

Järnvägsutredning med miljökonsekvensbeskrivning

Hamnbanan Göteborg Dubbelspår Eriksbergsmotet – Pölsebobangården

Utställningshandling 2011-01-24

UNDERLAGSRAPPORT – RISK



Järnvägsutredning Hamnbanan Eriksbergsmotet-Pölsebobangården

RAPPORT

Risk- och robusthetsanalys driftskedet



Göteborg 2011-01-18

COWI AB

Skärgårdsgatan 1, Göteborg

Postadress: Box 12076, 402 41 GÖTEBORG
Telefon: 010-850 10 00

RAPPORTFAKTA

PROJEKT/UPPDRAG: Järnvägsutredning Hamnbanan Eriksbergsmotet-Pölsebobangården

RAPPORTTITEL: Risk- och robusthetsanalys, driftskedet

BESTÄLLARE: Trafikverket

COWI:s UPPDRAGSNUMMER: 162523

RAPPORT UTFÖRD AV: Maria Nilsson

RAPPORT GRANSKAD AV: Göran Davidsson

RAPPORT VERIFIERAD AV: Johanna Rödström

RAPPORTEN UTFÖRD AV FACKOMRÅDE: RISK & SÄKERHET

Revisions nr:	Datum:	Beskrivning
1	101113	Rapport
2	110113	Justering layout
3	110118	Korrigerad med avseende på beställarkommentarer

SAMMANFATTNING

Trafikverket utreder Hamnbanans möjlighet till utbyggnad av dubbelspår för att kunna tillgodose det ökade kapacitetsbehovet, förbättra standard och driftsäkerhet. Denna riskanalys avser sträckan Eriksbergsmotet – Pölsebobangården (järnvägsutredning).

Syftet med riskanalysen är att visa på skillnader i risk för personer i Hamnbanans närhet, robusthet/sårbarhet och risk för olycka i omgivningen, som påverkar Hamnbanan, för de olika utredningsalternativen, främst avseende farligt gods, tunnlar, och barriäreffekter.

Trafikverkets projektspecifika mål är:

- Projektet ska medverka till säkra transporter på Hamnbanan för både användare, boende och verksamheter

Av de utredda alternativen består ett av tunnel och ett delvis överdäckt. I enlighet med Trafikverkets uppdragsbeskrivning och BVH 585.30 skall riskanalysen säkerställa att likvärdig risknivå uppnås i tunnelalternativ som övriga alternativ:

"Järnvägstrafik per kilometer i tunnlar skall vara lika säker som järnvägstrafik per kilometer på markspår, exklusive plankorsningar."

Riskanalysen innehåller en grovanalys som behandlar risker för att skadehändelser på Hamnbanan påverkar omgivning och risken för att en händelse i omgivningen påverkar Hamnbanan negativt.

Riskanalysen innefattar även en beräkning av individrisk för att tydligare kunna visa alternativskillnader i risk för 3:e person. Risker för miljön samt risk för ras och skred behandlas i andra dokument i järnvägsutredningen såsom MKB.

Slutsats

Grovanalys

Grovanalysen visade att störst skillnader i risk mellan de olika alternativen finns för olyckor med farlig gods där tunnel och överdäckade sträckor är fördelaktigast för omgivningen. Endast skadehändelsen ras och skred bedömdes ha en lägre risk för befintligt läge och nollalternativet.

Individrisknivå

Totalt sett är skillnaderna i individrisk små mellan de olika alternativen och samtliga hamnar i samma område enligt DNV's förslag för individriskkriterier, där skyddsåtgärder skall värderas ur kostnadsnytta synpunkt.

B- Dubbelspår i befintligt läge ökar risknivån intill spåret jämfört med nollalternativet pga ökade transporter. I detta alternativ finns dock möjligheten att införa åtgärder för att minska risken vilket inte finns i samma utsträckning för nollalternativet.

BÖ- Överdäckning sänker risknivån för omgivningen. Överdäckningen är dock planerad för en kort sträcka vilket gör att skillnaden mot alternativ B är mycket liten.

T – Detta alternativ ger totalt sett bäst förutsättningar med avseende på risk för omgivningen. Risknivån intill öppet spår är högre än i nollalternativet men för de delar som går i tunnel blir risken för omgivningen mycket lägre.

Noll –nollalternativet ger lägst risknivå intill spåret pga av mindre antal transporter. Risken kommer dock för detta alternativ att förflyttas till vägtransporter och samhällsmässigt ger detta alternativ en riskökning

Skyddsåtgärder

B/BÖ- Flest skyddsåtgärder är föreslagna för befintligt och överdäckt alternativ. Skyddsåtgärder är föreslagna för spår förbi verksamheter på Säterigatan och Sannegårdsgatan, åtgärd för områden där det finns risk för spring över spår samt skyddsåtgärd för bostäder inom 80 meter från spåret vid Pölsebo.

T- Tunnelalternativet kräver färre skyddsåtgärder då tunneln i sig utgör en skyddsåtgärd för omgivningen. Skyddsåtgärder är föreslagna för bostäder inom 80 meter från spåret vid Pölsebo, för verksamhet nära spåret på Sannegårdsgatan samt avskärming/staket vid tunnelpåslag.

Noll – Skyddsåtgärder införs oftast bara vid nybyggnation eller ändring i detaljplan, incitamentet för skyddsåtgärder för befintlig bebyggelse är därmed lågt för nollalternativet.

Räddningsinsats

Då samtliga förslag ligger inom tätort med flera anslutningsvägar och tillgänglighet till brandvatten anses möjligheten för räddningsinsats vara god för samtliga alternativ. För tunnelalternativ och överdäckade delar skall det finnas utrustning som tillgodoser räddningstjänstens behov vid olycka i tunnel/överdäckning. Enligt räddningstjänsten går de inte in i tunneln vid en farligt gods olycka.

Utrymning

För tunnelsträckning och överdäckade delar skall det finnas utrustning som fyller räddningstjänstens behov vid olyckor i tunnel/överdäckning. Enligt BVH 585:30 skall utrymnings- och rökspridningsberäkningar utföras för tunnlar av den längd som planeras. Hamnbanan är dock inte avsedd för persontrafik och det kommer endast att vara lokföraren som befinner sig i tunneln vid eventuell olycka. Utrymnings- och rökspridningsberäkningar har därmed inte utförts inom projektet. Rutiner bör tas fram och lokförare övas i hur de skall agera vid händelse av olycka i tunneln.

