.



**Figur 3. Illustration över planområdet med de tre olika järnvägsspåren markerade med de namn som användas i denna rapport.**

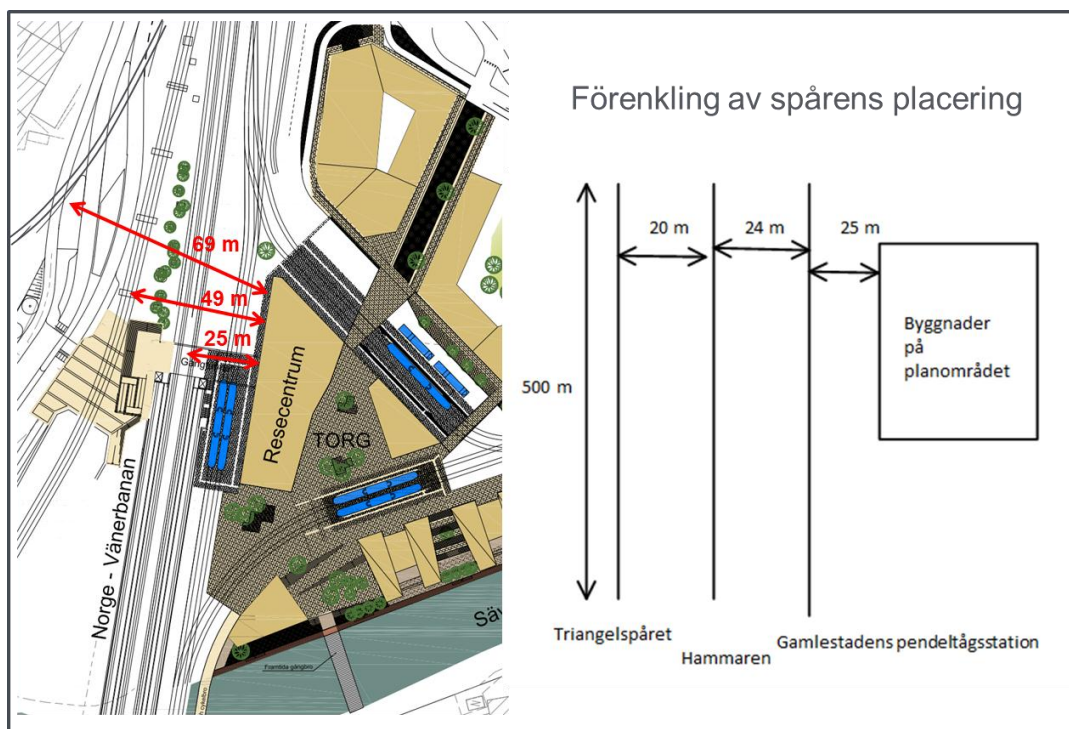
Planerna för området innebär en kraftig förtätning med en levande blandstad bestående av bostäder, handel, kontor, service med mera i så nära anslutning till stationsområdet som möjligt. I anslutning till pendeltågsstationen och själva Gamlestads torg planeras ett högre kontorshus (7 500 m<sup>2</sup>) samt två lågdelar med resecentrum, kontor och publika lokaler.

Med en persontäthet som uppskattas enligt *Utrymningsdimensionering* [6] till 0,1 personer/m<sup>2</sup> kommer 700 personer vistas i den högre byggnaden. I de lägre byggnaderna uppskattas omkring 300 personer vistas dagtid. Totalt antas 1 000 personer under dagtid vistas i byggnaderna inom utredningens Steg 1. Rent beräkningstekniskt har det ingen betydelse om dessa 1 000 personer utgörs av kontorsarbetare eller resenärer som vistas på de allmänna ytorna på gatuplan. Riskberäkningarna utgår från det totala antalet människor i byggnaden. Endast ett mindre antal (cirka 20) personer antas vistas i byggnaderna nattetid.

Övriga delar som ingår i detaljplanen (i denna utrednings Steg 2) utgörs av bostäder, kontor, handel och publika lokaler.

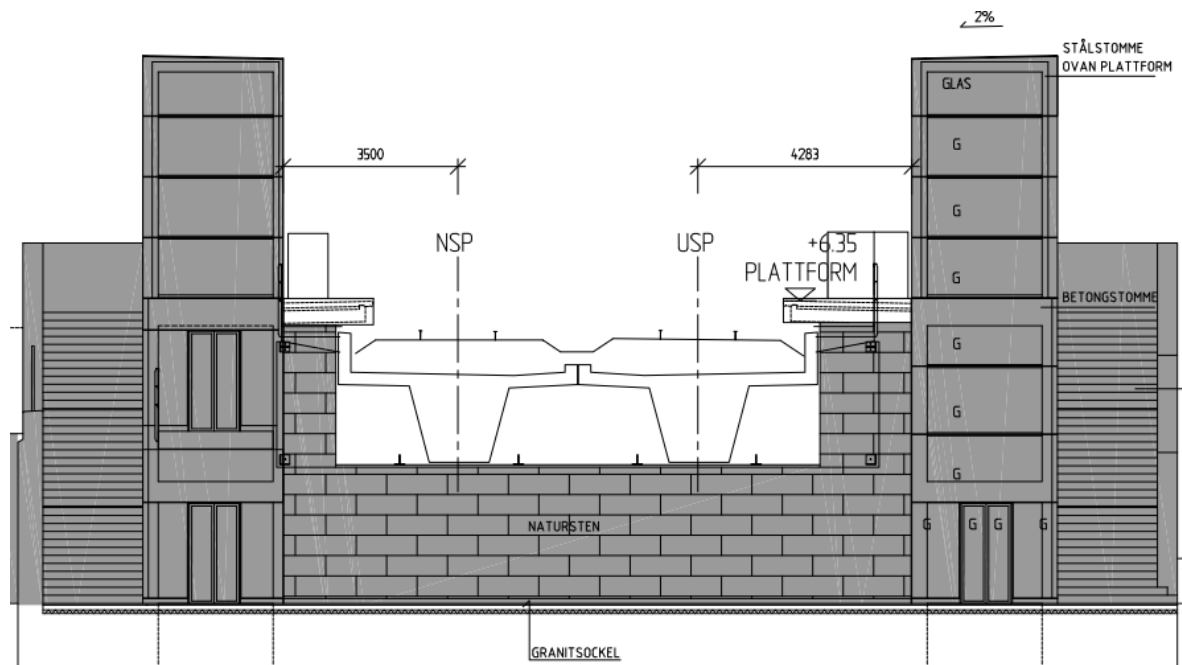
I Figur 4 visas hur spårens läge i förhållande till planområdet förenklas för de fortsatta beräkningarna i Steg 1 av denna analys. Som ett konservativt antagande placeras spåren i modellen parallellt på det minsta avståndet som de i verkligheten befinner sig från planområdet.

Avståndet från närmaste spår till byggnader inom planområdet antas som minst vara 25 meter. Detta antagande studeras närmare i särskild känslighetsanalys, vilken presenteras i kapitel 8 *Känslighetsanalys*.



Figur 4. Illustration av hur spårens läge förenklas i de fortsatta beräkningarna i Steg 1.

I höjd med planområdet är de två närmaste järnvägsspåren förlagda i brotråg. Detta bedöms begränsa både konsekvenserna vid urspårningar samt pölbränders utbredning i storlek och mot planområdet. Vid Gamlestads pendeltågsstation finns även perronger/plattformar som bedöms medföra ett visst skydd, se Figur 5.



Figur 5. Sektion av Gamlestads pendeltågsstation med tråg och plattformar synliga.

För att uppskatta järnvägstrafiken på de aktuella spåren har data erhållits från Trafikverket [7]. Uppgifterna innefattar en prognos för flödet år 2020 och redovisas i Tabell 1. Flödet kan grovt uppskattas vara tillämpligt även för år 2030. Trafikverkets uppskattning i nuläget är att trafiken på Gamlestads pendeltågsstation troligen kan uppgå till omkring 4 godståg per dygn år 2020, men man har ändå tagit höjd i sin prognos för att flödet kan öka till 15 tåg per dygn. Denna utredning tar därför höjd för en sådan ökning och följer Trafikverkets prognos.

Tabell 1. Prognos för tågtrafiken på de aktuella järnvägsspåren år 2020

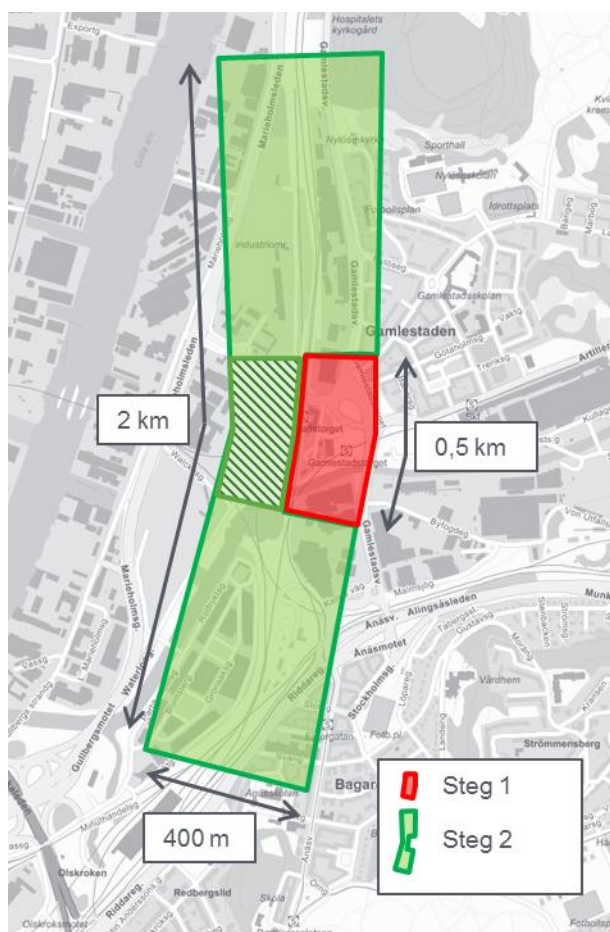
| Spår                         | Antal persontåg per dygn | Antal godståg per dygn |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Gamlestads pendeltågsstation | 175                      | 15                     |
| Hammaren                     | 0                        | 15                     |
| Triangelspåret               | 0                        | 30                     |
| <b>Totalt</b>                | <b>175</b>               | <b>60</b>              |

### 3 Omfattning av riskhantering

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som används i rapporten.

### 3.1 Riskbedömningens två steg

Denna riskbedömning har genomförts i två steg. I det första steget genomfördes en studie som var avgränsad till byggnaderna vid torget. Därmed begränsades den studerade järnvägssträckan till 500 meter. I det andra steget utökades den geografiska avgränsningen till att omfatta hela detaljplanens område, varför den studerade järnvägssträckan utökades till totalt 2 kilometer, se Figur 6.



Den streckade ytan i figuren representerar ett område som av beräkningstekniska skäl varken inkluderas i Steg 1 (500 meter ensidig riskpåverkan) eller Steg 2 (1,5 kilometer dubbelsidig riskpåverkan). Detta bedöms rimligt då denna yta mer än väl motsvaras av andra ytor inom Steg 2, vilka utgörs av vattenytor eller spårområden där inga människor förväntas vistas. För att säkerställa rimligheten i detta antagande genomförs även en särskild känslighetsanalys med avseende på detta område, vilken presenteras i kapitel 8 *Känslighetsanalys*.

Vid beräkningar för utredningens Steg 2 antas området exploaterats med en blandstad av arbetsplatser och bostäder längs hela den 2 kilometer långa studerade sträckningen.

**Figur 6. Principskiss över hur utredningens två steg förhåller sig till studerade järnvägssträckor.**

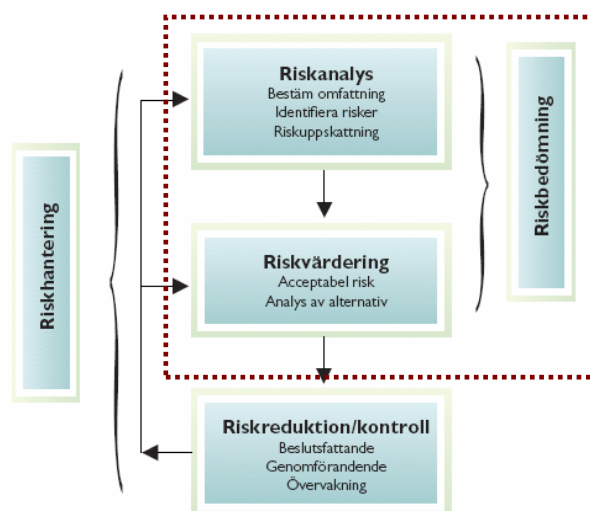
### 3.2 Begrepp och definitioner

I samband med hantering av risker används olika begrepp. Nedan beskrivs de begrepp som används i denna riskbedömning, samt vilken innebörd begreppen tillskrivits.

Med *risk* avses kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser.

*Risikanalys* omfattar, i enlighet med internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [8,9], dels *riskidentifiering* och dels *riskuppskattning*. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

*Sannolikhet* och *frekvens* används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 7. Riskhanteringsprocessen samt omfattning av riskhantering i projektet (punktstreckad linje).

I en kvalitativ riskanalys uppskattas risker med skalor av typen liten - stor eller låg - hög. I en kvantitativ analys uppskattas sannolikhet i stället med frekvenser i form av händelser per år, och konsekvens med exempelvis antal omkomna. Kvaliteten på de olika analyserna kan vara densamma, men resultatet presenteras på olika sätt.

Efter att riskerna analyserats görs en *riskvärdering* för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas *riskreduktion/kontroll*. Här fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas. I bästa fall kan riskerna elimineras helt, men oftast är det endast möjligt att reducera dem. En viktig del i riskreduktion/kontroll är att se till att föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs och följs upp. Uppföljningen ska göras för att kontrollera om de genomförda åtgärderna reducerar riskbilden tillräckligt. *Riskhantering* avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, se Figur 7, medan *riskbedömning* normalt enbart avser analys och värdering av riskerna.

### 3.3 Metod för riskinventering

Riskinventeringen/riskidentifieringen i denna rapport bygger på den tidigare genomförda risikanalysen av Enviroplanning [10], utifrån de avgränsningar som nämnts i avsnitt 1.2. Detta i samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg.

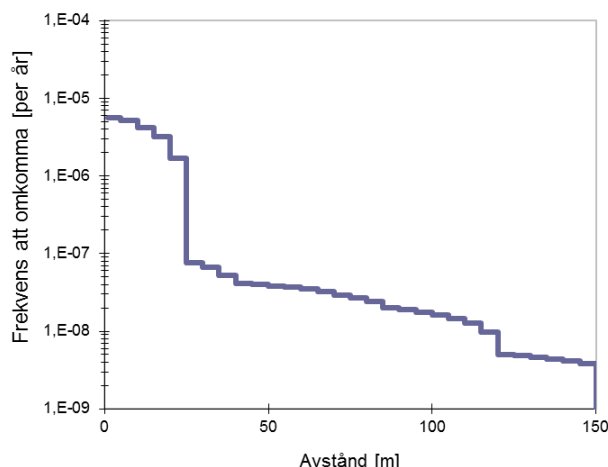
### 3.4 Metod för riskuppskattning

I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet *individrisk* och *samhällsrisk* (grupprisk) använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

#### 3.4.1 Individrisk

Med *individrisk* avses sannolikheten (frekvensen) att enskilda individer ska omkomma inom eller i närheten av ett system, d.v.s. frekvensen för att en person som befinner sig på en specifik plats omkommer eller skadas. Individrisken är platsspecifik, och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av skadehändelsen. Syftet med riskmålet är att se till så att enskilda individer inte utsätts för icke tolerabla risker. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas i området.

Individrisken kan redovisas i form av riskkonturer, som visar den förväntade frekvensen för en händelse som orsakar en viss skada i ett specifikt område, eller i form av en individriskprofil, som visar individrisken som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 8.

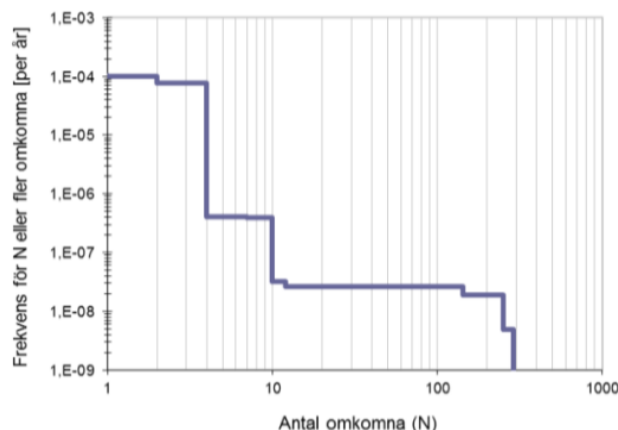


Figur 8. Exempel på individriskprofil.