Sårbarhet/robusthet

B –Sårbarheten för dubbelspår i befintligt läge anses vara aningen lägre än för tunnelalternativet och robustheten något högre eftersom det vid en allvarlig olycka är enklare att komma åt spåret för räddningsinsats och reparation vid spår i öppet läge.

BÖ/T- Det finns flera fördelar med tunnel och överdäckt spår tex är det mindre utsatt för yttre påverkan vilket ger en lägre sannolikhet för olycka samt att konsekvensen för omgivningen är lägre då olyckan sker i tunnel/överdäckning. Sårbarheten vid en olycka blir dock högre eftersom risken är större att båda spåren måste stängas av och att det kan ta längre tid att återställa spåret. Med dubbla enkelspårstunnlar ökar robustheten genom att en olycka inte påverkar båda spåren samtidigt, sannolikheten för konflikt mellan mötande tåg och utstickande last minimeras, räddningstjänsten har möjligheten att påbörja insats genom det andra opåverkade rör och underhåll kan ske med mindre störning från trafik.

Fördelarna med dubbla enkelspårstunnlar måste dock sättas i relation till kostnaden då det ur individrisksynpunkt inte är motiverat med extra säkerhetsåtgärder för tunnel

Noll – Nollalternativet har högst sårbarhet och lägst robusthet. Vid en allvarlig olycka på Hamnbanan, tågstopp eller avstängning av trafik finns det med enkelspåret inget alternativ att låta transporter gå på ett annat spår.

Samlad bedömning

Totalt sett både med avseende på risk för individer, risk att omgivningen påverkar Hamnbanan och Hamnbanans robusthet och sårbarhet visar denna analys att tunnelalternativet är fördelaktigast ur risksynpunkt.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	8
1.1	Bakgrund, och omfattning	8
1.2	Syfte och mål.....	9
1.3	Innehåll och avgränsningar i förhållande till BVH 585:30	9
1.4	Arbetsmetodik	10
2	FÖRUTSÄTTNINGAR INFÖR GROVANALYS.....	13
2.1	Omgivningar	13
2.1.1	Skyddsobjekt.....	13
2.1.2	Riskobjekt	13
2.1.3	Tunnel/Överdäckning/Broar	14
3	GROVANALYS.....	16
4	KVANTIFIERAD BERÄKNING -INVENTERING AV BANA OCH TRAFIK.....	20
4.1	Trafik	20
4.2	Bana	21
4.3	Farligt gods.....	21
5	RISKIDENTIFIERING OCH BEDÖMNING AV OLYCKSFREKVENSER.....	23
5.1	Inledning	23
5.2	Bedömning av olycksfrekvenser vid olycka med farligt gods.....	23
5.3	Beräkningsgång exempel.....	24
5.3.1	Urspårnings- och kollisionfrekvens	24
5.3.2	Sannolikhet för att farligt gods vagn är inblandad	24
5.3.3	Sannolikhet för läckage/antändning	25
5.3.4	Summerad olycksfrekvens.....	25
6	ÖVERSIKTLIGA KONSEKVENSBEDÖMNINGAR.....	27
6.1	Konsekvenser för tredje person	27

7	RESULTAT AV KVANTITATIV RISKANALYS FÖR PERSONRISK.....	30
7.1	Allmänt om risk	30
7.1.1	Individrisk	30
7.1.2	Samhällsrisk	30
7.2	Resultat Individrisk	31
7.2.1	Individrisk utomhus	31
7.2.2	Individrisk inomhus	31
8	FÖRSLAG TILL SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	34
8.1	Inledning	34
8.2	Föreslagna skyddsåtgärder	34
8.2.1	Bana	34
8.2.2	Fordon	35
8.2.3	Tunnel	35
8.2.4	Trafik	35
8.2.5	Omgivning	35
8.2.6	Generellt.....	36
8.3	Kommentarer angående framtida byggnationer	36
9	OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN	38
9.1	Inledning	38
9.2	Bana	38
9.3	Trafik	38
9.4	Farligt gods.....	39
9.5	Omgivning	40
9.6	Olycksfrekvens.....	40
9.7	Konsekvenser.....	40
10	SLUTSATSER	42
11	REFERENSER.....	44