#### 3.4.2 Samhällsrisk (grupprisk)

Vid användande av riskmålet *samhällsrisk* beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli, till följd av skadescenarier, med avseende på antalet personer som påverkas. När ett mindre område studeras som i denna analys kallas ofta samhällsrisk istället för *grupprisk*. Då beaktas befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Grupprisk redovisas ofta med en F/N-kurva, se Figur 9, som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst utfall, t.ex. antal omkomna till följd av en eller flera olyckor.



**Figur 9. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk/grupprisk.**

Fördelen med att använda sig av både individrisk och grupprisk vid uppskattning av risknivån i ett område är att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande, samtidigt som det tas hänsyn till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas. Att använda samhällsrisk för ett område som är i ett tidigt skede av planeringsstadiet kan medföra omfattande osäkerheter i bedömningen av konsekvenser (d.v.s. antal omkomna eller svårt skadade) till följd av respektive skadescenario, då det oftast enbart är möjligt att utföra en grov uppskattning av befolkningssituationen. I denna handling görs dock en uppskattning av grupprisk, eftersom relativt detaljerad information om bebyggelse och verksamheter på området finns tillgängliga.

### 3.4.3 Riskuppskattning för Steg 1

Med hjälp av Banverkets rapport [11] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på något av de tre spåren på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga A.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas i Steg 1 utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för Steg 1 redovisas i Bilaga B.

### 3.4.4 Riskuppskattning för Steg 2

Frekvensuppskattningen i Steg 2 genomfördes på samma sätt som i Steg 1, med skillnaden att den studerade järnvägssträckan utökats till 1,5 km. I övrigt används samma antaganden som i Steg 1, vilka redovisas i Bilaga A.

För konsekvensuppskattningar i Steg 2 har Bilaga 2 i FÖP [4] används i så lång utsträckning som möjligt. Genom att använda schablonmässiga värden för typbebyggelse med "Arbetsplatser och bostäder" för den studerade sträckan, antas en rimlig bild av konsekvenserna erhållas. Ytterligare detaljer återges i Bilaga C.

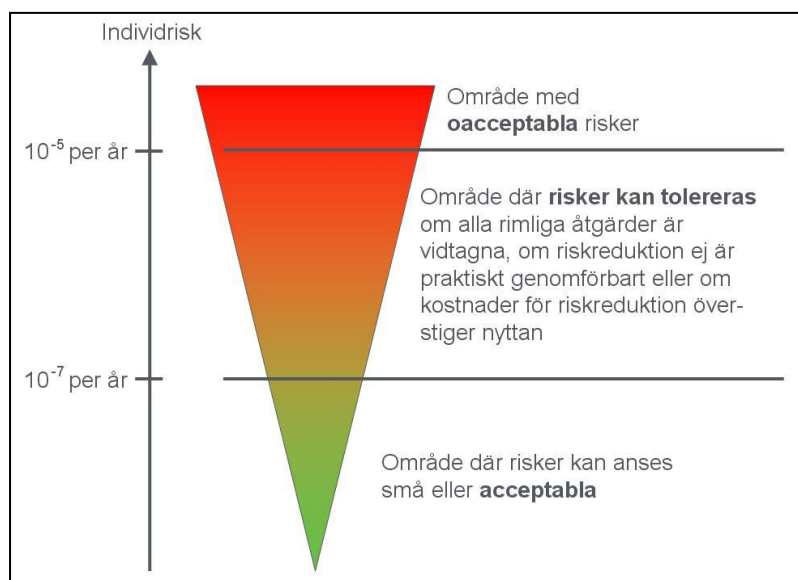
För att erhålla en samlad grupprisknivå för Steg 2 kan därefter både grupprisken från Steg 1 och den tillkommande vid Steg 2 summeras i en gemensam gruppriskkurva.

### 3.5 Metod för riskvärdering

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. I denna utredning används både de som är framtagna av Det Norske Veritas (DNV) på uppdrag av Räddningsverket, samt de aversionskurvor (för grupprisk) som är framtagna i samband med Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods [4]. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. De beskrivs utförligare i följande avsnitt.

#### 3.5.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [12] gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 10.



**Figur 10. Princip för värdering av individrisk enligt DNV.**

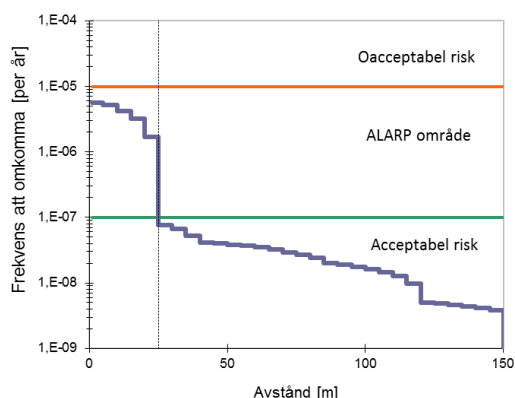
Följande förslag till tolkning rekommenderas [12]:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.

- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslog DNV [12] följande kriterier (se Figur 11):

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan tolereras:  $10^{-5}$  per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som små:  $10^{-7}$  per år

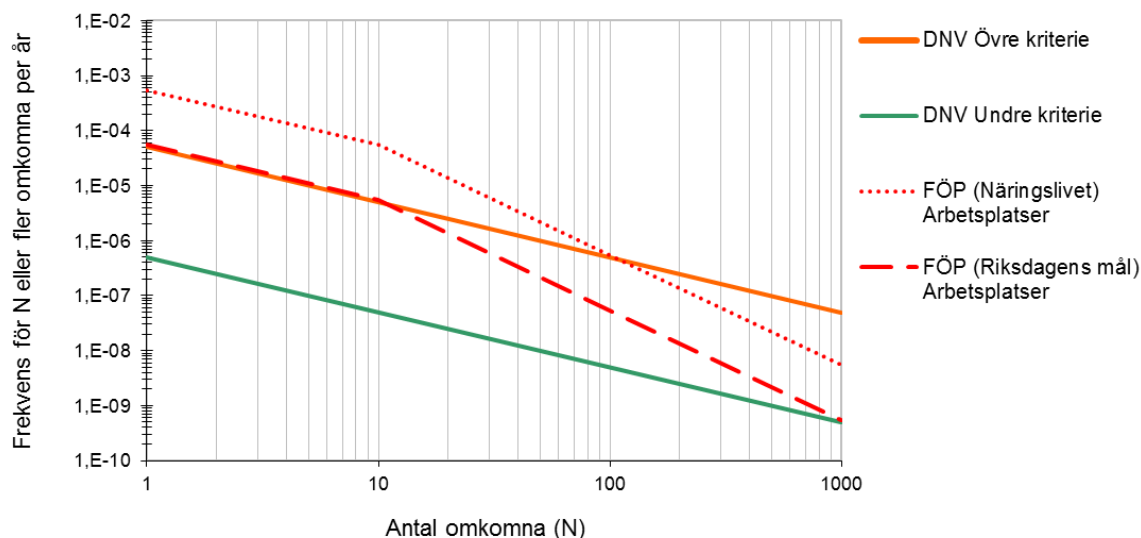


**Figur 11. Föreslagna kriterier på individrisk utifrån DNV med fiktiva risknivåer som illustration.**

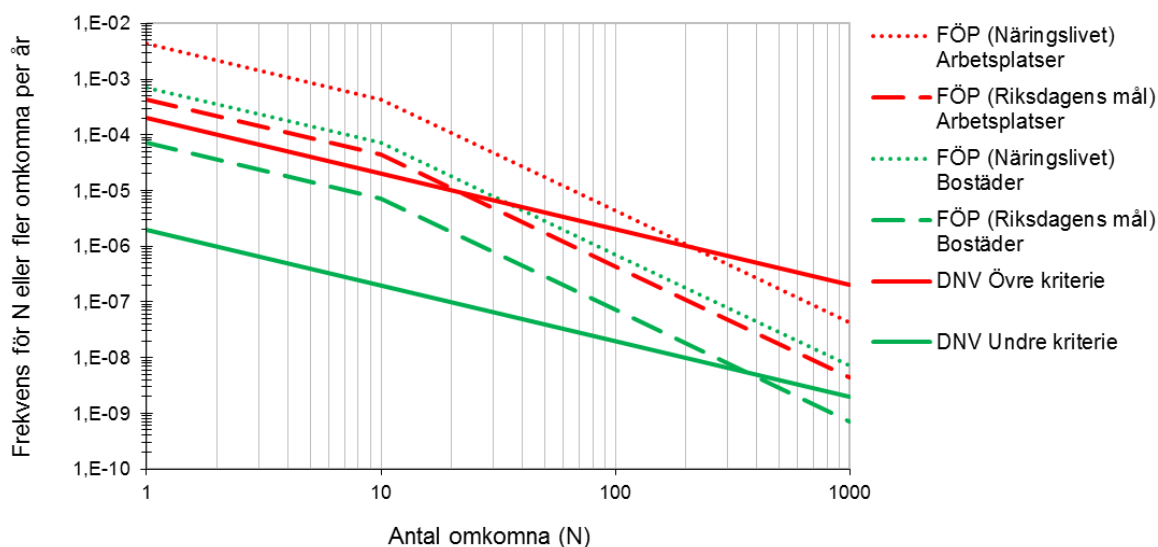
För samhällsrisk föreslog DNV [12] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I Steg 1 av denna riskutredning studeras dock en kortare sträcka på 500 meter, varför acceptanskriterierna måste justeras (sänkas). Resultatet visas i Figur 12. I Steg 2 utökades dock den studerade sträckan, varför de justeras för att motsvara 2 kilometer, se Figur 13.

### 3.5.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har i [4] föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit ovan. Aversionskurvorna i FÖP finns dock i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder, varav den senare endast är aktuell i Steg 2 av denna analys. I Steg 1 tillämpas endast aversionskurvor för arbetsplatser. På samma sätt som DNV-kriterierna anpassats till planområdets kortare sträcka på omkring 500 meter, justeras i Steg 1 av denna rapport även aversionskurvorna från FÖP Göteborg (efter samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg). Justering med avseende på att enbart riskpåverkan på ena sidan av järnvägen görs också. Resultatet visas i Figur 12 och gäller för arbetsplatser. Motsvarande aversionskurvor för Steg 2 (2 km, dubbelsidig påverkan) visas i Figur 13. I Steg 2 inkluderas aversionskurvor som kan tillämpas på både arbetsplatser och bostäder.



**Figur 12. Föreslagna kriterier/aversionskurvor anpassade för Steg 1 (500 meter).**



**Figur 13. Föreslagna kriterier/aversionskurvor anpassade för Steg 2 (2 km).**

Samtliga ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen, vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån var acceptabel.

### 3.6 Metod för identifiering av möjliga riskreducerande åtgärder

Om risknivån överstiger acceptabel nivå, ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskreducerande åtgärder identifieras vid behov utifrån Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [13]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

## 4 Riskidentifiering

Riskidentifieringen i denna rapport bygger på den tidigare genomföra riskanalysen av Enviropanning [10], utifrån de avgränsningar som nämnts i avsnitt 1.2.

De risker som studeras är förknippade med järnvägstrafiken på de tre studerade spåren (Gamlestads pendeltågsstation, Hammaren samt Triangelspåret). De kategorier av olycksscenarioer som studeras inkluderar:

- Urspårningar
- Olyckor med farligt gods

## 5 Riskuppskattning

Järnvägstrafiken på de olika spåren innebär enligt tidigare en risk för området främst genom urspårningar eller olyckor med farligt gods, vilket beskrivs i följande avsnitt.

### 5.1 Urspårning

Urspårande tåg (persontåg eller godståg) kan orsaka skador genom att träffa byggnader eller människor som befinner sig på planområdet. Konsekvenserna av en urspårning är beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar, vilket beskrivs utförligare i Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar. Enligt resonemang i Bilaga A (för Steg 1) antas samtliga urspårande tåg stanna inom ett par decimeter från sitt ursprungliga läge. Därför antas inga människor på planområdet träffas av tåget och omkomma i samband med urspårningar. I Bilaga B – Konsekvensberäkningar redovisas hur detta inkluderas i beräkningar av individ- och grupprisknivåer.

### 5.2 Transporter av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods, om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods på järnväg omfattas av regelsamlingar [14] som tagits fram i internationell samverkan. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transporterna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på vagnar för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods, d.v.s. för att transport av farligt gods inte ska innebära farlig transport. Farligt gods delas in i nio olika klasser med hjälp av det så kallade RID-systemet [14] som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 2 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

**Tabell 2. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning [4,15].**

| RID-klass | Kategori ämnen              | Beskrivning                                                                                                                                                  | Konsekvensbeskrivning, liv                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Explosiva ämnen och föremål | Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.                                                                                                                     | Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger <u>skadeområde med uppemot 200 m radie</u> (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [16]. |
| 2         | Gaser                       | Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.). | Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, brinnande gasmoln eller BLEVE. <u>Konsekvensområden för giftig gas över 800 m</u> . Omkomna både inomhus och utomhus.                                                                                                                                                          |
| 3         | Brandfarliga vätskor        | Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.                                                                 | Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. <u>Konsekvensområden vanligtvis inte större än 40 m för brännskador</u> . Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på underlagsmaterial och diken etc.                                                                                                    |
| 4         | Brandfarliga fasta ämnen    | Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.                                                                                                              | Brand, strålning, giftig rök. <u>Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan</u> .                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|   |                                          |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Oxiderande ämnen och organiska peroxider | Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.                                                                | Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. <u>Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 70 m.</u> |
| 6 | Giftiga ämnen, smittförande ämnen        | Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.                                                  | Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.                                                                                                                                                                                                |
| 7 | Radioaktiva ämnen                        | Medicinska preparat. vanligtvis små mängder.                                                                  | Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. <u>Konsekvenserna begränsas till närområdet.</u>                                                                                                                                                                     |
| 8 | Frätande ämnen                           | Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara. | Utsläpp av frätande ämne. <u>Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet</u> [17] (LC50). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).                                                                                                                     |
| 9 | Övriga farliga ämnen och föremål         | Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.                                                               | Utsläpp. <u>Konsekvenser begränsade till närområdet.</u>                                                                                                                                                                                                              |

### 5.2.1 Transportflöde av farligt gods på de aktuella spåren

Som underlag för uppskattning av transportflödet har data enligt tidigare erhållits från Trafikverket [18]. Uppgifterna utgör en prognos för flödet år 2030, vilket använts i de fortsatta beräkningarna. Utifrån underlaget uppskattad fördelning mellan klasserna av farligt gods redovisas i Tabell 3. Denna fördelning antas gälla för samtliga tre spår som studeras.

**Tabell 3. Uppskattad fördelning av transporterade mängder farligt gods på Gamlestads pendeltågsstation, Hammaren samt Triangelspåret.**

| RID-klass     |                                       | Antal vagnar per år | Andel [%] |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|-----------|
| 1             | Explosiva ämnen och föremål           | 16                  | 0,06      |
| 2             | Gaser                                 | 1591                | 6,41      |
| 3             | Brandfarliga vätskor                  | 16131               | 64,96     |
| 4             | Brandfarliga fasta ämnen              | 102                 | 0,41      |
| 5             | Oxiderande ämnen, organiska peroxider | 2976                | 11,98     |
| 6             | Giftiga ämnen, smittförande ämnen     | 287                 | 1,15      |
| 7             | Radioaktiva ämnen                     | 7                   | 0,03      |
| 8             | Frätande ämnen                        | 2407                | 9,69      |
| 9             | Övriga farliga ämnen och föremål      | 1318                | 5,31      |
| <b>Totalt</b> |                                       | 24833               | 100       |

Andelen farligt gods av den totala mängden transporterat gods på sträckan antas vara omkring 7 %, enligt [10].

### 5.3 Studerade olycksscenarier

En övergripande bedömning visar att enligt Tabell 2 är de klasser av farligt gods som kommer att kunna ge stora konsekvenser med akut påverkan utanför det omedelbara närområdet begränsade till klass 1, 2, 3 och 5. Utifrån detta behandlas följande scenarier vidare:

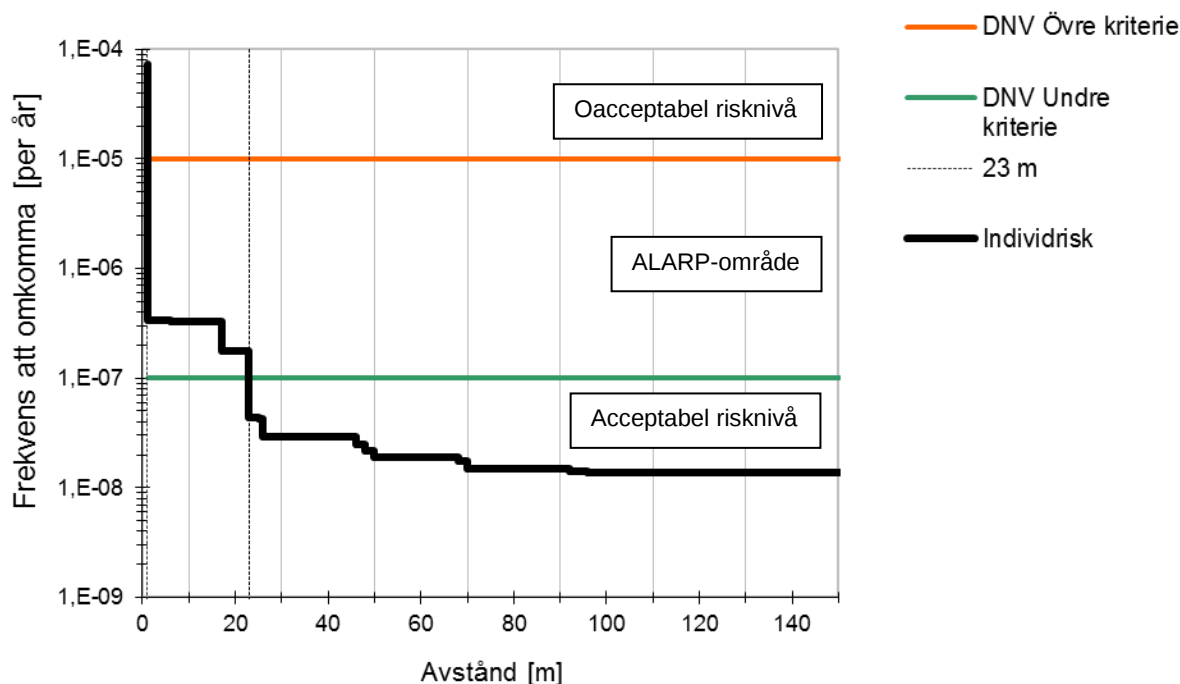
- Urspåring (inkluderar både persontåg och godståg)
- Farligt gods-olycka explosiva ämnen och föremål (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med giftigt gasutsläpp (klass 2.3)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)

Utförliga beräkningar av frekvenserna för dessa scenarier redovisas i Bilaga A, medan konsekvensberäkningar redovisas i Bilaga B.

## 6 Resultat och riskvärdering

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från riskuppskattningarna för analysens två steg.

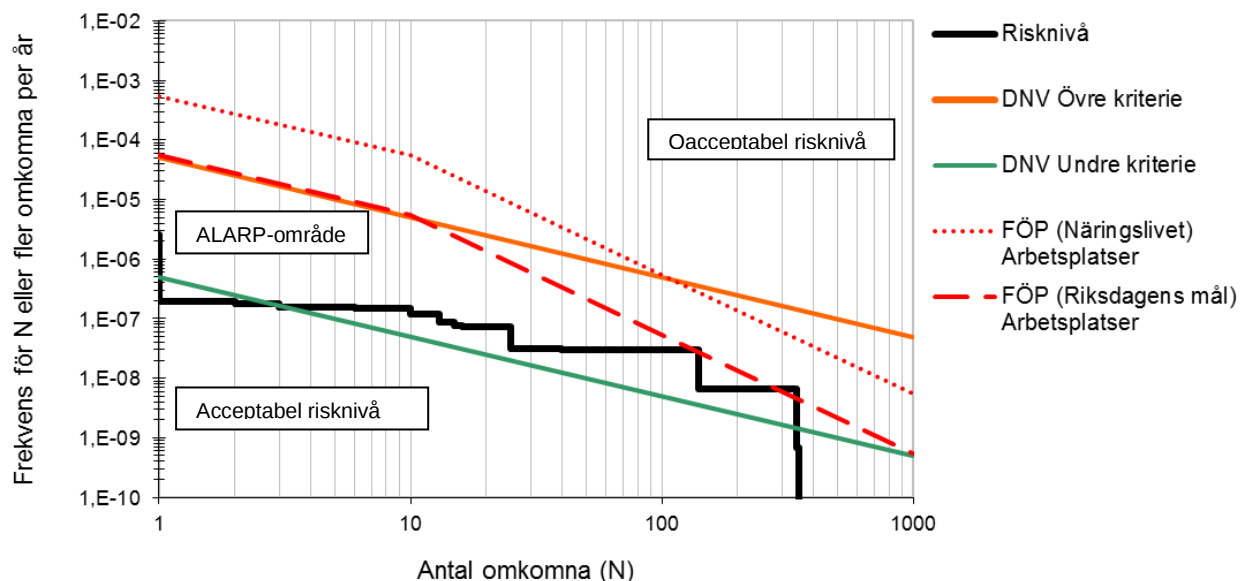
### 6.1 Resultat och riskvärdering för Steg 1



**Figur 14. Individriskprofil för planområdet, med avseende på järnvägstrafiken.**

Individrisknivån på området ligger i ALARP-området fram till omkring 23 meter från det närmaste spåret (Gamlestadens pendeltågsstation). Bortom 23 meter är individrisknivån enligt valda riskkriterier att betrakta som acceptabelt låg. ALARP-området innebär enligt värderingskriterierna att risker där kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, om riskreduktion ej är praktiskt genomförbart eller om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan. Alltså måste riskreducerande åtgärder övervägas för detta område om människor ska kunna vistas där mer än tillfälligt.

Detta riskmått tar inte hänsyn till persontäthet på området. Därför är det intressant att även studera grupprisknivån i området. Enligt Figur 15 ligger grupprisknivån för planområdet, med avseende på järnvägstrafiken, i de lägre delarna av ALARP-området (enligt DNV:s kriterier) samt i huvudsak under aversionskurvorna från Stadsbyggnadskontoret i Göteborg.

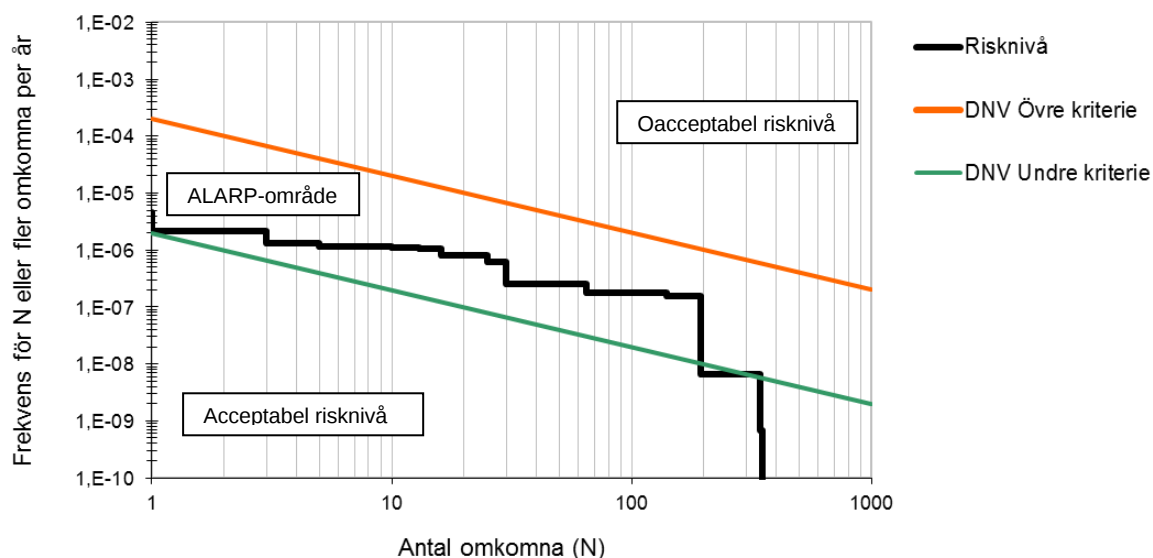


**Figur 15. Grupprisnivå för planområdet med avseende på järnvägstrafiken på de tre studerade spåren, vid Steg 1 (aversionskurvor/kriterier justerade för 500 meter studerad sträcka).**

Den beräknade grupprisnivån är delvis inom det av DNV så kallade ALARP-området, vilket enligt värderingskriterierna innebär att risker där kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, om riskreduktion ej är praktiskt genomförbart eller om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan. I den lägre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda som i de övre, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall likväl beaktas.

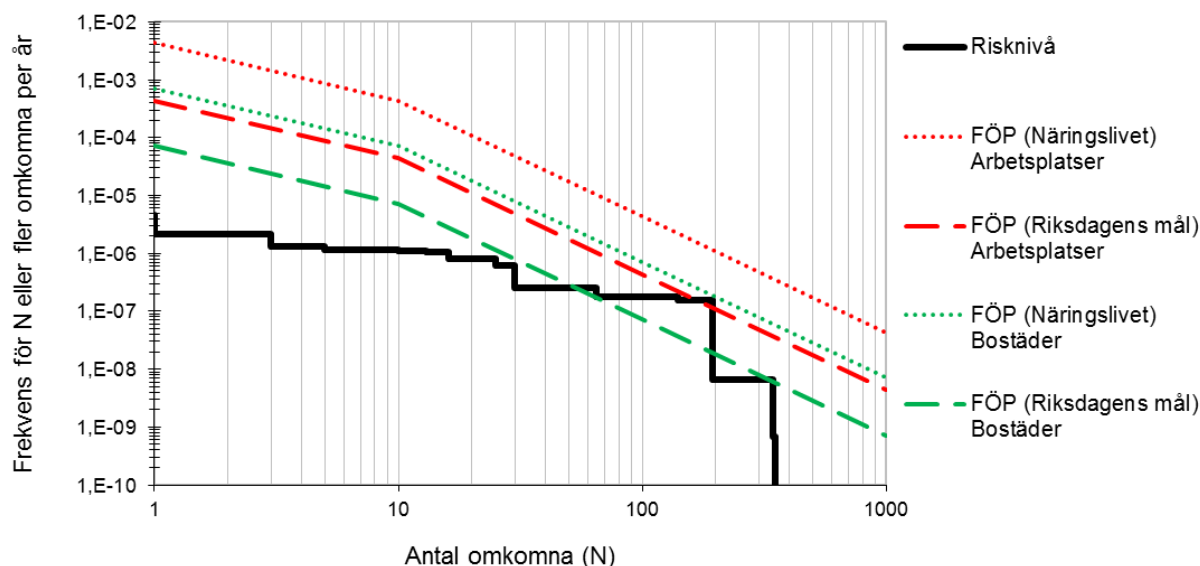
Den beräknade grupprisnivån överstiger också den ena av Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor i två punkter.

## 6.2 Resultat och riskvärdering för Steg 2



**Figur 16. Grupprisknivå med avseende på järnvägstrafiken på de tre studerade spåren för Steg 2 - relaterat till DNV:s värderingskriterier (justerade för 2 kilometer studerad sträcka).**

Den beräknade grupprisknivån är delvis inom det av DNV så kallade ALARP-området, vilket enligt värderingskriterierna innebär att risker där kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, om riskreduktion ej är praktiskt genomförbart eller om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan.



**Figur 17. Grupprisnivå med avseende på järnvägstrafiken på de tre studerade spåren för Steg 2 - relaterat till FÖP:s aversionskurvor för både arbetsplatser och bostäder (justerade för 2 kilometer studerad sträcka).**

Den beräknade grupprisnivån överstiger de undre av Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor för bostäder respektive för arbetsplatser. Då det studerade området antagits utgöras av en blandning av bostäder och arbetsplatser enligt *typbebyggelsen Arbetsplatser – bostäder (AB)*, är det lämpligt att tillämpa en sammanvägning av de olika aversionskurvorna. I det räkneexempel som presenteras i FÖP Bilaga 5 anges inte exakt hur en sådan sammanvägning ska genomföras, men att ett "passningsförfarande" tillämpas. Den sammanvägda kurvan får oavsett valt passningsförfarande antas hamna mellan de separata för bostäder respektive för arbetsplatser. En grov uppskattning utifrån detta ger att den beräknade grupprisnivån för planområdet – likt tidigare – överstiger den undre aversionskurvan i en punkt, men understiger den övre.

Resultaten visar sammantaget att grupprisnivån för det aktuella planområdet vid Gamlestads torg inte är oacceptabelt hög, men hamnar inom området där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Vidare tolkas resultaten som att vid en framtida exploatering (med vald typbebyggelse) på båda sidor av en två kilometers järnvägssträcka i närområdet, kan risknivån i området som helhet komma att överstiga de övre aversionskurvorna om exploateringen helt utgörs av bostäder.

Det rekommenderas utifrån denna observation att Göteborgs stad tar ett samlat grepp om riskpåverkan för de olika planerna i området för att säkerställa att risknivån i sin helhet efter exploateringen inte blir oacceptabelt hög. Tidigare Räddningsverkets vägledning *Riskhantering i översiktsplaner* [19] kan vara ett stöd i sådant arbete.

## 7 Osäkerheter

Riskbedömningar är alltid förknippade med osäkerheter, i större eller mindre utsträckning. Kunskaps-osäkerheter, förknippade med bl.a. underlagsmaterial och beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på kan reduceras med t.ex. tillgång till mer detaljerad data. De antaganden och förutsättningar som främst är belagda med osäkerheter är:

- Information om flödet av farligt gods på järnvägen
- Framtida förändringar av farligt gods-trafiken i området
- Konsekvensområden för farligt gods-klasser
- Uppskattningar av antalet omkomna vid de olika scenarierna

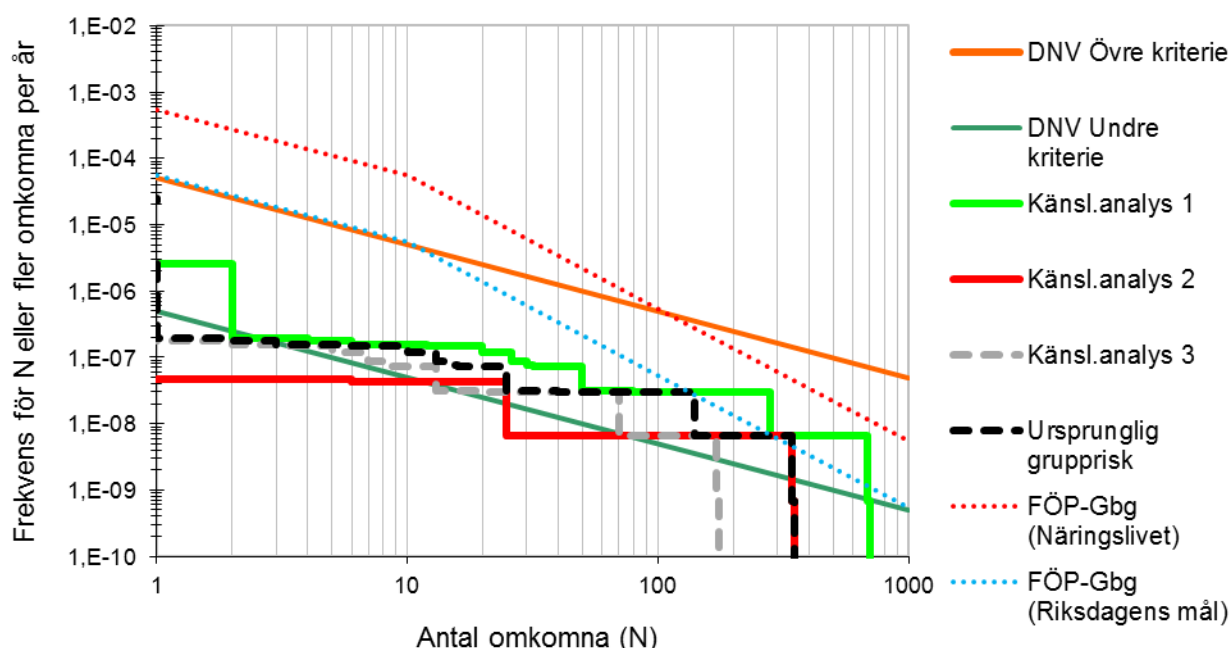
Det har gjorts ett antal antaganden p.g.a. avsaknad av data. De antaganden som gjorts har därför konsekvent varit konservativa, för att säkerställa att riskerna inte underskattas. På grund av att de antaganden som gjorts är konservativa bedöms osäkerheterna i analysen åtminstone inte påverka värderingen av riskerna så att de undervärderas. En känslighetsanalys genomförs för att testa om dessa antaganden är rimliga, se nästa kapitel.

## 8 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen för Steg 1 genomfördes i flera olika delar. I känslighetsanalys 1 dubblas uppskattningar för antal omkomna vid samtliga scenarier. Resultatet visar att risknivån höjs men att den fortfarande hamnar inom ALARP-området, och att FÖP Göteborgs övre aversionskurva inte över-skrids. Med andra ord sker ingen principiell förändring i förhållande till värderingskriterierna.

I känslighetsanalys 2 har riskbidrag från enbart explosioner (involverande RID-S klass 1 och 5) inkluderats. Resultatet bekräftar att punkten vid omkring 350 omkomna kommer från riskbidraget från explosioner.