BILAGOR A. Grovanalysprotokoll

BILAGOR B. Beräkning av sannolikhet, konsekvens och risk

1 INLEDNING

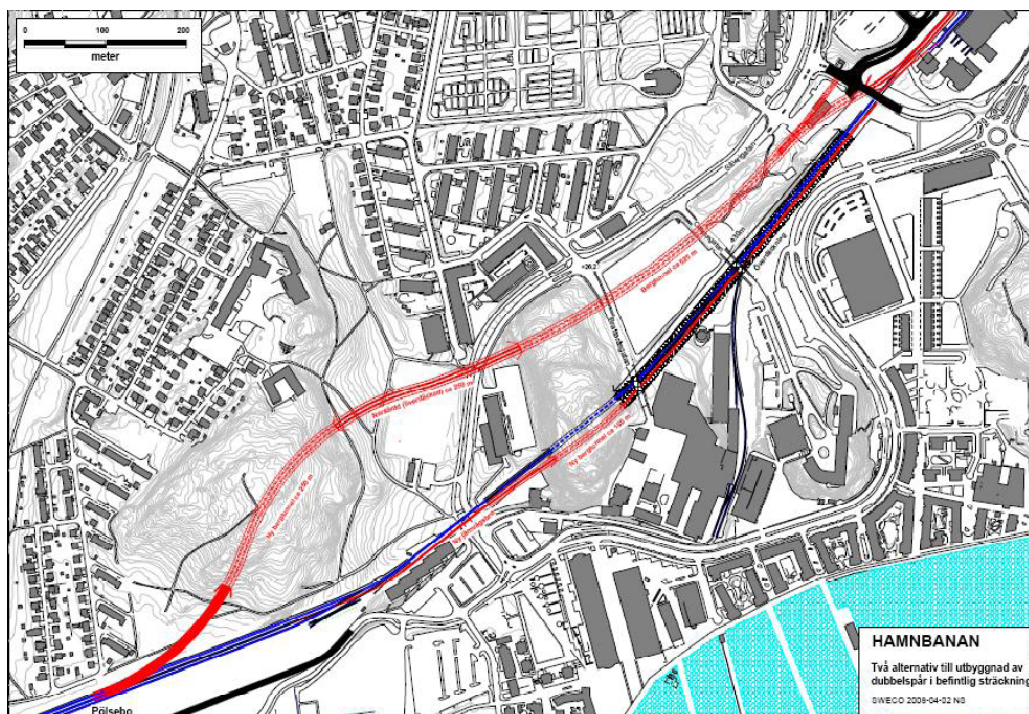
1.1 Bakgrund, och omfattning

Godstågstrafiken ökar på Hamnbanan i Göteborg. Främst är det en ökning av godset från Göteborg hamn där containertrafiken ökar mest (en tredubbling sedan år 2001) men också en omflyttning från väg till järnvägstransporter både för container och för ro-ro-gods. På banan går dessutom gods som skall till industrierna längs banan såsom Volvo, Shell, Rya, Oljehamnen, Stena Metall, GP mfl. Idag kommer nästan 60 % av godset till/från Göteborgs hamn på järnväg.

Hamnbanan skapar idag en barriär för bebyggelsen utmed Norra Älvstranden. Det finns en intressekonflikt mellan dagens järnväg och dess omgivning även med avseende på buller- och vibrationsstörningar och risker för olycka med farligt gods.

Hamnbanan är en av Sveriges viktigaste järnväglänkar och har till uppgift att göra det möjligt för godstrafiken, från hela Norden, att nå hamnområdena i Göteborg. Den nästan 10 kilometer långa banan är enkelspårig och har idag för låg standard för att klara av framtidens trafikbehov.

Trafikverket utreder Hamnbanans möjlighet till utbyggnad av dubbelspår för att kunna tillgodose det ökade kapacitetsbehovet, förbättra standard och driftsäkerhet. Denna riskanalys avser sträckan Eriksbergsmotet – Pölsebobangården (järnvägsutredning), se figur nedan.



Figur 1 Del av hamnbanan som ingår i denna riskanalys.

1.2 Syfte och mål

Syftet med riskanalysen är att visa på skillnader i risk för personer i Hamnbanans närhet, robusthet/sårbarhet och risk för olycka i omgivningen, som påverkar Hamnbanan, för de olika utredningsalternativen, främst avseende farligt gods, tunnlar, och barriäreffekter.

Trafikverkets projektspecifika mål är:

- Projektet ska medverka till säkra transporter på Hamnbanan för både användare, boende och verksamheter

Av de utredda alternativen består ett av tunnel och ett delvis överdäckt. I enlighet med Trafikverkets uppdragsbeskrivning och BVH 585.30 skall riskanalysen säkerställa att likvärdig risknivå uppnås i tunnelalternativ som övriga alternativ:

"Järnvägstrafik per kilometer i tunnlar skall vara lika säker som järnvägstrafik per kilometer på markspår, exklusive plankorsningar."

1.3 Innehåll och avgränsningar i förhållande till BVH 585:30

Riskanalysen innehåller en grovanalys som behandlar risker för att skadehändelser på Hamnbanan påverkar omgivning och risken för att en händelse i omgivningen påverkar Hamnbanan negativt.

Riskanalysen innefattar även en beräkning av individrisk för att tydligare kunna visa alternativskillnader i risk för 3:e person. Risker för miljön samt risk för ras och skred behandlas i andra dokument i järnvägsutredningen såsom MKB.

Med anledning av att samtliga utredda alternativ i järnvägsutredningen innehåller tunnel respektive överdäckning, finns specifika krav på riskanalysens innehåll i Trafikverkets publikation BVH 585:30 "Personsäkerhet i järnvägstunnlar".

Eftersom Hamnbanan bara kommer att vara avsedd för godstrafik kommer inte samtliga av dessa moment att ingå i denna analys.

I punktlista nedan listas de arbetsmoment som bör ingå i säkerhetsanalys för järnvägstunnlar i en järnvägsutredning enligt BVH 585:30, och vilka av dessa moment som ingår i denna rapport.

- Uppdatera och detaljera riskinventeringen. –*Riskinventering redovisas i kapitel 2 och 3*
- Besluta om mål för säkerheten.- *projektspecifika mål har erhållits från Trafikverket, se kapitel 1.2*
- Besluta om hur verifiering av målluppfyllelsen skall ske med kvantitativa modeller, kvalitativa modeller eller andra tillvägagångssätt. – *I inledningen av projektet beslutades att kvalitativ analys av de olika alternativen skulle kompletteras med kvantitativa beräkningar av individrisk för att tydligare kunna lyfta fram alternativskiljande risker.*
- Visa möjliga skilda utföranden av de olika alternativen (effekter av enkelrör, dubbelrör, långa/korta tunnlar etc.)- *Utgångspunkten för grovanalys är dubbelrör, effekter av enkelrör diskuteras i slutsatser kapitel 10.*