I känslighetsanalys 3 halveras uppskattningar för antal omkomna vid samtliga scenarier. Resultatet visar att risknivån sänks men att den fortfarande hamnar inom ALARP-området, även om den nu hamnar under FÖP Göteborgs undre aversionskurva.



**Figur 18. Känslighetsanalyser 1-3 avseende grupprisk för planområdet (Steg 1).**

Den första punkten på den ursprungliga gruppriskkurvan som överstiger aversionskurvan finns vid omkring 140 omkomna och är relaterad till scenariot stort utsläpp av giftig gas (RID-klass 2). Den andra punkten på gruppriskkurvan som överstiger aversionskurvan finns vid omkring 350 omkomna och är relaterad till explosioner, både med RID-klass 1 och RID-klass 5. Dessa två punkter bör därför studeras ytterligare. I Bilaga C redovisas en fördjupad studie (samt känslighetsanalys 4) med avseende på mekanismerna bakom explosioner, dess verkan samt vilka lastmängder som bör beaktas i analysen, se vidare i Bilaga C – *Fördjupning explosioner*. För att på motsvarande sätt fördjupa analysen kring riskbidraget från olyckor som involverar giftig gas krävs vidare utredning som ligger utom ramen för denna rapport.

I känslighetsanalys 5 flyttas byggnaderna vid Gamlestads torg 5 meter närmare järnvägen (så att närmaste fasad antas placeras 20 meter från närmaste spår). Konsekvensuppskattningarna som genomfördes i Steg 1 av denna utredning baserades på att samtliga studerade olycksscenarier kopplades samman med ett avstånd inom vilket dödliga konsekvenser uppstår. Dessa avstånd beräknades utifrån

WSP:s erfarenheter, litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Uppskattningarna av antal omkomna vid respektive scenario kopplades till hur långt dessa avstånd sträckte sig in i bebyggelsen på planområdet (se detaljer i Bilaga B). När avståndet mellan byggnad och järnväg minskar kan en del av uppskattningarna för antal omkomna öka. Detta gäller särskilt scenarier vars konsekvenser når ungefär till fasaden eller något kortare, medan uppskattningar för scenarier med långa konsekvensavstånd oftast bedöms kvarstå. De bedömningar som gjorts presenteras i Tabell 4.

**Tabell 4. Sammanställning över bedömningar i känslighetsanalys 5 för det närmaste järnvägsspåret (Gamlestads pendeltågsstation).**

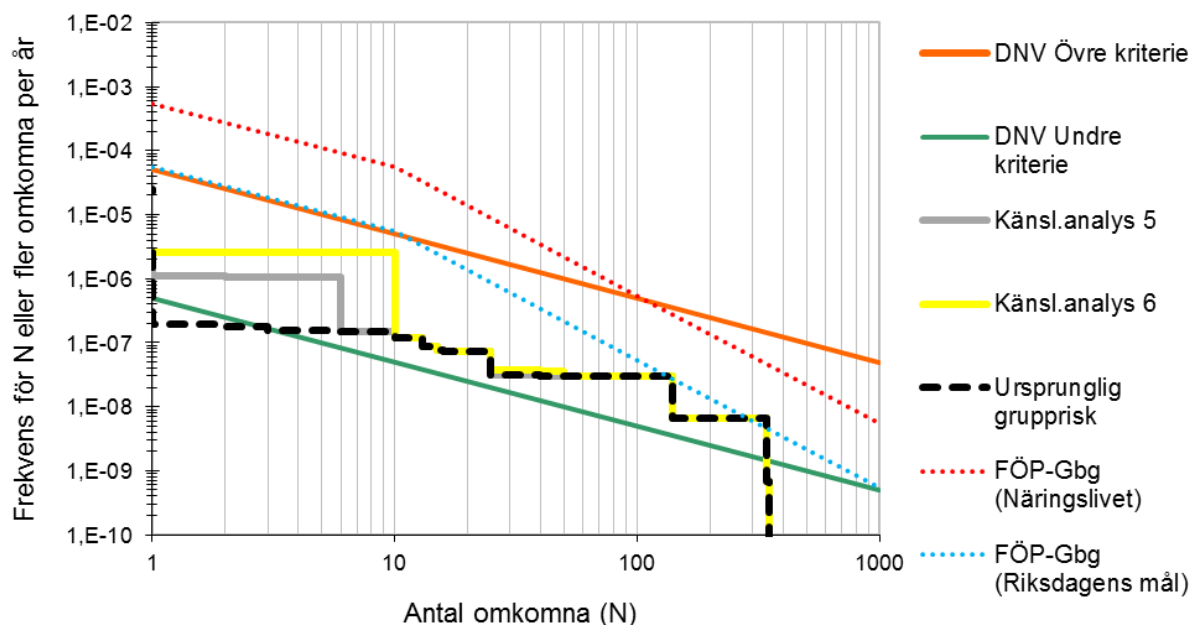
| Scenario                                  | Konsekvensavstånd | Antal omkomna (dagtid) enligt tidigare uppskattningar | Antal omkomna i känslighetsanalys 5                                                                                                           |
|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mekanisk skada vid urspårning             | 1 meter           | 0                                                     | Bedöms vara oförändrat, mekanisk skada har tidigare bedömts begränsas till 1 meter från spår.                                                 |
| Explosiva ämnen, 25 ton                   | 120 meter         | 350                                                   | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet omsluter hela torgområdet.                                                                         |
| Explosiva ämnen, 150 kg                   | 25 meter          | 25                                                    | Bedöms vara oförändrat – tryckpåverkan sker fortfarande i huvudsak mot den mest exponerade fasaden, likt vid 25 meter.                        |
| BLEVE                                     | 200 meter         | 40                                                    | Bedöms vara oförändrat - konsekvensområdet omsluter hela torgområdet.                                                                         |
| Jetflamma, punktering                     | 18 meter          | 1                                                     | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet når fortfarande inte fram till fasad.                                                              |
| gasmoln, punktering                       | 50 meter          | 13                                                    | Bedöms vara oförändrat – enbart omkomna utomhus.                                                                                              |
| Jetflamma, stort hål                      | 91 meter          | 16                                                    | Bedöms vara oförändrat – jetflammans strålning antas ha samma momentana påverkan mot utsatta fasader.                                         |
| gasmoln, stort hål                        | 50 meter          | 13                                                    | Bedöms vara oförändrat – enbart omkomna utomhus.                                                                                              |
| Punktering giftig gas, svag vind,         | 38 meter          | 25                                                    | Bedöms vara oförändrat – de dödliga koncentrationerna når fram till de närmaste delarna av byggnaderna, men omsluter dem inte, likt tidigare. |
| Punktering giftig gas, stark vind,        | 34 meter          | 25                                                    | Bedöms vara oförändrat – de dödliga koncentrationerna når fram till de närmaste delarna av byggnaderna, men omsluter dem inte, likt tidigare. |
| Stort hål giftig gas, svag vind,          | 755 meter         | 140                                                   | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet omsluter hela torgområdet.                                                                         |
| Stort hål giftig gas, stark vind,         | 880 meter         | 140                                                   | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet omsluter hela torgområdet.                                                                         |
| Liten pölbrand                            | 18 meter          | 1                                                     | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet når inte fram till byggnaden.                                                                      |
| Stor pölbrand                             | 24 meter          | 1                                                     | Uppskattas <u>öka</u> till 5 omkomna i byggnaden (om inga särskilda åtgärder i fasaden vidtas) samt likt tidigare en person omkommen utomhus. |
| Explosion oxiderande ämnen 3 ton explosiv | 120 meter         | 343                                                   | Bedöms vara oförändrat – konsekvensområdet omsluter hela torgområdet.                                                                         |

För de två spåren (Hammaren och Triangelspåret) som är belägna på större avstånd uppskattas inga förändringar i konsekvenserna (antal omkomna) uppkomma till följd av att byggnaden placeras 5 meter närmare. Resultatet visas i Figur 19.

I känslighetsanalys 6 flyttas byggnaderna vid Gamlestads torg ytterligare 5 meter närmare järnvägen (så att närmaste fasad antas placeras 15 meter från närmaste spår). Med motsvarande resonemang som i känslighetsanalys 5 ovan görs bedömningar för samtliga scenarier. Förändringarna mot i Tabell 4 är:

- Vid *stor pölbrand* uppskattas antalet omkomna öka till 10 till följd av den större exponeringen för värmestrålning mot byggnadens fasader.
- Vid *liten pölbrand* uppskattas antalet omkomna öka till 10, då kritiska strålningsnivåer nu når längre än till byggnadens fasad.
- Vid *Jetflamma (punktering)* antas antalet omkomna öka till 10, då flammen nu når längre än till byggnadens närmaste fasad.
- Vid *Explosiva ämnen (150 kg)* antas antal omkomna konservativt dubbleras – då de skadliga tycknivåer som tidigare bara antagits träffa den mest exponerade fasaden nu kan träffa fler sidor av byggnaden och därmed orsaka större skador på konstruktionen.

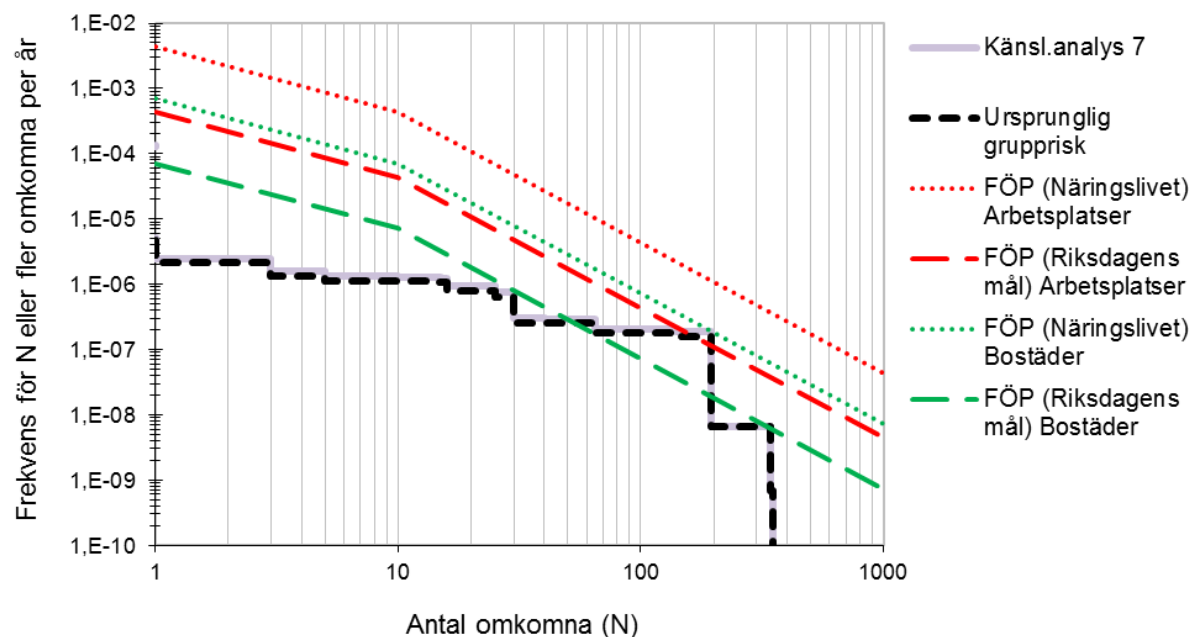
Resultatet visas i Figur 19.



**Figur 19. Känslighetsanalyser 5 och 6 avseende grupprisk (Steg 1).**

Resultaten visar att grupprisknivån vid bebyggelsen kring Gamlestads torg ökar succesivt när byggnaderna placeras närmare järnvägen, för att närma sig oacceptabelt (enligt DNV:s kriterier) höga nivåer då avståndet minskas till omkring 15 meter. Detta kan tolkas som att ingen principiell förändring i förhållande till värderingskriterierna uppkommer för grupprisken i området, oavsett om byggnaderna placeras på 25 eller 20 meters avstånd från järnvägen.

Känslighetsanalysen för Steg 2 utfördes genom att den studerade sträckan som beräknats med de schablonmässiga konsekvenserna från FÖP utökades från 1,5 kilometer till 2 kilometer. Rent beräkningstekniskt innebär det att riskbidraget inom det mindre område som omfattas av Steg 1 (se Figur 6), räknas dubbelt – både med de schablonmässiga konsekvensuppskattningarna från FÖP, samt med de specifika konsekvensuppskattningarna för byggnaderna runt torget från Steg 1. Resultatet visar att risknivån höjs marginellt, men att ingen principiell förändring i förhållande till värderingskriterierna uppkommer.



**Figur 20. Känslighetsanalys 7 avseende grupprisk (Steg 2).**

Känslighetsanalys 7 visar att den beräkningstekniska förenklingen att dela upp beräkningarna i en 500 meters-sträcka och en 1,5 kilometers-sträcka inte har någon stor påverkan på resultatet.

## 9 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [13]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

Resultaten visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån måste riskreducerande åtgärder övervägas inom 23 meter från järnvägen, om personer kommer vistas där mer än tillfälligt (baserat på DNV:s värderingskriterier [12]). Även med hänsyn till att den uppskattade grupprisknivån hamnar inom ALARP-området måste alla rimliga åtgärder övervägas för planområdet.

Med hänsyn till individrisknivån föreslås att:

- området mellan byggnaderna och järnvägen utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse för andra än de resenärer som naturligt kommer att vistas på hållplatsområdet.

Med anledning av att grupprisken i området är sådan att riskreducerande åtgärder måste övervägas (enligt DNV:s kriterier), rekommenderas följande åtgärder för byggnaderna:

- avstängningsbar ventilation för att minska konsekvenserna vid långvariga utsläpp av exempelvis giftiga gaser.
- friskluftsintag till ventilationssystemet placeras högt upp på oexponerad sida, bort från järnvägen, för att försvåra eller förhindra spridning av gaser in i byggnaderna.
- utrymningsvägar placeras bort från järnvägen för att möjliggöra säker utrymning från byggnaderna i händelse av en olycka på järnvägen.

Med hänsyn till riskversionskurvorna som föreslagit i FÖP Göteborg [4] har en fördjupad studie avseende explosioner genomförts (se Bilaga C). Där har även en rad riskreducerande åtgärder identifierats. Två av de identifierade riskreducerande åtgärderna mot explosioner bedöms rimliga att överväga vid planområdet (ur ett kostnad-nytta-perspektiv med hänsyn till den låga frekvensen för explosionsscenarierna). Dessa innefattar att disponera planområdet och byggnader så att konsekvenserna vid en eventuell explosion minskas (se Bilaga C – avsnitt C.5). Dessa åtgärder är inarbetade i byggnadernas utformning.

I samråd med Räddningstjänsten i Storgöteborg och Länsstyrelsen i Västra Götaland föreslås åtgärder som kan minska konsekvenserna för resenärer och besökare vid Resecentrum i händelse av en explosion. Effekten av sådana åtgärder på de beräknade risknivåerna har inte direkt bedömts då den kvantitativa analysen genomförts utifrån avgränsningen att resenärer inte inkluderas i beräkningarna. Det föreslås ändå att:

- fönster och glaspartier i byggnadsdelar inom 30 meter från järnvägen, i lokaler där allmänheten kan beredas tillträde, skall utföras i laminerat glas eller liknande som minskar risken för skador av glassplitter vid en eventuell explosion.

Glas i den aktuella typen av miljö ska uppfylla krav i en rad olika avseenden. Utgångspunkten är att oskyddade glasytor som är placerade så att personer kan komma i kontakt med dem ska utformas så att risken för personskador begränsas (till exempel om en människa skulle falla mot glaset). Vidare kan utformningen syfta till att ge stöldskydd (eller skalskydd), skydd mot vandalism, klimatskydd eller andra miljöaspekter. Detaljprojektering av aktuella glaspartier sker inte i detta skede utan hänvisas till senare skeden av byggprocessen. Med avseende på just risken för splitterskador i händelse av en eventuell explosion på järnvägen bedöms ett glas som uppfyller minst skyddsklass P6B medföra en riskreducerande effekt. Denna rekommendation kan användas som en miniminivå för fortsatt projektering, där kraven till följd av andra aspekter kan komma att leda till en högre skyddsklass.

## 10 Slutsatser

I förhållande till de riskvärderingskriterier som föreslås av DNV visar beräknade individ- och grupp-risknivåer att riskreducerande åtgärder krävs för den föreslagna exploateringen av planområdet.

Det finns ett antal projektspecifika förutsättningar som är särskilt gynnsamma ur ett riskperspektiv och som bör beaktas vid den samlade bedömningen rörande behovet av riskreducerande åtgärder:

- I höjd med Gamlestads torg finns pendeltågsstationens perronger och urspåringsräl som förhindrar att ett urspårande tåg lämnar spårområdet.
- De närmaste järnvägsspåren är förlagda i tråg i höjd med Gamlestads torg, vilket begränsar både konsekvenserna vid urspårningar samt pölbränders utbredning i storlek och mot planområdet.
- Spårlägena har av beräkningstekniska skäl antagits placerade närmare planområdet än i verkligheten (kurvradier har antagits vara räta).
- Analysen har inkluderat transporter av farligt gods på även det närmaste spåret, vilket den nuvarande utformningen av järnvägssystemet inte möjliggör.

Resultaten visar att grupprisknivån ökar succesivt ju närmare järnvägen som byggnaderna placeras och närmar sig oacceptabelt höga nivåer då avståndet minskas till omkring 15 meter, grupprisken i området ändras endast marginellt om byggnaderna placeras på 25 eller 20 meters avstånd från järnvägen. Den föreslagna placeringen på 23 meters avstånd till järnvägen leder därmed till en grupprisknivå som bedöms kunna accepteras om alla föreslagna åtgärder vidtas.

Med hänsyn till att grupprisknivån delvis överstiger de riskversionskurvor som föreslås i FÖP Göteborg har en fördjupad studie avseende explosioner genomförts. Den visar att den använda fördelningen mellan stora och små laster av RID-S klass 1 har sannolikt överskattat andelen transporter med 25 ton. Analysen visar också att frekvensen av explosioner med RID-S klass 5 sannolikt har överskattats i den ursprungliga analysen, med hänsyn till sannolikheten för blandning med organiskt material. I fördjupningen konstateras även att konsekvenserna av en explosion med 25 ton RID-S klass 1 blir allvarliga och bedöms ha uppskattats på ett rimligt sätt i analysen. Utifrån detta bedömer WSP sammantaget att riskbidraget från explosioner sannolikt är mindre än den initiala uppskattningen.

## 11 Referenser

---

- [1] Trafikverket - Frågor och svar E45/E20 Partihallsförbindelsen [Elektronisk] Hämtad 2012-10-05: <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/E45E20-Partihallsforbindelsen/Fragor-och-svar-E45E20-Partihallsforbindelsen/>
- [2] Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten i Storgöteborg, 2004.
- [3] Riskhantering i detaljplaneprocessen, länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län, 2006.
- [4] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.
- [5] Säkra järnvägstransporter av farligt gods, Banverket och Räddningsverket, 2007.
- [6] Utrymningsdimensionering, Boverket, 2006.
- [7] Flödesdata för järnvägsspåren Gamlestadens pendeltågsstation, Hammaren och Triangelspåret för 2009, inklusive prognos för år 2020. Erhållen per epost från Alexander Hellervik (Trafikanalytiker, Trafikverket Göteborg) 2012-03-14.
- [8] International Electrotechnical Commission (IEC). International Standard 60300-3-9, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems, Genève, 1995.
- [9] International Organization for Standardization (ISO). Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards. Guide 73, Geneva, 2002.
- [10] Rapport Riskutredning Västra Gamlestaden norr om Säveån. Göteborgs stad. Enviroplaning AB, Göteborg. (2011-09-15).
- [11] Modell för skattnig av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001.
- [12] Värdering av risk, Räddningsverket, 1997.
- [13] Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, Boverket och Räddningsverket, 2006.
- [14] RID-S, Statens räddningsverks föreskrifter (SRVFS 2004:15) om transport av farligt gods på järnväg, Statens Räddningsverk, 2004.
- [15] Handbok för riskanalys, Räddningsverket, 2003.
- [16] Förvaring av explosiva varor (handbok), Räddningsverket, 2006.
- [17] Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [18] Flödesdata för järnvägsspåren Gamlestadens pendeltågsstation, Hammaren och Triangelspåret för 2009, inklusive prognos för år 2020. Erhållen per epost från Alexander Hellervik (Trafikanalytiker, Trafikverket Göteborg) 2012-03-14.
- [19] Riskhantering i översiktsplaner – En vägledning för kommuner och länsstyrelser, Räddningsverket, 2004.

## Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetssuppskattningar

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [1]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

### A.1 Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 0,5 km i Steg 1 och 1,5 km i Steg 2.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan på de tre spåren under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 78 000.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 520 000.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.

#### A.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 5 [1]:

Tabell 5. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

| Identifierade olyckstyper för urspårning | Frekvens (per år)     | Enhet                       |
|------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Rälsbrott                                | $5,00 \cdot 10^{-11}$ | vagnaxelkm                  |
| Solkurvor                                | $1,00 \cdot 10^{-5}$  | spårkm                      |
| Spårlägesfel                             | $4,00 \cdot 10^{-10}$ | vagnaxelkm                  |
| Växel sliten, trasig                     | $5,00 \cdot 10^{-9}$  | antal tågpassager           |
| Växel ur kontroll                        | $7,00 \cdot 10^{-8}$  | antal tågpassager           |
| <b>Vagnfel</b>                           |                       |                             |
| Persontåg                                | $5,00 \cdot 10^{-10}$ | vagnaxelkm                  |
| Godståg                                  | $3,10 \cdot 10^{-9}$  | vagnaxelkm                  |
| Lastförskjutning                         | $4,00 \cdot 10^{-10}$ | vagnaxelkm (godståg, annat) |
| Annan orsak                              | $5,70 \cdot 10^{-8}$  | tågkm                       |
| Okänd orsak                              | $1,40 \cdot 10^{-7}$  | tågkm                       |

#### A.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [1] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### A.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

### A.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet i Steg 1 sker inget växlingsarbete eller rangering. I Steg 2 uppskattas det grovt finnas 4 växlar.

### A.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

$$\text{Urspårningsfrekvens(per år)} \frac{\text{Godståg(st)}}{\text{Persontågspassager(st)}} = \text{Frekvens, godstågsolycka(per år)}$$

### A.1.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Då både urspårningsräler och perronger finns mellan de aktuella spåren och planområdet (i Steg 1), antas de tillsammans hindra ett urspårande tåg från att lämna sitt ursprungliga läge mer än ett par decimeter.

## A.2 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

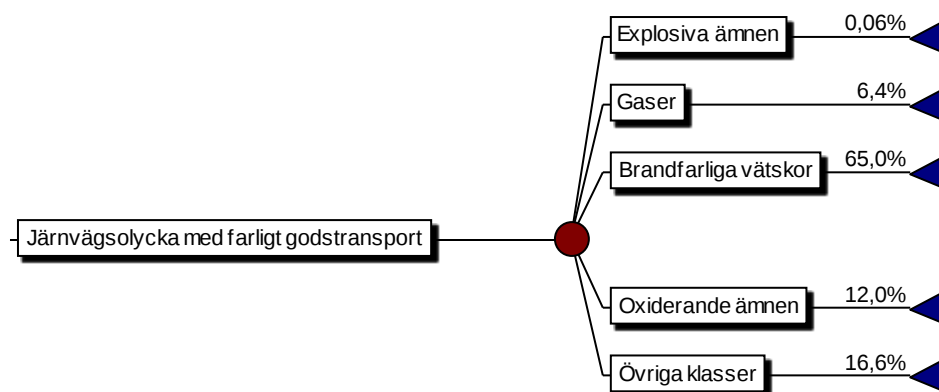
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt A.1.5 beräknad till  $6,17 \cdot 10^{-4}$  per år (för Gamlestads pendeltågsstation). I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [2]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 7 % av det totala antalet godsvagnar [10]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1 - (1 - 0,07)^{3,5}$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli ca  $1,38 \cdot 10^{-4}$  per år (för Gamlestads pendeltågsstation).

I händelseträdet, se Figur 21, redovisas frekvensen för olycka med transport av respektive aktuell farligt gods-klass inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 21. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

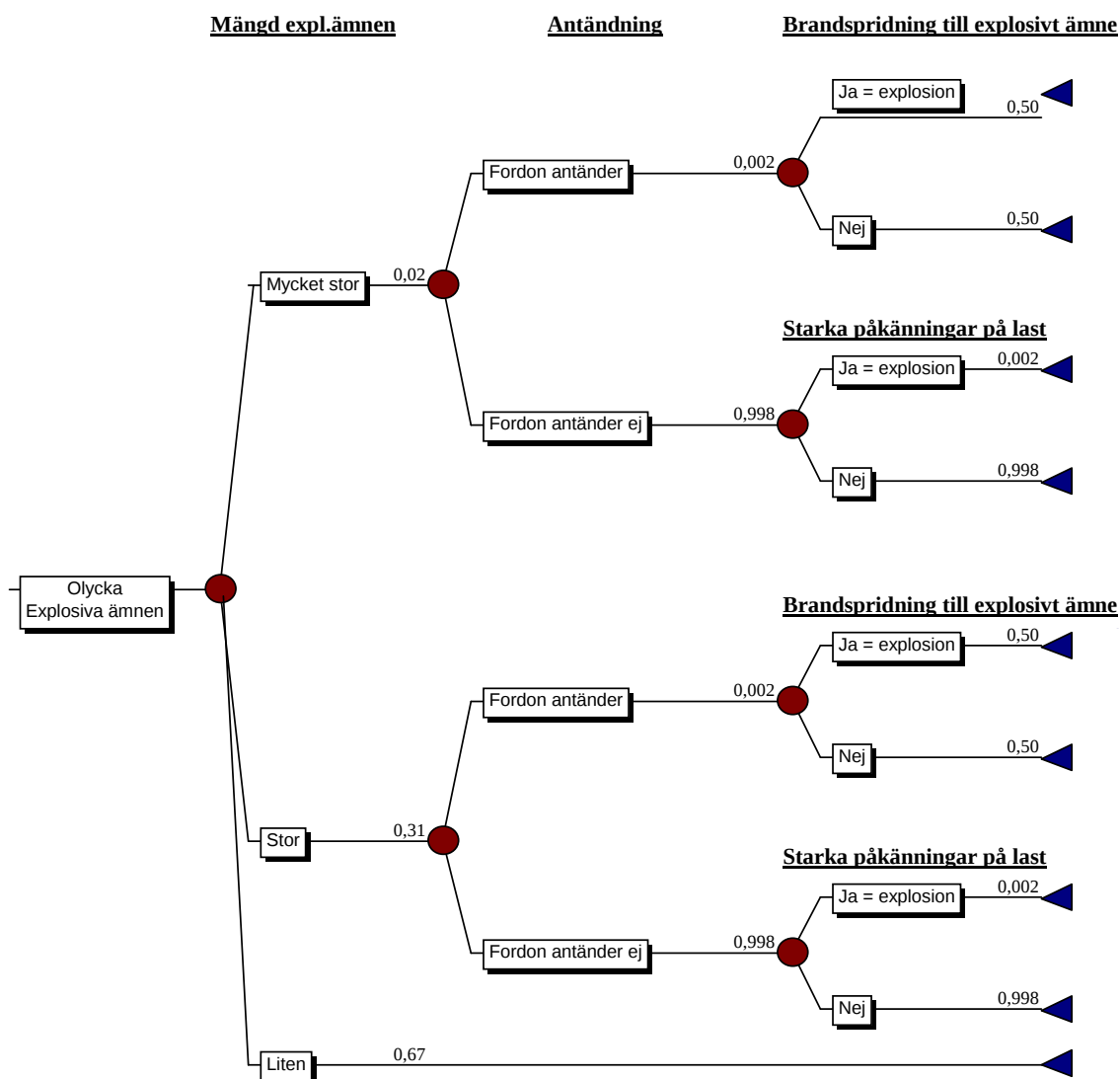
### A.3 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

#### A.3.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg). Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd. En grov uppskattning är att 25 tons-laster utgör ca 2 % av antalet transporter med RID-klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar. Sannolikheten för att tillräckligt stora påkänningar uppstår vid olyckan sätts till 0,2 % av fallen. Sannolikheten för att en vagn inblandat i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 % och därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 %. I Figur 22 redovisas möjliga scenarion.



Figur 22. Händelseträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### A.3.2 RID-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [3], antas 87 % av transporterna inom RID-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas utgöras av giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 0,01 i båda fallen [1]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 0,98.

För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för omfattande brand. En BLEVE (Boiling

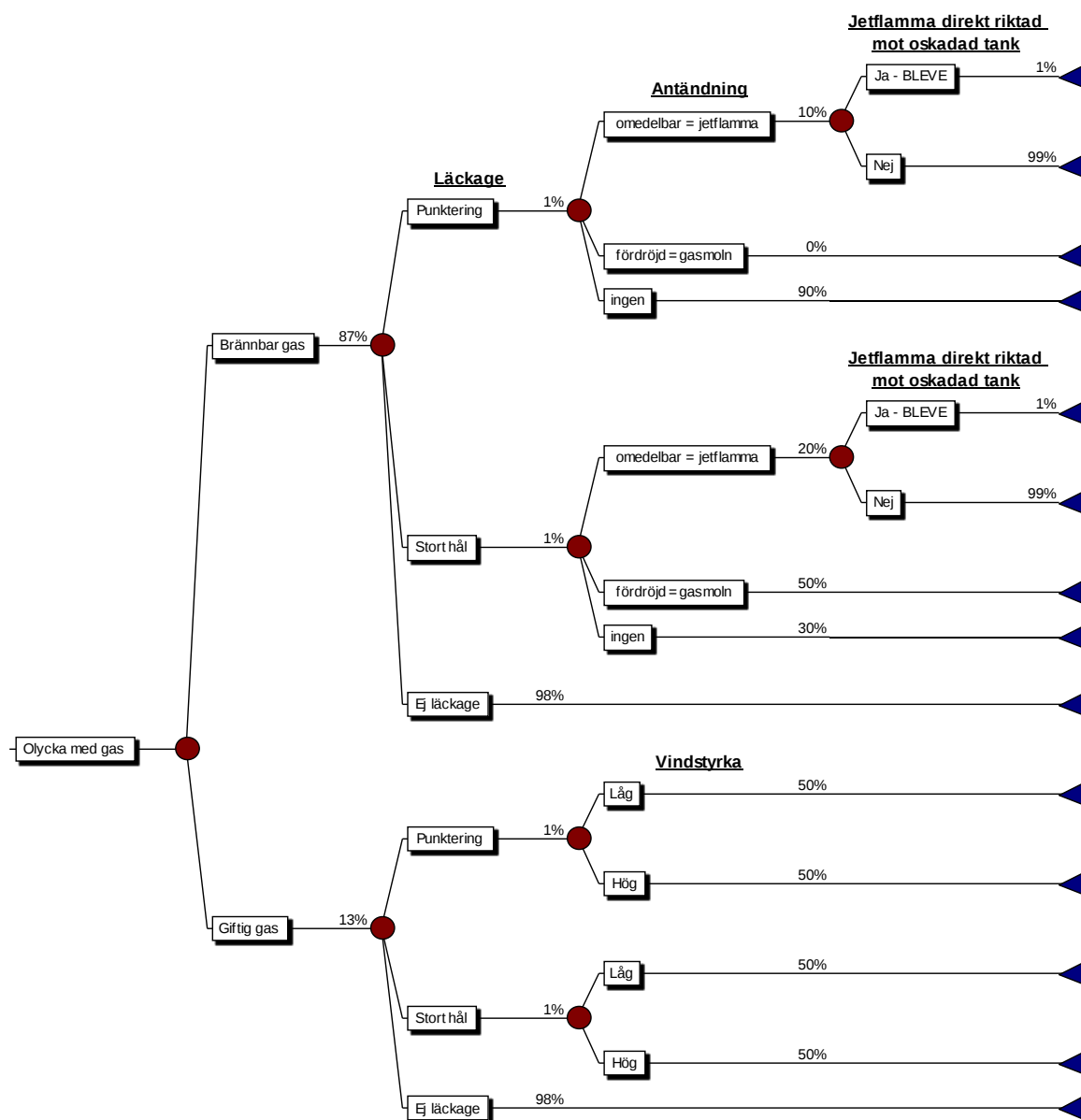
Liquid Expanding Vapour Explosion) kan då uppkomma, men detta inträffar inte förrän tanken utsatts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [4] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 0,1
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 0,90

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 0,2, 0,5 och 0,3 [4]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten, konservativt ansätts 0,01.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar dessutom vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s). I Figur 23 redovisas olika scenarion för en olycka med gas.