- Redovisa de begränsningar eller särskilda förutsättningar, som krävs för att uppfylla målen för säkerheten och som kan påverka trafikeringen –*Eventuella restriktioner för trafik diskuteras under skyddsåtgärder i kapitel 7*
- Beskriva erforderliga säkerhetsåtgärder för de olika alternativen, för att ge projektet möjlighet att utvärdera bästa alternativ. –*Förslag till säkerhetsåtgärder redovisas i kapitel 8*
- Grovt bedöma omfattningen av större säkerhetsåtgärder för de olika alternativen. –*Redovisas i kapitel 8*
- Värdera olika tekniska och fysiska utformningars effekter (enkelrör, dubbelrör, långa/korta tunnlar). – *Värderas i grovanalys se bilaga A och slutsatser kapitel 10*
- Utredda förutsättningarna till självutrymning och räddningsinsatser utgående från systembeskrivning, minimistandard, rökspridnings- och utrymningsberäkningar samt jämförelser med andra tunnlar med liknande utformning. Visa att föreslagen tunnelutformning möjliggör självutrymning och visa att föreslagen tunnelutformning möjliggör en räddningsinsats. –*Förutsättningarna för självutrymning samt rökspridnings och utrymningsberäkningar ingår ej då tunneln endast är avsedd för godstrafik.*
- Genomföra översiktliga kvantitativa riskanalyser (QRA) för bedömning av säkerhetsnivån ur risksynpunkt. –*kvantifierade beräkningar av individrisk genomförs för att tydligare belysa alternativskiljande risker, dessa redovisas i kapitel 4-7 . En järnvägsutredning skall fokusera på skillnader i olika alternativa sträckningar av järnvägen, för att därefter kunna välja det fördelaktigaste alternativet. I detta projekt har bedömningen gjorts att individrisken i tillräcklig grad exemplifierar skillnader i risk mellan de olika alternativen. Samhällsrisk skall dock utföras under järnvägsplanen för att ytterligare kunna definiera behovet av säkerhetsåtgärder.*
- Visa att tillräckligt hög säkerhetsnivå uppfylls för varje alternativ. –*Diskuteras i kapitel 8 och 10*

Något behov av ytterligare stödjande analyser (BVH 585:30, kap 8.1) har inte identifierats under analysarbetets gång. Säkerhetskoncept för tunnel tas fram i nästa skede.

1.4 Arbetsmetodik

Risikanalysen har utförts i två steg. I det första steget utfördes en kvalitativ grovanalys för att jämföra de olika utredningsalternativen, vilket är i enlighet med de analyskrav som ställs i en järnvägsutredning enligt BVH 585.30 "Personsäkerhet i Järnvägstunnlar". I den kvalitativa grovanalysen kartläggs potentiella risker genom att steg för steg gå igenom de skadehändelser som kan uppkomma med järnvägstrafiken. Metodiken för grovanalys beskrivs mer utförligt i kapitel 2.

Den kvalitativa grovriskanalysen visade på att risker med farligt gods var mest alternativskiljande, därmed utfördes i steg två kompletterande kvantitativa beräkningar av risknivå kopplat till transporter av farligt gods för de studerade

alternativen. Följande huvudsakliga arbetsuppgifter genomfördes i de kvantitativa beräkningarna:

1. Definition av förutsättningar

Detta innefattar definition av:

- Bana; Faktorer som påverkar sannolikhet för olycka såsom banstandard, hastighet, växlar och plankorsningar kartläggs.
- Trafik; Beskrivning av nuläge samt den bedömning av utveckling som Trafikverket har gjort inom angiven tidsperiod med avseende på transportmängder av olika typer av gods, trafikövervakning, vagnstandard, mm.
- Omgivningar; Faktorer av betydelse för konsekvenser av eventuella olyckor med farligt gods kartläggs. Detta gäller framför allt population (persontäthet) samt kartläggning av särskilt känsliga objekt samt miljö (framför allt skyddsområden för vattentäkter och andra känsliga områden, miljörisker som dessa inventeras och beskrivs i MKB).

2. Olycksidentifiering

För järnvägstrafik kan i princip följande typolyckor leda till utsläpp av farligt gods:

- Urspråning
- Sammanstötning
- Brand
- Plankorsningsolyckor

För att specificera möjliga händelser till en nivå där det är möjligt att bedöma konsekvenser måste storlek och typ av utsläpp definieras. Storlek av utsläpp indelas här i två klasser: punktering och stort hål. För att få ett rimligt antal scenarier att analysera har en klassificering av transporterade godsslag utförts där framför allt konsekvenser för människa och miljö, samt transporterade mängder har beaktats.

3. Sannolikhetsanalys

Utifrån den klassificering av gods som har utförts, har frekvensen för utsläpp beräknats för varje ämne/kategori. Sannolikhetsanalysen är baserad på [Fredén, 2001], [Göteborgs översiktsplan 1999] och [Räddningsverket, 1996] samt kompletterande analyser.

4. Konsekvensanalys

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods. För varje identifierad olyckshändelse görs en konsekvensberäkning i 50 meters intervall från olycksplatsen. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4, Räddningsverkets *Farligt gods på vägnätet*, FOA (1997), konsekvensberäkningar i PAPA samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering, RIB, 2010). Utförligare beskrivning av konsekvenser redovisas i bilaga B.

5. Riskberäkning och presentation av risk

Risken har beräknats och presenteras i form av individrisker för de olika alternativ som föreligger i järnvägsutredningen.

Individrisknivån är oberoende av persontätheten i omgivningen och är således specifik för definierade godsflöden. Individrisk baseras på frekvenser för identifierade olyckshändelser, konsekvenser av dessa, antändningssannolikheter samt meteorologiska data. I denna riskanalys är det främsta syftet att lyfta fram

skillnader i risk mellan de olika alternativen. Detta uppnås genom att presentera individrisk för de olika alternativen.

6. Riskvärdering

Följande värderingar och jämförelser avseende personrisk har bedömts som relevanta att göra i sammanhanget:

- Individrisken presenteras för alternativen Tunnel (T), överdäckad (BÖ), befintligt läge (B) och nollalternativ (0) för att belysa vilket alternativ som ger upphov till lägst risknivåer.
- Jämförelse mot kriterier. Resultatet av beräknad individrisk har jämförts med de kriterier för acceptabel risk som DNV presenterar i "Värdering av risk" [Räddningsverket, 1997] och ambitionsnivåer i BVH 585:30.

7. Förslag till säkerhetshöjande åtgärder

Riskvärderingen ger underlag för att bedöma behov av riskreducerande åtgärder. De åtgärder som föreslås bör sättas i perspektiv till den samhällsekonomiska lönsamheten av att utföra respektive åtgärd utmed banan.

8. Bedömning av osäkerheter

Osäkerheter föreligger i samtliga steg i analysarbetet, t.ex. när det gäller att uppskatta godsmängder, bedöma sannolikheter för identifierade olyckshändelser och beräkna konsekvenser. Dessutom tillkommer vissa osäkerheter genom de generaliseringar som har behövts göras för att hålla analysarbetet på en rimlig nivå.

Metodiken för de kvantifierade beräkningarna beskrivs mer utförligt i kapitel 3, 4 och bilaga B.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR INFÖR GROVANALYS

Detta kapitel beskriver de förutsättningar som är basen för grovanalysen. I den kvantifierade beräkningarna som beskrivs utfördes en fördjupad inventering av bland annat trafik och farligt gods vilket redovisas i kapitel 4.

Grundförutsättningarna för grovanalysen är att farligt gods av alla klasser kan förekomma och att Hamnbanan endast är avsedd för godstrafik. Grovanalysen är utförd för fyra alternativ enligt nedan:

- B-dubbelspår i befintlig sträckning
- Bö-dubbelspår i befintlig sträckning delvis överdäckt
- T- dubbelspår i ny sträckning varav ca 1 km i tunnel
- Noll- nollalternativ enkelspår och trafik som i dagsläget.

2.1 Omgivningar

De faktorer i omgivningen som är viktiga att ta hänsyn till i en riskanalys är hur många personer som befinner sig i järnvägens närhet och kan komma att skadas i samband med en olycka på järnvägen. Av särskild vikt är områden och verksamheter där persontätheten är hög. En inventering av omgivningen har utförts för att kartlägga skyddsobjekt och riskobjekt i omgivningarna

2.1.1 Skyddsobjekt

Viktiga skyddsobjekt med avseende på risken för personskador är områden med bostadsbebyggelse och andra områden där det vistas många människor, t ex skolor och daghem.

Även sträckor där oskyddade trafikanter färdas är viktiga att beakta. Andra skyddsvärda områden kan vara tex viktiga natur- och kulturmiljöer vilka hanteras i MKB. Karta med markanvändning och skyddsobjekt framgår av figur 2.

I anslutning till järnvägen återfinns bl a följande skyddsobjekt:

- * Eriksbergs köpcentrum
- * Lundby nya kyrka
- * Bräckeskolan och förskola
- * Bostäder nära järnvägen vid Pölsebobangården
- * Ny förskola i västra Eriksberg som ska kompletteras med skola 2012
- * Idrottsplats och föreningsverksamhet Rosenhill

2.1.2 Riskobjekt

Riskobjekt är platser eller verksamheter där allvarliga skadehändelser kan inträffa. Riskobjekt omfattar verksamheter som innebär olycksrisker och kan innehålla en eller flera riskkällor. Riskobjekt kan både vara järnvägen som risk för omgivningen och verksamheter i omgivningen som kan skada järnvägen.

Identifierade riskobjekt för utredda sträckor är:

- * Bensinstation på Nordviksgatan
- * Verksamhet nära spåret på Bratteråsg., Sannegårdsg. och Västra Eriksbergsg.
- * Transporter av farligt gods på hamnbanan

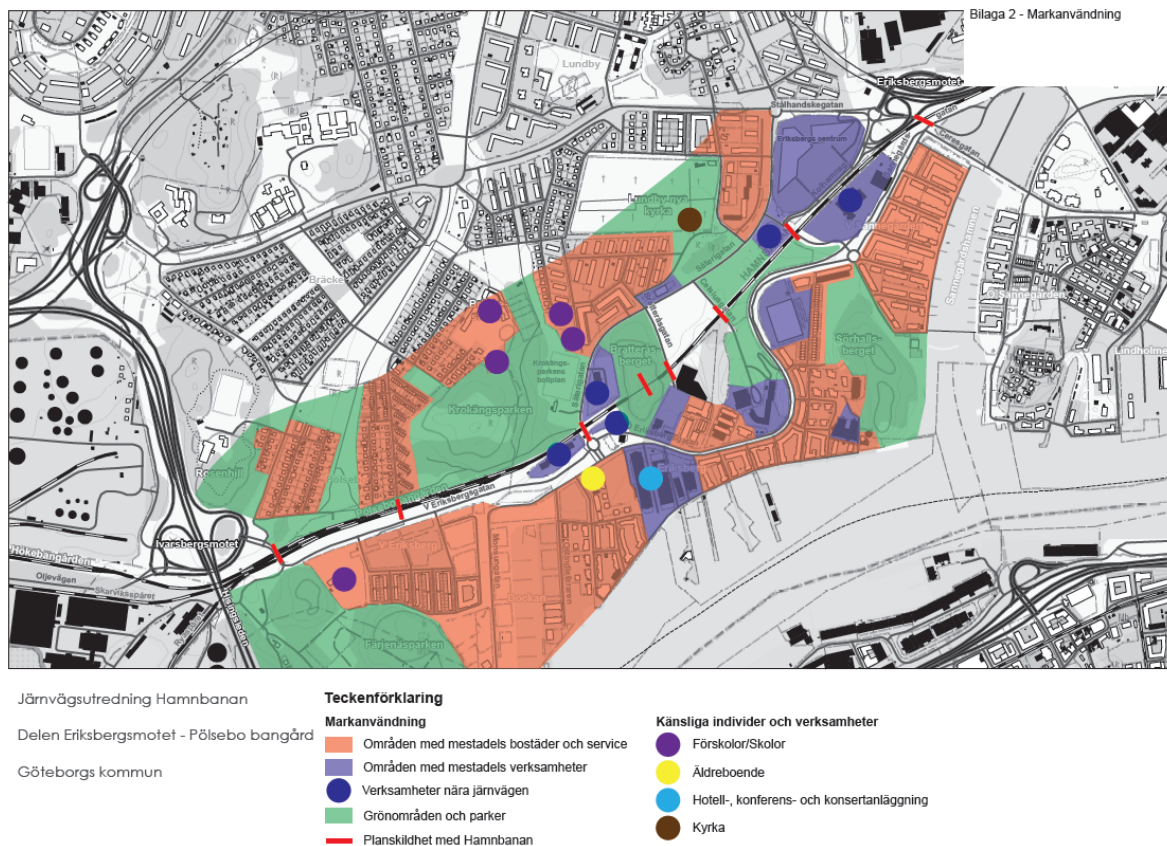
Olyckor av betydelse som kan inträffa inom utredningsområdet är urspåringsolycka, kollision, olycka med farligt gods som transporteras på järnväg eller brand i byggnad nära järnvägen. Trafikolyckor kan orsakas av fel i trafikstyrning, tekniska fel, misstag eller av människor och djur som befinner sig på spåret. Sannolikheten att en större olycka, som frontalkollision skall inträffa är mycket liten eftersom olika former av styrsystem och varningssystem används för tågtrafik.