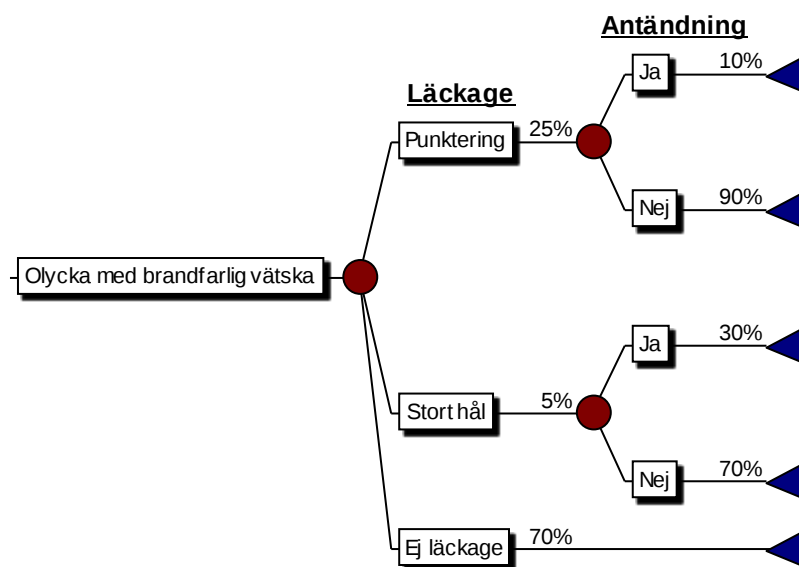


Figur 23. Händelsesträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### A.3.3 RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [1]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas antas vara 10 % respektive 30 % [1]. I Figur 24 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt då underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 24. Händelse-träd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

### A.3.4 RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

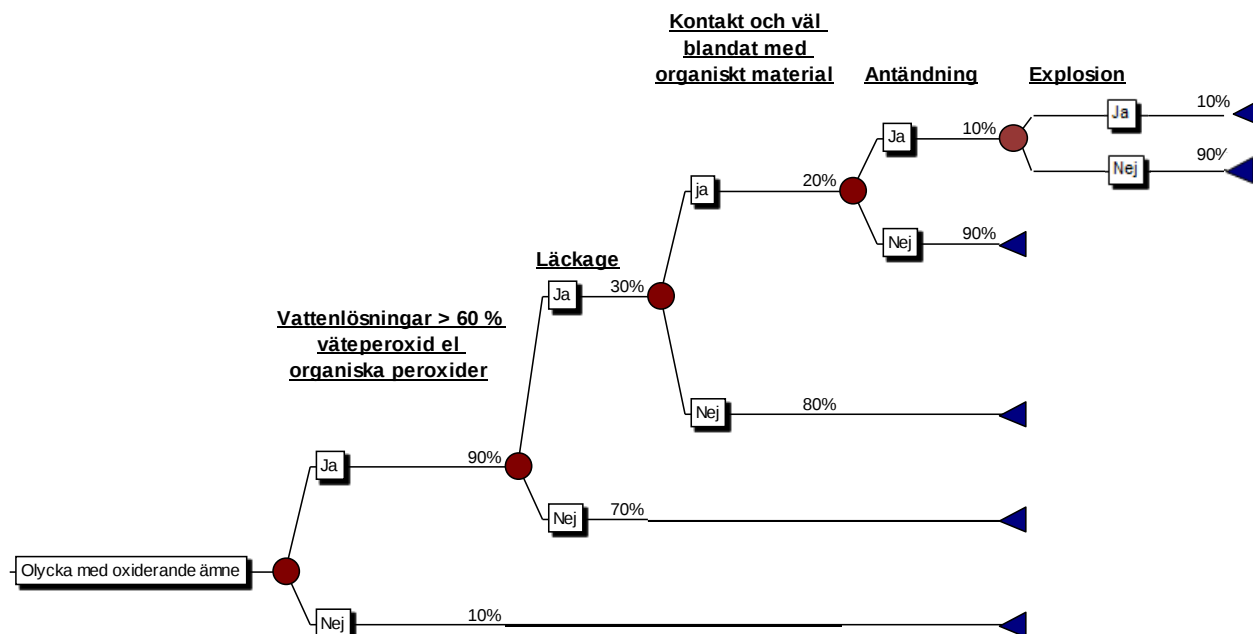
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [3] anger att 93 % av transporterna i RID-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 0,3 (se ovan i avsnitt A.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 0,2. Givet att blandning skett, antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. Sannolikheten för explosion uppskattas därefter till 0,1. I Figur 25 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 25. Händelsesträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

#### A.4 Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser, om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan (500 meter) ger därmed en frekvensreduktionsfaktor.

Även för gruppriskberäkningarna tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i gruppriskberäkningen halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

## Referenser Bilaga A

---

- [1] Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001.
- [2] Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [3] MSB (2011). Trafikflödet på järnväg – 2006. [Elektronisk] Tillgänglig:  
<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/> (2011-01-31)
- [4] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993.

## Bilaga B – Konsekvensuppskattningar Steg 1

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk (anpassat till en form av grupp risk för planområdet). Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Beräkningarna har delats upp på de tre olika spåren, som enligt ovan befinner sig på varierande avstånd från planområdet. Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats/uppskattats utifrån att olyckan inträffar på respektive spår, varifrån läckaget/branden/explosionen utgår. För individriskberäkningarna uppskattas ett avstånd till vilket dödliga konsekvenser uppstår. Referenspunkt för detta avstånd sätts dock till närmaste spårkant (Gamlestads pendeltågsstation). För grupp riskberäkningarna uppskattas ett förväntat antal omkomna. Detta antal justeras också för de två spåren som ligger på större avstånd från planområdet.

### B.1 Befolkningsmängd inom planområdet

Förutsättningarna för konsekvensuppskattningarna är följande. Den planerade bebyggelsen utgörs av en högre byggnad som inhyser omkring 7 500 m<sup>2</sup> kontorsytor, samt en lägre byggnad som inhyser publika lokaler som café, gym och liknande verksamheter (på en yta om cirka 3 000 m<sup>2</sup>). Med en persontätet som uppskattas enligt [1] till 0,1 personer/m<sup>2</sup> kommer 700 personer vistas i den högre byggnaden. I den lägre byggnaden uppskattas omkring 300 personer vistas dagtid. Totalt antas 1 000 personer vistas i byggnaderna på planområdet dagtid. Endast ett mindre antal (20) personer antas vistas i byggnaderna nattetid. Dessa bedöms i detta skede vara konservativa uppskattningar.

Utomhus antas i genomsnitt 40 personer vistas på planområdet under dagtid, och omkring 10 personer nattetid.

Förhållandena gällande befolkningsmängd för dagtid antas gälla under 2/3 av dygnet, medan nattetid antas råda 1/3 av dygnet.

### B.2 Mekanisk skada vid urspårning

Enligt resonemang i Bilaga A antas samtliga urspårande tåg stanna inom ett par decimeter från sitt ursprungliga läge. Därför antas inga människor på planområdet träffas av tåget och omkomma i samband med urspårningar.

**Tabell 6. Konsekvensuppskattningar urspårning.**

| Scenario   | Avstånd till dödliga förhållanden | Antal omkomna (dagtid) | Antal omkomna (nattetid) |
|------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Urspårning | < 1 m                             | 0                      | 0                        |

### B.3 Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods (Gamlestads pendeltågsstations spår)

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i bilaga A. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

### B.3.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära)[2].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [3]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt FÖP Göteborg blir konsekvensavståndet då cirka 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [4].

Byggnader har normalt en relativ låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [5] anger att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meter från en 25 tons explosion, vilket innebär att samtliga byggnader på planområdet kan förväntas skadas allvarligt vid en sådan. Grovt antas en tredjedel av människorna i byggnaderna omkomma vid en sådan explosion (detta antagande baseras på erfarenheter från andel omkomna vid raserade hus vid jordbävningar). Hälften av personerna utomhus antas omkomma.

Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meter, vilket betyder att endast fasad närmast järnvägen bedöms påverkas om olyckan sker på det närmaste spåret. En grov uppskattning är att några enstaka procent av människorna i byggnaden omkommer. Utifrån detta antas 20 personer omkomma i byggnaderna. Grovt uppskattas 5 personer omkomma utomhus.

**Tabell 7. Konsekvensuppskattningar explosiva ämnen.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (natttid)   |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 150 kg    | 25 m                                        | Inomhus: 20<br>Utomhus: 5   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0  |
| 25 000 kg | 120 m                                       | Inomhus: 330<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 13<br>Utomhus: 5 |

### B.3.2 RID-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara och giftiga.

#### **Brännbar gas**

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till ca 40 ton [6].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [7]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [8], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara  $15 \text{ kW/m}^2$  (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i *Gasol* för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur:  $15^\circ\text{C}$
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck:  $4 \cdot \text{designtrycket}$
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur:  $15^\circ\text{C}$
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 8 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma, för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt, runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

**Tabell 8. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.**

| Scenario                  | Läckagestorlek        | Antändning | Konsekvensavstånd (m) |
|---------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| BLEVE                     |                       |            | Cirkulärt 200 m radie |
| Hål i tank nära vätskeyta | Punktering (2,4 kg/s) | Jetflamma  | 18                    |
|                           |                       | Gasmoln    | 18                    |
|                           | Stort hål (60 kg/s)   | Jetflamma  | 91                    |
|                           |                       | Gasmoln    | 21                    |

Personer inomhus erhåller ett gott skydd mot strålningspåverkan.

Vid en BLEVE antas några enstaka procent av människorna i byggnaderna omkomma. Utifrån detta uppskattas 20 personer omkomma i byggnaderna. Gällande personer utomhus, antas hälften omkomma. En BLEVE förväntas inträffa först efter en lång fördröjning (uppskattningsvis minst 20 minuter), varför en evakuering av områden kan antas ha påbörjats. Dock bedöms det vara stor risk att det finns en skara åskådare eller nyfikna som inte hunnit flytta sig från området. 20 personer antas omkomma utomhus.

I scenariot med jetflamma (litet hål) antas en person omkomma utomhus (dagtid). Konsekvensområdet sträcker sig endast över området mellan byggnaderna och järnvägen, var en majoritet av människorna kan antas vara resenärer (vilka inte inkluderas i dessa beräkningar, enligt tidigare avgränsning). Vid den större jetflamman antas grovt att en tredjedel av personerna utomhus omkommer. Även inomhus antas några enstaka människor omkomma till följd av den momentana påverkan mot en utsatt fasad som kan uppstå.

Gällande gasmolnsexplosioner kan de ovan beräknade konsekvensavstånden kompletteras med ett antagande om att massan kan förflytta sig in på planområdet vid ogynnsamma vindförhållanden. Någon tryckuppbyggnad vid en gasmolnsexplosion bedöms vara osannolik. Den beaktansvärda påverkan bedöms istället utgöras av den flamfront som rör sig genom gasmolnet och orsakar brännskador. Med gasförflyttning in på området bedöms en tredjedel av människorna utomhus omkomma. Inga personer inomhus bedöms omkomma till följd av flamfronten.

**Tabell 9. Konsekvensuppskattningar brännbara gaser.**

| Scenario              | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)     | Antal omkomna (natttid)  |
|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| BLEVE                 | 200 m                                       | Inomhus: 20<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 5 |
| Jetflamma (litet hål) | 18 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Jetflamma (stort hål) | 91 m                                        | Inomhus: 3<br>Utomhus: 13  | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |
| Gasmoln (litet hål)   | 50 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 13  | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |
| Gasmoln (stort hål)   | 50 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 13  | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |

### Giftig gas

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativ ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [9] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (inomhus och utomhus) Använt gränsvärde för dödliga skador ( $LC_{50}^1$ ) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [9]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [9].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas

<sup>1</sup> Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 10.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

**Tabell 10. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godso-lycka med giftig gas i lasten.**

| Scenario               | Vindstyrka (m/s) | Konsekvensavstånd utomhus (m) |
|------------------------|------------------|-------------------------------|
| Punktering (0,45 kg/s) | 3                | 38                            |
|                        | 8                | 34                            |
| Stort hål (112 kg/s)   | 3                | 755                           |
|                        | 8                | 880                           |

Gällande personer som befinner sig inomhus kommer konsekvenserna att bli lindrigare än för de som befinner sig utomhus. Detta på grund av att koncentrationerna av giftig gas ofta inte når upp till lika höga nivåer inomhus. Utomhusluften strömmar in i en byggnad genom ventilationssystemet relativt långsamt då gasmolnet passerar byggnaden. Det anges att skyddsfaktorn som uppstår då man befinner sig inomhus kan vara mellan en faktor 2 och 10 [10], jämfört med utomhus. För det aktuella planområdet antas att byggnaderna uppförs i modern form, med moderna krav på inomhusklimat, energiefektivitet, akustik med mera. Dessa krav är ofta gynnsamma även ur ett skyddsperspektiv vid gasutsläpp, då en modern byggnad ofta har ett tätare skal. Med anledning av detta antas att 1/10 av personerna inomhus omkommer då byggnaden utsätts för giftig gas. Utomhus bedöms samtliga omkomma.

Vid det mindre utsläppet beräknas de dödliga koncentrationerna nå fram till de närmaste delarna av byggnaderna, men inte omsluta dem. Till följd av detta antas att någon enstaka procent omkommer inomhus (20 personer). Utomhus uppskattas av fem personer omkommer (dagtid).

**Tabell 11. Konsekvensuppskattningar giftig gas.**

| Scenario           | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (nattetid)  |
|--------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Punktering (3 m/s) | 38 m                                        | Inomhus: 20<br>Utomhus: 5   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1  |
| Punktering (8 m/s) | 34 m                                        | Inomhus: 20<br>Utomhus: 5   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1  |
| Stort hål (3 m/s)  | 755 m                                       | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |
| Stort hål (8 m/s)  | 880 m                                       | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |

### B.3.3 RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara fram till där värmestrålningsnivån överstiger  $15 \text{ kW/m}^2$ , vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [7].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Detta antas vara jämförbart med den stora mängd flygbränsle som transporteras på sträckan. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank ca 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage brukar i dessa sammanhang antas bilda en  $400 \text{ m}^2$  pöl medan en punktering grovt antas bilda en  $100 \text{ m}^2$  pöl. I det aktuella området kommer dock järnvägen att gå i ett tråg, vilket kan förväntas minska möjligheterna för en stor pöl att breda ut sig. Om tråget grovt antas vara 10 meter brett, och en pöl antas breda ut sig 20 meter kommer den största pölstorleken att bli omkring  $200 \text{ m}^2$ .

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. De formler som använts är baserade på den forskning på brandområdet som bedrivits under lång tid. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [11].

I Tabell 12 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika pölareor. Strålningsberäkningarna utgår från pölens kant, vilket med hänsyn till tråget antas vara detsamma som det ursprungliga spårläget plus en meter.

**Tabell 12. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.**

| Scenario                                    | Pölradi | Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå |
|---------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------|
| Liten pölbrand bensen ( $100 \text{ m}^2$ ) | 5,6 m   | 17 m                                             |
| Stor pölbrand bensen ( $200 \text{ m}^2$ )  | 11 m    | 23 m                                             |

**Tabell 13. Konsekvensuppskattningar brandfarliga vätskor.**

| Scenario       | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)   | Antal omkomna (nattetid) |
|----------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Liten pölbrand | 18 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Stor pölbrand  | 24 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

### B.3.4 RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas endast personer inom planområdet omkomma, om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp med 3 ton explosiv blandning.

En explosiv oxidator-bränsleblandning på 3 ton bedöms ge skador på byggnader (raserade väggar – 40 kPa) upp till cirka 70 meter från olycksplatsen. Dödliga förhållanden för oskyddade människor utomhus enligt resonemang ovan (70 kPa) uppkommer på upp till 50 meter [4].

I likhet med resonemanget ovan för explosioner med RID-klass 1, antas en tredjedel av personerna omkomma både inomhus och utomhus.

**Tabell 14. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (nattetid) |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Explosion | 50 m                                        | Inomhus: 330<br>Utomhus: 13 | Inomhus: 3<br>Utomhus: 3 |

## B.4 Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods (Hammaren-spåret)

I detta avsnitt redovisas konsekvensuppskattningar för Hammaren-spåret, anpassat utifrån bedömningarna gjorda för Gamlestads pendeltågsstations spår ovan, men med hänsyn till att Hammaren-spåret är beläget minst 24 meter längre bort från planområdet. Utifrån denna avståndsskillnad följer att vissa scenarier har så korta konsekvensavstånd att de nu inte längre når fram till planområdet, medan vissa enbart reduceras, men fortfarande har en påverkan.

**Tabell 15. Konsekvensuppskattningar urspårning.**

| Scenario   | Avstånd till dödliga förhållanden | Antal omkomna (dagtid) | Antal omkomna (nattetid) |
|------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Urspårning | < 1 m                             | 0                      | 0                        |

För explosion (150 kg) antas inga konsekvenser för planområdet. För explosion (25 ton) antas samma konsekvenser som för Gamlestads pendeltågsstation.

**Tabell 16. Konsekvensuppskattningar explosiva ämnen.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (nattetid)  |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 150 kg    | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0    | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0  |
| 25 000 kg | 96 m                                        | Inomhus: 330<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 13<br>Utomhus: 5 |

För BLEVE görs samma antaganden som ovan. Jetflamma (liten) antas inte få några konsekvenser. Jetflamma (stor) antas få samma som ovan. För gasmolnsexplosion antas den brännbara gasmassan kunna flytta sig, varför personer utomhus bedöms kunna omkomma på planområdet även då. Grovt uppskattas att 1/3 av personerna utomhus omkommer.