2.1.3 Tunnel/Överdäckning/Broar

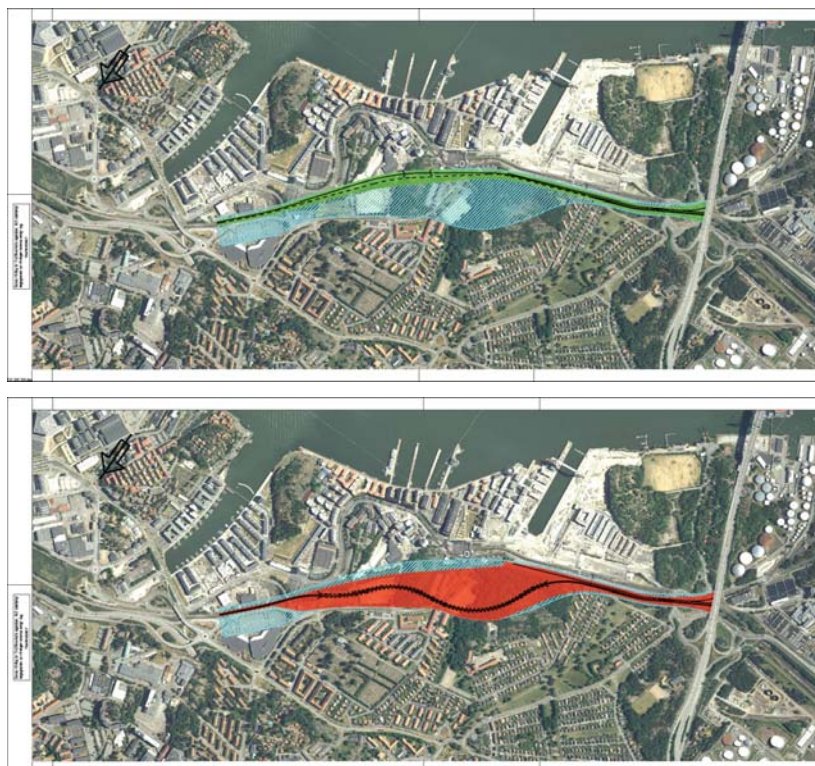
Samtliga alternativ kommer att innehålla en tunnel. För B, Bö och Nollalternativet är det en kortare tunnel (ca 100 meter) i samma läge som det finns en tunnel i dagsläget, se figur 3. I tunnelalternativet kommer en större del av sträckan, ca 1 km, att gå i tunnel mellan Nordviksgatan och Pölsebo bangård. Överdäckt alternativ innebär att spåret är överdäckt för delar av sträckan som i dagsläget ligger i skärning, från befintlig tunnelmynning vid Bratteråsgatan och vidare åt nordost, hur lång sträcka är dock inte bestämt i detta skede.

För grovanalysen är det förutsatt att samtliga tunnlar och överdäckning är dubbelspår och att de är dimensionerade för explosionslast och brandlast i enlighet med BV tunnel.

B, och nollalternativet har en järnvägsbro över Säterigatan och tre vägbroar över Hamnbanan vid Nordviksgatan, Celsiusgatan och Bratteråsgatan. För alternativ Bö försvinner vägbron vid Celsiusgatan



Figur 2 Markanvändning och särskilt känsliga objekt intill Hamnbanan



Figur 3 Analyserade alternativ B och Bö som har samma sträckning enligt översta bilden, samt T enligt nedersta bilden (nollalternativet är enkelspår i befintlig sträckning).

3 GROVANALYS

En grovanalys utgör en typ av kvalitativ riskanalys som i detaljeringsgrad kan variera från grov till detaljerad. Analysen kan utföras tidigt i ett projekt eller vid granskning av en redan existerande verksamhet. Som framgår av namnet på metoden går den ut på att granska en verksamhet eller ett system i grova drag genom att identifiera riskkällor och möjliga skadehändelser. Grovanalysen är också ett hjälpmedel för att sortera ut de riskkällor som bör utvärderas vidare i mer detaljerade analyser.

Analysen kan kompletteras med en värdering av sannolikhet och konsekvens för de olika skadehändelserna, eftersom värderingen ger möjligheter att bedöma riskerna och rangordna de olika skadehändelserna. I detta projekt är det främsta syftet att hitta alternativskiljande faktorer och värderingen av risk har därför begränsats till låg, medel eller hög risk i grovanalysen

Grovanalysen syftar till att på ett tidigt stadium identifiera och värdera möjliga olyckor, incidenter och störningar med konsekvenser i form av personskador, miljöpåverkan och egendomsskador. Grovanalysen utförs av en grupp med erfarenhet av systemet ifråga, med hjälp av checklista och erfarenhet. Tänkbara skadehändelser, orsaker och konsekvenser diskuteras och dokumenteras. Deltagare vid grovanalysen redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Deltagare vid utförd grovanalys samt verifieringsmöte.

Namn	Företag	Disciplin	100517	100622
Maria Nilsson	Cowi	Risk&säkerhet	X	X
Peter Ryberg	Cowi	Arbetsmiljö	X	
Mattias Bååth	Cowi	Miljö	X	X
Björn Sundberg	Trafikverket	Säkerhet&arbetsmiljö	X	X
Johanna Rödström	Cowi	Uppdragsledare		X
Bo Fors	Räddningstjänsten	Förebyggande		X
Eva Andersson	Trafikverket	Projektledare		X
Behnam Shahriari	Trafikverket	Teknik		X
Assar Engström	Cowi	Teknik		X
Raja Ilijason	Cowi			X
Thomas Warnqvist	PetroTeam			X
Lars B Eriksson	SRE			X

Där så krävs enligt grovanalysen, eller bedöms som lämpligt, föreslås säkerhetshöjande åtgärder.