**Tabell 17. Konsekvensuppskattningar brännbara gaser.**

| Scenario              | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)     | Antal omkomna (nattetid) |
|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| BLEVE                 | 176 m                                       | Inomhus: 20<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 5 |
| Jetflamma (litet hål) | 0 m                                         | Inomhus: 0                 | Inomhus: 0               |

|                       |      |                           |                          |
|-----------------------|------|---------------------------|--------------------------|
|                       |      | Utomhus: 0                | Utomhus: 0               |
| Jetflamma (stort hål) | 67 m | Inomhus: 2<br>Utomhus: 13 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |
| Gasmoln (litet hål)   | 0 m  | Inomhus: 0<br>Utomhus: 13 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |
| Gasmoln (stort hål)   | 0 m  | Inomhus: 0<br>Utomhus: 13 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 3 |

För gasutsläpp som följer på en mindre punkteringarna antas ingen dödlig koncentration nå fram till byggnaderna på planområdet. Utifrån detta antas inga personer omkomna i byggnaderna. Utomhus antas ett fåtal personer ändå omkomma. För läckage med stort hål görs samma antaganden som Gamlestads pendeltågsstation.

**Tabell 18. Konsekvensuppskattningar giftiga gaser.**

| Scenario           | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (nattetid)  |
|--------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Punktering (3 m/s) | 14 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 2    | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1  |
| Punktering (8 m/s) | 10 m                                        | Inomhus: 0<br>Utomhus: 2    | Inomhus: 0<br>Utomhus: 1  |
| Stort hål (3 m/s)  | 731 m                                       | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |
| Stort hål (8 m/s)  | 856 m                                       | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |

Pölbränder anas inte ge några konsekvenser för planområdet.

**Tabell 19. Konsekvensuppskattningar brandfarliga vätskor.**

| Scenario       | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)   | Antal omkomna (nattetid) |
|----------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Liten pölbrand | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Stor pölbrand  | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

Explosionen med RID-S klass 5 uppskattas grovt resultera i samma konsekvenser som den mindre (150kg) explosionen gav på Gamlestads pendeltågsstation.

**Tabell 20. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)    | Antal omkomna (nattetid) |
|-----------|---------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Explosion | 26 m                                        | Inomhus: 20<br>Utomhus: 5 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

## B.5 Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods (Triangelspåret)

I detta avsnitt redovisas konsekvensuppskattningar för Triangelspåret, anpassat utifrån bedömningarna gjorda för Gamlestads pendeltågsstations spår ovan, men med hänsyn till att Triangelspåret är beläget som minst 44 meter längre bort från planområdet.

**Tabell 21. Konsekvensuppskattningar urspårning.**

| Scenario   | Avstånd till dödliga förhållanden | Antal omkomna (dagtid) | Antal omkomna (natttid) |
|------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Urspårning | < 1 m                             | 0                      | 0                       |

För den mindre explosionen (150 kg) antas inga konsekvenser uppstå för planområdet. För den stora explosionen (25 ton) görs samma antaganden som för Gamlestads pendeltågsstation.

**Tabell 22. Konsekvensuppskattningar explosiva ämnen.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)      | Antal omkomna (natttid)   |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 150 kg    | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0    | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0  |
| 25 000 kg | 76 m                                        | Inomhus: 330<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 13<br>Utomhus: 5 |

För BLEVE görs samma antaganden som ovan. För stor jetflamma likaså. För liten jetflamma antas inga konsekvenser för planområdet. Gasmolnexplosioner bedöms inte påverka på så stora avstånd.

**Tabell 23. Konsekvensuppskattningar brännbara gaser.**

| Scenario              | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)     | Antal omkomna (natttid)  |
|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| BLEVE                 | 156 m                                       | Inomhus: 20<br>Utomhus: 20 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 5 |
| Jetflamma (litet hål) | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Jetflamma (stort hål) | 47 m                                        | Inomhus: 2<br>Utomhus: 8   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 2 |
| Gasmoln (litet hål)   | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Gasmoln (stort hål)   | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0   | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

För litet utsläpp (punktering) antas inga konsekvenser uppstå. För stort utsläpp (stort hål) görs samma antaganden som ovan.

**Tabell 24. Konsekvensuppskattningar giftiga gaser.**

| Scenario           | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)   | Antal omkomna (natttid)  |
|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Punktering (3 m/s) | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Punktering (8 m/s) | 0 m                                         | Inomhus: 0               | Inomhus: 0               |

|                   |       |                             |                           |
|-------------------|-------|-----------------------------|---------------------------|
|                   |       | Utomhus: 0                  | Utomhus: 0                |
| Stort hål (3 m/s) | 711 m | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |
| Stort hål (8 m/s) | 836 m | Inomhus: 100<br>Utomhus: 40 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 10 |

Pölbränder antas inte ge några konsekvenser för planområdet.

**Tabell 25. Konsekvensuppskattningar brandfarliga vätskor.**

| Scenario       | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)   | Antal omkomna (nattetid) |
|----------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Liten pölbrand | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |
| Stor pölbrand  | 0 m                                         | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

Explosionen med RID-S klass 5 kan enligt ovan förväntas ge skador på byggnader på 70 meters avstånd, varför fasad mot järnvägen förväntas skadas. Explosionen uppskattas grovt resultera i samma konsekvenser som den mindre (150kg) explosionen gav på Gamlestads pendeltågsstation.

**Tabell 26. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.**

| Scenario  | Avstånd till dödliga förhållanden (utomhus) | Antal omkomna (dagtid)    | Antal omkomna (nattetid) |
|-----------|---------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Explosion | 6 m                                         | Inomhus: 20<br>Utomhus: 5 | Inomhus: 0<br>Utomhus: 0 |

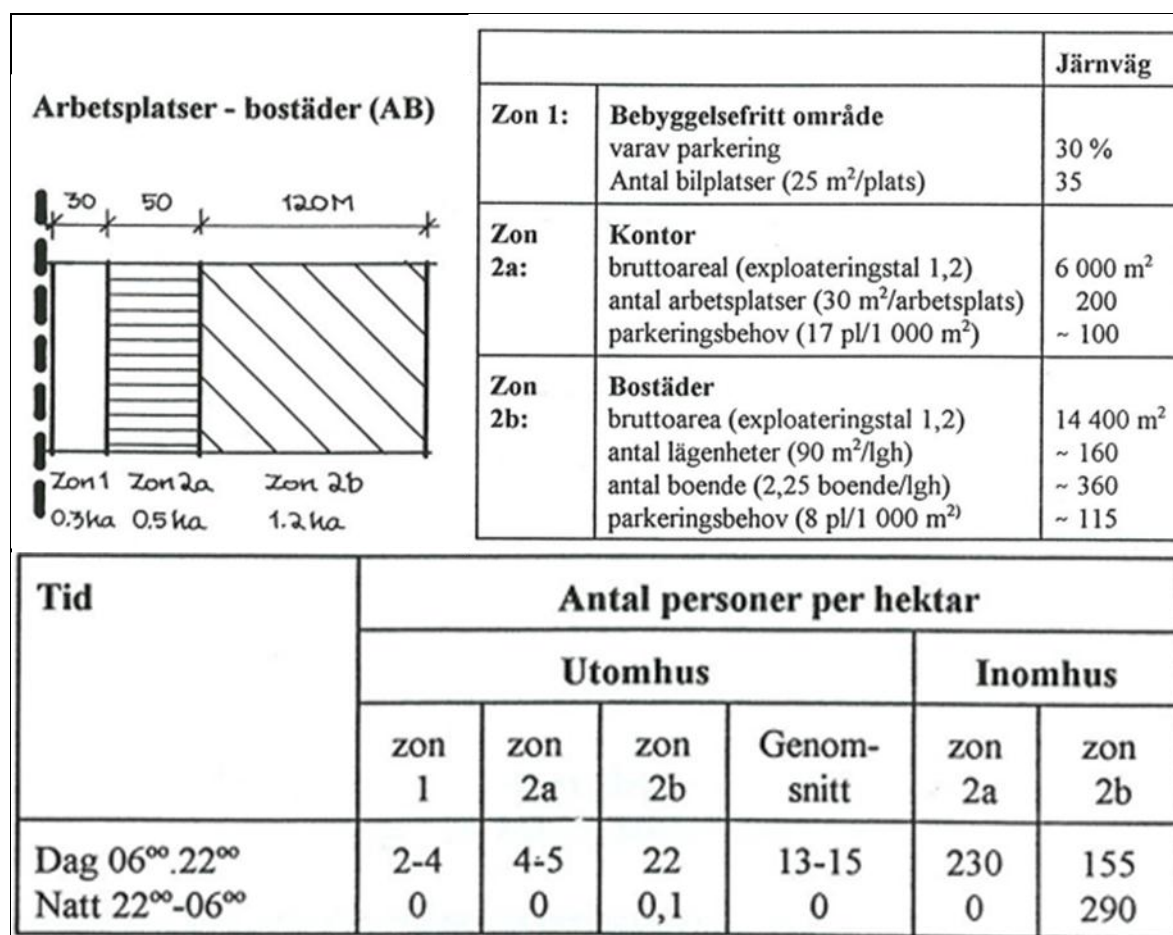
## Referenser Bilaga B

---

- [1] Utrymningsdimensionering. Karlskrona: Boverket, 2006.
- [2] Verkan av explosioner i det fria. Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [3] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker. Tumba: Forsvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., 1997.
- [4] Konsekvensanalys explosioner. Stefan Lamnevik AB: Stjärnhov, 2006.
- [5] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.
- [6] Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter, Svenska gasföreningen, 2004.
- [7] Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [8] Datorprogrammet Gasol, LTH Brandteknik.
- [9] Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank, RIB, Statens räddningsverk.
- [10] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker. Tumba: Forsvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., 1997.
- [11] Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.

## Bilaga C – Konsekvensuppskattningar Steg 2

För uppskattning av konsekvenserna vid olyckor har Bilaga 2 i FÖP [4] använts i så lång utsträckning som möjligt. Typbebyggelsen ”Arbetsplatser – bostäder (AB)” antas konservativt kunna representera den 1,5 km långa sträckan efter att de planerade utbyggnaderna är genomförda. Det innebär att de i Figur 26 redovisade värdena tillämpas i bedömningarna.



Figur 26. Tillämpade antaganden från FÖP Göteborg Bilaga 1[4].

Resulterande konsekvensuppskattningar för de olika identifierade scenarierna presenteras i FÖP Bilaga 2 sidor 7-19. Tillämpningen av dem i denna analys presenteras i Tabell 27. Där flera alternativ eller möjligheter till tolkning finns, har det mest konservativa alternativet valts.

**Tabell 27. Konsekvensuppskattningar utifrån FÖP Göteborg Bilaga 2 [4].**

| Scenario                                   | Antal omkomna (dagtid) | Antal omkomna (nattetid) |
|--------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Mekanisk skada vid urspårning (0-30 meter) | 0 (†)                  | 0 (†)                    |
| Explosiva ämnen, 25 ton                    | 195                    | 65                       |
| Explosiva ämnen, 150 kg                    | 25 (°)                 | 0 (°)                    |
| BLEVE                                      | 10                     | 0                        |
| Jetflamma, punktering                      | 1 (*)                  | 0 (*)                    |
| gasmoln, punktering                        | 3                      | 0                        |
| Jetflamma, stort hål                       | 16 (*)                 | 3 (*)                    |
| gasmoln, stort hål                         | 3                      | 0                        |
| Punktering giftig gas, svag vind,          | 30                     | 5                        |
| Punktering giftig gas, stark vind,         | 30                     | 5                        |
| Stort hål giftig gas, svag vind,           | 30                     | 5                        |
| Stort hål giftig gas, stark vind,          | 30                     | 5                        |
| Liten pölbrand                             | 0                      | 0                        |
| Stor pölbrand                              | 0                      | 0                        |
| Explosion oxiderande ämnen 3 ton explosiv  | 195                    | 65                       |

(†) Antal omkomna vid urspårning har inte uppskattats i FÖP Bilaga 2. Konsekvenserna till följd av mekanisk skada vid urspårningar längs de 1,5 kilometer långa spårsträckorna antas i denna analys bli mycket små, då inga människor bedöms vistas inom 30 meter från spåret i normalfall. I beräkningarna anges därför antal omkomna vid urspårningar till noll (0).

(°) För explosion med 150 kg saknas uppskattning i FÖP. Uppskattade konsekvenser från den fördjupade studien vid Gamlestads torg tillämpas, vilket bedöms vara ett konservativt antagande.

(\*) För jetflammar saknas uppskattning av antal omkomna i FÖP. Avstånd för jetflammorna anges dock till omkring 21 meter vid läckage i gasfas, samt omkring 85 meter vid läckage i vätskefas. Dessa avstånd motsvarar väl de som beräknats i den fördjupade studien vid Gamlestads torg (för *punktering* respektive *stort hål*). Uppskattat antal omkomna antas därför kunna tillämpas längs hela sträckan i Steg 2. Detta bedöms vara ett konservativt antagande, då befolkningstätheten är mindre på andra platser än vid Steg 1.

## Bilaga D – Fördjupning explosioner

I denna bilaga redovisas den fördjupade studie som genomförts avseende explosioners bakomliggande mekanismer, transporterade mängder och resulterande trycknivåer vid händelse av en olycka. Det konstaterade tidigare i kapitel 8 – *Känslighetsanalys* att verkan av explosioner bör studeras närmare på grund av de osäkerheter som identifierats i samband med riskuppskattningen. Riskbidraget från explosioner kommer från olyckor med både RID-S klass 1 och 5.

### D.1 Mekanismerna bakom en explosion

En explosion karakteriseras av att materia plötsligt expanderar till en mycket större volym än den ursprungliga. Detta kan ske genom en fysisk eller en kemisk tillståndsförändring. Det finns två sorters explosioner. En explosion som rubriceras som en detonation karakteriseras av att tryckspridning sker i överljudshastighet och tidskalan är i mikrosekunder. Den långsammare typen är av typen kemisk explosion en så kallad deflagration. Det omgivande mediet antänds av temperaturökningen som sker då närliggande materia förbränns. Detta sker i underljudshastighet och ger en lågintensiv explosion där tidskalan är millisekunder. Om inget annat anges i denna rapport syftar benämningen explosion på en detonerande explosion.

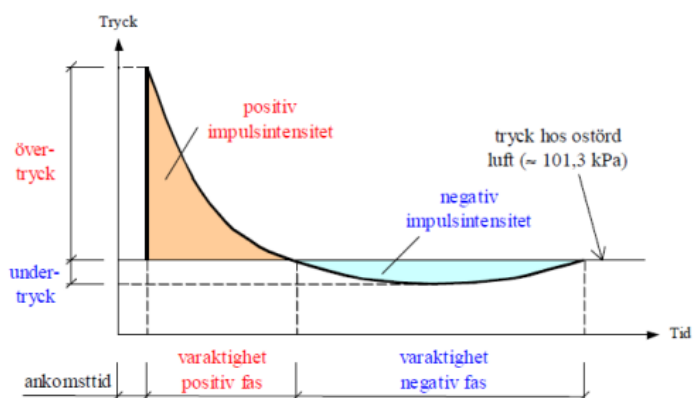
Vid explosion av en laddning kommer det bildas en tunn omsättningszon som rör sig utåt från tändpunkten med explosionshastigheten för ämnet. Då denna zon når luften fördelas en stöt till luften som sedan rör sig utåt åt alla håll (sfäriskt). Denna tryckstöt har ett högt tryck precis vid explosionsämnet för att sedan avta relativt snabbt med avståndet. Trycket i luftstötvågen stiger momentant till ett övertryck för att sedan sjunka ned till ett undertryck innan det når normaltrycket igen. Detta illustreras i schematiskt i Figur 27.

När stötvågen träffar ett föremål med högre densitet än luft kommer den ändra riktning och studsa tillbaka. Det tryck föremålet utsätts för i detta fall kallas reflektionstryck. Föremål som luftstötvågen stryker förbi utan att hejdas utsätts för ett lägre tryck, ett så kallat *side-on* tryck. Trycket mäts i pascal (Pa)

Det är även av vikt att veta hur länge ett objekt befinner sig under det dynamiska trycket och eftersom trycket relativt snabbt avtar behövs ett mått på både tid och tryck. Impulstätheten (intensiteten) ger ett sorts snitt mått på trycket över tiden i kilopaskalsekunder (kPas).

Om en explosion sker på marken kommer tryckvågen, som breder ut sig sfäriskt, att reflekteras mot marken och det ser ut som om det är den dubbla laddningsviktens tryckvåg som träffar objekt.

Tryckvågens skadeverkan beror på ett flertal faktorer, där laddningsvikten, impulstätheten och avståndet till explosionen är de viktigaste faktorerna.



Figur 27. Principiell bild av ett typiskt tryck-tidssamband för en luftstötvåg vid fri avlastning [1].

## D.2 RID-S klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Transport av RID-S klass 1 (explosiva ämnen) tillåts för lastmängder upp till 25 ton. Till skillnad från transport på väg så finns det ingen nationell eller lokal statistik över hur mycket som faktiskt transporteras vid varje transport att tillgå. Konsekvenserna skiljer sig avsevärt med hur stor lastmängd som detonerar samtidigt.

### D.2.1 Frekvenser

För att på ett ekonomiskt och korrekt sätt ta hänsyn till risker måste man förutom konsekvensen även ta hänsyn till en förväntad frekvens för den olycka som ger riskbidraget.

Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades så lite klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton /år) Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods (alla klasser 13 300 ton [2]). Denna siffra gäller för Sverige i helhet och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Samtal med ett av de största transportbolagen visar att de endast hade tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå då även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de transportererna på mer än 500 kg explosivt ämne [3]. Den transporterade mängden RID-S klass 1 är därmed sannolikt mindre än vad som tidigare antagits i analysen.

I uppskattningen av fördelningen mellan klasser har andelarna för respektive klass baserats på antal vagnar. Eftersom RID-S klass 1 oftare transporteras i små mängder (mindre än till exempel RID-S klass 3) bedöms den använda andelen om 0,06 % även ur detta perspektiv vara överskattad.

### D.2.2 Konsekvenser

En explosion skapar ett övertryck och en impuls som orsakar både person- och egendomsskador. Sekundära skador kan orsakas av splitter och/eller ras.

#### D.2.2.1 Personskada

Skador på människor till följd av luftstöt vågor kan indelas i direkta och indirekta skador. De indirekta kan sedan delas upp i sekundära (föremål som kastas av explosionen och träffar människa) eller tertiära (människor som kastas mot mark eller föremål av explosionen). Till detta tillkommer skador av kollapsande byggnader. Då denna rapport främst behandlar skador på byggnader beskrivs här endast gränsvärden för skador på människor i det fria övergripande. För mer detaljerad information hänvisas till referens [4].

Tabell 28 redovisar riktvärden för skador på människor. Kriterierna skall ses som riktvärden då olika människor är olika tåliga samt att effekten även till stor del beror på hur man står orienterad mot tryckvågsfronten.

**Tabell 28. Riktvärden för skador på människor till följd av luftstöt vågor i det fria [4][5].**

---

|                 |        |
|-----------------|--------|
| Trumhinneruptur | 35 kPa |
| Lungblödning    | 70 kPa |

---

---

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Dödliga skador, gräns | 180 kPa |
|-----------------------|---------|

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Dödliga skador 50 % | 260 kPa |
|---------------------|---------|

---

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Kastas omkull, gräns | 380 Pas |
|----------------------|---------|

---

#### D.2.2.2 Byggnader

Väggar är tunga och det medför att en stöt förutom tryck även måste ha en viss varaktighet för att ge skada. Generellt innebär det att det krävs ett visst övertryck samt minst en viss impuls. För mindre explosionslaster, upp till 200 kg antas impulstätheten dominerande och över 200 kg antas trycket vara dimensionerande.

För väggar där man känner konstruktioner kan riktvärden i Tabell 29 användas.

**Tabell 29. Riktvärden för 50 % sannolikhet att yttervägg rasar [5].**

| Typ av byggnad     | Tryck (kPa) | Impulstäthet (Pas) |
|--------------------|-------------|--------------------|
| Trä/plåt           | 10          | 500                |
| Tegel/äldre betong | 20          | 1000               |
| Ny betong          | 40          | 1500               |
| Skyddsrum          | 1000        | 4000               |

#### D.2.2.3 Splitter

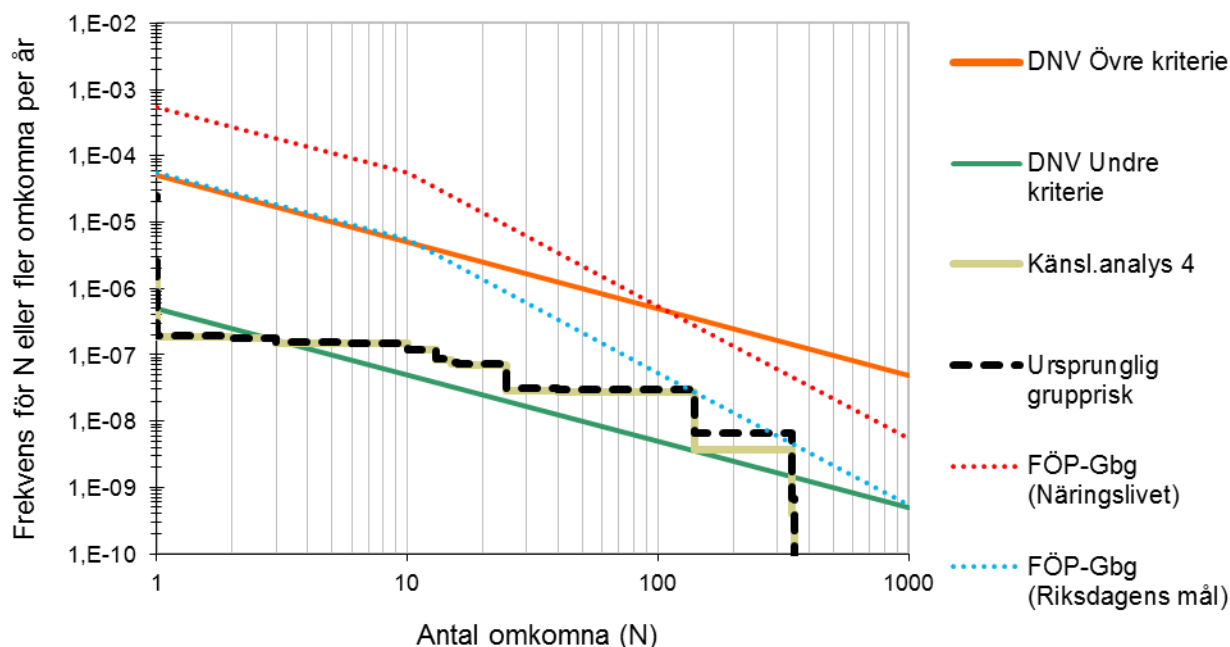
Skador som uppstår av splitter beror på deras rörelseenergi vid träff och var de träffar. Splitter kan ha en lång räckvidd och ett 800 g stålsplitter kan nå så långt som 1200 m och ha en utgångshastighet om 2000 m/s. Skador på byggnader beror på splittrets massa och hastighet samt var byggnaden träffas. Skador på människor är allvarliga vid rörelseenergier på 20 J och dödliga med 90 % vid energier på 360 J. Träffar i huvud eller bål är allvarligast och det är ovanligt med dödsfall vid träff i armar och ben [5].

### D.3 RID-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I den tidigare analysen har det antagits att omkring 20 % av fallen där RID-S klass 5 läcker ut vid en olycka, sker en blandning med organiskt flytande ämne (som bensin eller diesel). Detta förutsätter alltså att ytterligare ett läckage har inträffat samtidigt vid olyckan, och att en annan av de urspårade vagnarna transporterar RID-S klass 3. En känslighetsanalys (nummer 4) har genomförts där antagandet om 20 % av fallen leder till kontakt och blandning med organiskt ämne har sänkts till 11 %. 11 % har uppskattats förenklat utifrån att farligt gods antas utgöra 7 % av allt transporterat gods, samtidigt som RID-S klass 3 utgör 65 % av allt farligt gods ( $0,07 \cdot 0,65 = 0,0455$ ). Sannolikheten för att minst en av de övriga vagnarna i en urspårning beräknas då till:

$$1-(1-0,0455)^{2,5} = 0,11$$

Resultatet visas i Figur 28.

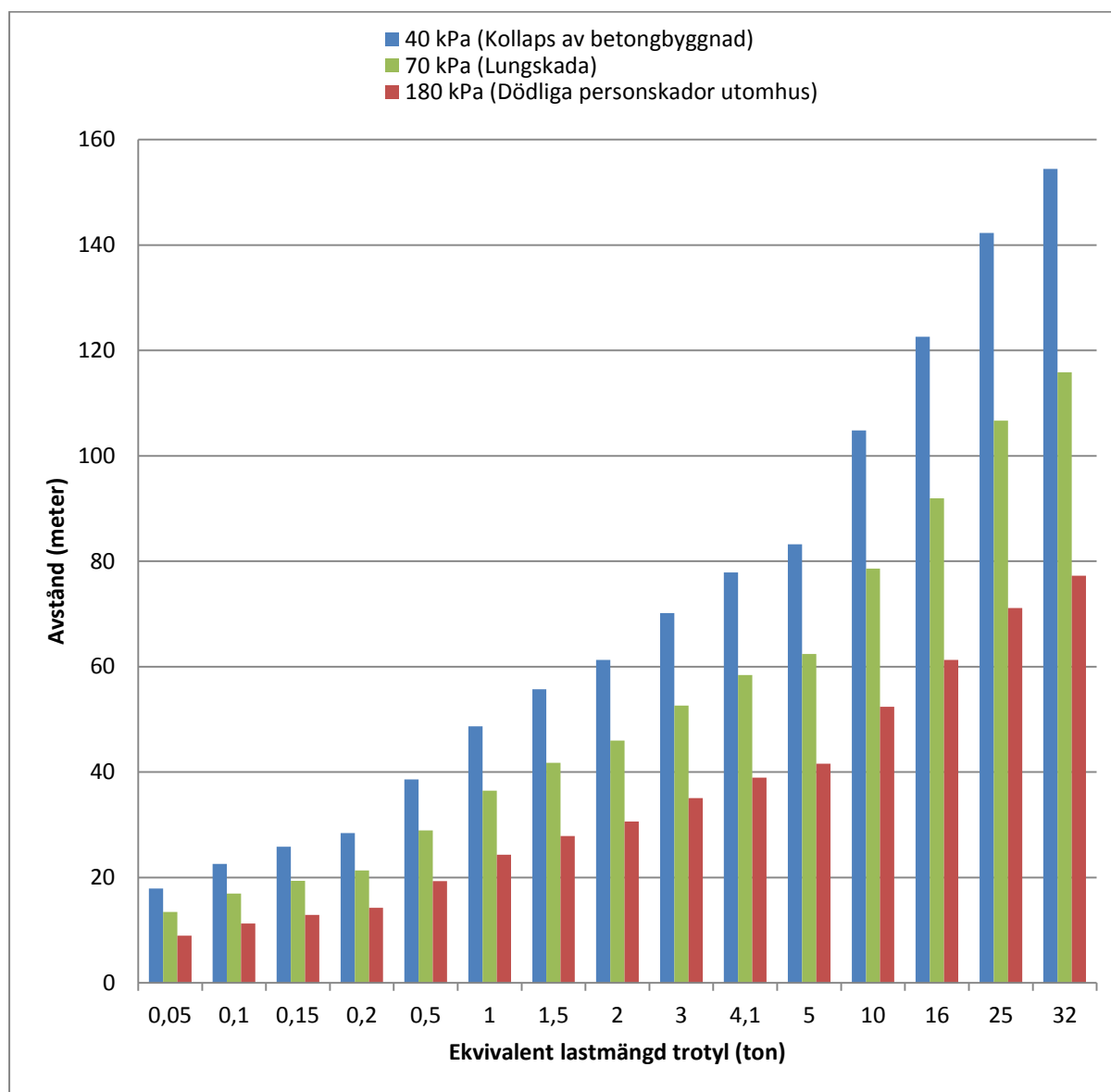


**Figur 28. Känslighetsanalys 4.**

Resonemanget ovan leder till slutsatsen att även riskbidraget från explosionen vid olycka med RID-S klass 5 sannolikt är överskattat i analysen.

## D.4 Resultat

Avstånden till de olika trycknivåerna som nyttjas illustreras grafiskt i Figur 29.



Figur 29. Avstånd till skadekriterier för olika lastmängder.

Osäkerheterna kring explosioners verkan på området är relativt stora. Det är många faktorer som spelar in hur en eventuell skada kommer att se ut. Störst inverkan är laddningsmängd, därför har acceptans kriterierna illustrerats för ett antal lastmängder upp till 25 ton.

Explosionens centrum i förhållande till byggnaden kommer att påverka skadan. Vid beräkningar av tryck antas tryckvågen komma rakt mot byggnaden och mitt för. Detta ger det största teoretiska tryck som kan uppstå mot fasaden närmast järnvägen.

## **D.5 Riskreducerande åtgärder**

I detta avsnitt redovisas en rad möjliga generella riskreducerande åtgärder som kan ha en positiv effekt mot verkan av explosioner. De redovisade åtgärderna bedöms även ur ett rimlighetsperspektiv för det aktuella planområdet.

### **D.5.1 Skyddsavstånd**

Skyddsavstånd kan minska effekterna av en explosion eftersom trycket avtar relativt snabbt med ökat avstånd från explosionscentrum. Åtgärden har dock mindre effekt avseende splitterverkan (som kan ha en mycket lång kastlängd). Tillämpning av skyddsavstånd på det aktuella planområdet bedöms inte vara rimligt.

### **D.5.2 Disposition av planområde**

Genom att disponera planområdet på ett lämpligt sätt kan vissa delar av skadeverkan från explosioner minskas. Exempelvis kan okänsliga byggnadsdelar användas som avskärmning (mot splitter) för känsligare byggnader eller byggnadsdelar. Åtgärden bedöms dock ha en begränsad effekt avseende tryckpåverkan. Åtgärden är delvis inarbetad i det planförslag som denna riskbedömning avser.

### **D.5.3 Disposition av byggnad**

För att minimera konsekvenserna, i form av omkomna/skadade vid en eventuell olycka som leder till ras av byggnaden bör den disponeras på sådant sätt att utrymning kan ske bort från järnvägen. Åtgärden har inarbetats i utformningen av byggnaderna.

### **D.5.4 Fasadåtgärder**

I fasad närmast järnvägen kan utrymningsvägar och dörrar undvikas för att minimera försvagningar i konstruktionen. Fasaden kan utformas så att den motstår vissa tryckökningar. Åtgärden bedöms inte vara rimlig ur ett kostnad-nytta-perspektiv.

### **D.5.5 Konstruktionsåtgärder**

Byggnadens stomme kan utformas så att den kan motstå en viss tryckökning utan att byggnaden kollapsar, eller för att förhindra fortskridande ras om en byggnadsdel skulle kollapsa. Åtgärden bedöms inte vara rimlig ur ett kostnad-nytta-perspektiv.

### **D.5.6 Mur/vall**

En mur eller en vall ger en lindrande effekt avseende splitterverkan vid en explosion, men bedöms inte ge någon lindring avseende tryckvågens påverkan. Åtgärden bedöms därför inte vara rimlig ur ett kostnad-nytta-perspektiv.

### **D.5.7 Överdäckning av järnväg**

En överdäckning av järnvägen på den aktuella sträckan längs planområdet skulle ge positiva effekter för risknivån på planområdet med avseende på samtliga olycksscenarier. Åtgärden bedöms vara orimlig ur ett kostnad-nytta-perspektiv.

### D.5.8 Restriktioner av transporter med farligt gods på järnvägen

Restriktioner av transporter med farligt gods på järnvägen ger positiva effekter för planområdet avseende samtliga olycksscenarier. Åtgärden bedöms inte vara möjlig i det aktuella fallet.

### D.6 Slutsatser

Denna fördjupade studie visar att:

- den använda fördelningen mellan stora och små laster av RID-S klass 1 har sannolikt överskattat andelen transporter med 25 ton.
- frekvensen av explosioner med RID-S klass 5 har sannolikt överskattats i analysen, med hänsyn till sannolikheten för blandning med organiskt material.
- konsekvenserna av en explosion med 25 ton RID-S klass 1 blir allvarliga och bedöms ha uppskattats på ett rimligt sätt i analysen.
- grupprisknivån inte överstiger FÖP:s aversionskurvor genom riskbidraget från explosioner.
- många av de identifierade riskreducerande åtgärderna mot explosioner inte är rimliga att vidta vid planområdet (ur ett kostnad-nytta-perspektiv med hänsyn till den låga frekvensen för explosionsscenarierna).

## Referenser Bilaga D

[<sup>1</sup>] Bebyggelsens motståndsförmåga - En introduktion. Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010

[<sup>2</sup>] Bantrafik 2010. Statistik 2011:24 : Trafik analys - TRAFA, 2011.

[<sup>3</sup>] Jan Pettersson. Säkerhetsansvarig, Green Cargo. Muntligt, 2012

[<sup>4</sup>] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker. Försvarets Forskningsanstalt , FOA-R-97-00490-990-SE, 1998

[<sup>5</sup>] Skadeverkan från explosioner mot personer och byggnader. FOA Försvarets Forskningsanstalt 98-4528/S, 1998