Identifierade risker förs in i protokoll med fasta rubriker för skadehändelse, orsak konsekvens, befintligt skydd, risknivå och rekommendationer, se tabell 2. Tabell 2 visar ett exempel för händelsen gasbrand, hela protokollet med samtliga identifierade händelser återfinns i bilaga A.

Efter att skadehändelse och möjliga orsaker till denna identifierats, bedömdes konsekvensen av skadehändelse, skydd och rekommenderad åtgärd för de tre utredningsalternativen samt nollalternativet enligt numrering nedan:

1. Dubbelspår i befintlig sträckning (B)
2. Tunnelalternativet (T)
3. Överdäckt alternativ (BÖ)
4. Nollalternativ (ingen utbyggnad, transporter fortsätter på Hamnbanan och ökar i enlighet med prognoser och Hamnbanans nuvarande kapacitet) (0)

Tabell 3 redovisar den bedömda risken för samtliga identifierade skadehändelser. Det bör noteras att risknivån använts främst för att hitta alternativskiljande risker och därför inte kan jämföras mellan olika skadehändelser. Risknivån hög, mellan och låg används för att indikera för vilket alternativ som risken för skadehändelse på spåret är störst och en hög risk för en skadehändelse är varken lika sannolik eller allvarlig som en hög risk för en annan skadehändelse. Hög risk används här bara för att visa på skillnader i risk mellan de fyra olika alternativen.

Tabell 2. Exempel på hur skadehändelser identifieras och dokumenteras i grovanalysprotokoll, hela protokollet återfinns i bilaga A.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskenivå	Ansv
3	Gasbrand	Kollision/urspårning, skadade/läckande ventiler	1 (B) Omfattande personskador på boende Skadad spåranläggning Spåravstängning	Regler/krav för säker transport. Låga hastigheter på hamnbanan (70 km/t) Inga plankorsningar Delar av sträckan ligger i skärning, tunnel eller överdäckning vilket minskar skador pga strålning på omgivningen.	H	Ställ krav på tolerabel strålningsnivå för byggnader intill spår och skyddsåtgärder för de byggnader som ligger högre.
			2 (T) Få personskador Skada på anläggning, Långvarig tunnelavstängning		L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar, krav på oljeavskiljare i dränering, uppsamlingsdamm
			3 (BÖ)Få personskador Skada på överdäckning, Långvarig avstängning		L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar
			4 (O) Omfattande personskador på boende Skadad spåranläggning Spåravstängning		H	Vid nybyggnation intill järnvägen genomför riskanalys i enlighet med Lst's riktlinjer och ställ krav på riskreducerande åtgärder.*

Tabell 3. Alternativskiljande risker för samtliga identifierade skadehändelser.
 1=Befintlig, 2=Tunnel, 3=Befintlig överdäckad, 4=nollalternativet

	Massexplosion	Poolbrand	Gasbrand	Jetbrand	Bleve	Gasmolns xpl.	Giftig gas	Oxiderande ämne	Radioaktiva ämnen	Smittförande ämnen	Översvämnung	Kollisioner	Ursårning	Ras/skred	Brand i omgivning	Gasledning	Saker på spår	Djur på spår	Andra trafikslag	Sårbarhet/robusthet
1	H	M	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	L	L
2	L	L	L	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	M	L	M	L	L	L	L
3	L	L	L	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	M	L	M	L	L	L	L
4	H	M	H	H	H	H	H	H	L	L	L	M	L	L	M	M	M	M	L	M

Av tabell 3 kan utläsas att störst alternativskiljande risker återfinns vid skadehändelser med farligt gods där tunnel och överdäckning minskar risken för omgivningen. Tunnel och överdäckning bedöms även ha en lägre risk för skadehändelserna "brand i omgivning", där risken är lägre för att en brand i omgivningen drabbar transporter, och risk för att personer eller djur befinner sig på spåret. Lägre risk för befintligt alternativ och nollalternativet återfinns bara för händelsen ras/skred. Sårbarheten och risken för kollisioner är högst i nollalternativet. Hela grovanalysprotokollet med riskbedömning och förslag till åtgärd redovisas i bilaga A.

Eftersom risker med farligt gods bedömdes ge upphov till de största skillnaderna i risk utfördes beräkningar av individrisk för att tydligare kunna redovisa skillnader i risk och behov av åtgärder i de olika alternativen. Dessa beräkningar och slutsatser av dessa redovisas i kapitel 3 till 7.

4 KVANTIFIERAD BERÄKNING -INVENTERING AV BANA OCH TRAFIK

Som underlag till en kvantifierad beräkning av risk krävs underlag i form av uppgifter om bana, trafik och transporterad mängd farligt gods. Detta kapitel redovisar dessa ingångsvärden för respektive alternativ, dubbelspår i befintlig sträcka, tunnel, överdäckning och nollalternativ.

4.1 Trafik

Ingående data till kvantifierad beräkning med avseende på trafik på Hamnbanan visas i tabell 4. Uppgifterna har inhämtats från projekteringen av de studerade alternativen, Trafikverket och tidigare studier på Hamnbanan "Riskanalys elektrifiering av hamnbanan, SSPA 2002". I brist på prognoser för utvecklingen av transporter av farligt gods har ett antagande gjorts att farligt gods kommer att öka i samma utsträckning som övrigt gods.

Tabell 4. Trafikuppgifter i nuläget (nollalternativ) och prognos för fullt utbyggd bana.

	Befintlig (B)	Tunnel (T)	Överdäckad (Bö)	Noll (0)
Godsvagnar/tåg	36	36	36	36
Vagnaxel/godståg*	94	94	94	94
Spårkm **	2,15	2,15	2,15	2,15
Godstågspassage genom växel per bana och år	42900	42900	42900	25168
Godstågspassage genom växel per sidospår och år	572	572	572	572
Växlar i huvudspår	1-2	1-2	1-2	2
Tåg/år	42900	42900	42900	25168
Farligt godsvagnar/år	36539	36539	36539	21436
Godstågsvagnar/år	1544400	1544400	1544400	906048

*30% 4-axliga och 70% 2-axliga

** Ungefärlig längd, längden kan främst i tunnelalternativet bli något längre, dock inte i så stor grad att det nämnvärt påverkar resultatet.

4.2 Bana

Banstandarden för Hamnbanan är både i dagsläget och med utbyggt dubbelspår spårklass A enligt Fredens (2001) klassificering. Hastigheten är i dagsläget 40 km/h och kommer med framtida dubbelspår att vara 70km/h.

4.3 Farligt gods

Farligt gods innebär, enligt RID [MSBSF, 2009:3], ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan orsaka skada på bl.a. människor och miljö, eller inverka menligt på transportfordonets säkra framförande, om de inte hanteras på rätt sätt under en transport. Farligt gods delas in i nio klasser enligt RID som reglerar transporter på järnväg internationellt och nationellt (RID-S), se tabell 5. Vilka material som klassas som farligt gods bestäms efter provning med internationella standardiserade prov.

Tabell 5 *Klasser av farligt gods med exempel på ämnen*

RID Klass	Antagen vagnstyp	Kommentar
1 Explosiva ämnen	Normal godsvagn	Exempel: Fyrverkerier, Patroner
2 Brännbar gas	Tjockväggig tankvagn	Exempel: Etylenoxid, Acetylen, Propan
2 Giftig gas	Tjockväggig tankvagn	Exempel: Svaveldioxid, Ammoniak
3 Brandfarliga vätskor	Tunnväggig tankvagn	Exempel: Aceton, Metanol, Bensin, Färg
4 Brandfarliga fasta ämnen	-"	Exempel: kalciumkarbid
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	-"	Exempel: Natriumklorat, Väteperoxid
6 Giftiga ämnen, mm	-"	Exempel: Blyföreningar
7 Radioaktiva ämnen	-	Inga transporter identifierade för aktuella sträckor
8 Frätande ämnen	Tunnväggig tankvagn	Exempel: Salpetersyra
9 Övrigt		Exempel: Miljöfarliga ämnen

Uppgifter om transporterade mängder farligt gods i nuläget är lämnade av Trafikverket. Dessa mängder har antagits öka i samma utsträckning som prognosen för ökad mängd gods totalt med utbyggd bana, se tabell 4. Uppgifterna för gaser är angivna som en

totalsumma och inte uppdelat på brandfarliga respektive giftiga gaser. För att kunna utföra beräkning av sannolikhet respektive konsekvenser av dessa gaser har fördelningen av dessa antagits vara 62% brandfarliga gaser och 38% giftiga gaser enligt tidigare fördelning av gaser på Hamnbanan (FBE 2005).

Tabell 6 Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan i dagsläget.

RID klass	Ämne	Antal vagnar/år 2009 (TRV)
1.1	Massexplosiva ämnen	2
2	Giftiga gaser	*
	Brandfarliga gaser	3470 *
3	Brandfarliga vätskor	15708
4	Brandfarliga ämnen	21
5	Oxiderande ämnen/ organiska peroxider	1602
6	Giftiga/smittsamma ämnen	12
7	Radioaktiva ämnen	0
8	Frätande ämnen	341

* Gaser har angetts som en totalsumma och inte fördelat på brandfarliga respektive giftiga gaser.

5 RISKIDENTIFIERING OCH BEDÖMNING AV OLYCKSFREKVENSER

5.1 Inledning

Utgångspunkter för bedömning av olycksfrekvenser är i första hand:

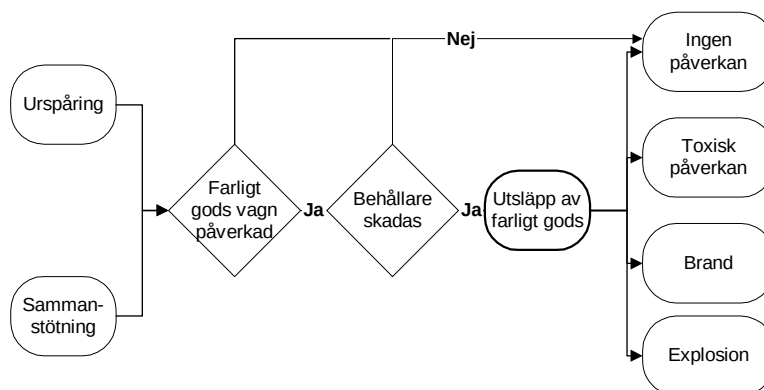
- *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [Fredén, 2001].
- *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods* [1999]

Följande arbetsgång har använts för att göra en bedömning av olycksfrekvenser:

1. Definition av frekvenser för relevanta olyckshändelser med godståg (urspårning/sammanstötning).
2. Definition antal godståg per tidsenhet.
3. Definition av tågsammansättning med totalt antal vagnar och antal vagnar med farligt gods.
4. Bedömning av sannolikhet att vagn med farligt gods påverkas av olycka.
5. Uppdelning av det totala antalet vagnar med farligt gods i relevanta kategorier med avseende på omgivningspåverkan.
6. Bedömning av sannolikhet att vagn med farligt gods skadas vid olycka (här beaktas olika typer av vagnskonstruktion) samt sannolikhet för typ av skada.
7. Beräkning av frekvenser för skada på vagn med farligt gods ur respektive klass för varje typ av skada.

5.2 Bedömning av olycksfrekvenser vid olycka med farligt gods

En förenklad schematisk bild av möjliga händelseförlopp vid en olycka där farligt gods är inblandat redovisas i figur 4 nedan.



Figur 4 Förenklad schematisk bild av händelseförlopp vid olycka med farligt gods

För att en olycka med inblandning av farligt gods skall inträffa krävs att:

- Sammanstötning eller urspårning inträffar.
- Tåget innehåller vagnar med farligt gods och en eller flera av dessa påverkas av händelsen.
- Behållare med farligt gods påverkas tillräckligt kraftigt för att läckage skall uppstå.

Utsläppet kan sedan leda till toxisk påverkan, brand eller explosion beroende på vilket ämne som är inblandat.

5.3 Beräkningsgång exempel

Olycksfrekvensen beräknas enligt ovanstående steg i figur 4 och ett exempel på en frekvensberäkning presenteras i detta avsnitt. I detta exempel är beräkningen gjord på RID- klass 3 i nollalternativet vilket innebär följande indata:

RID-Klass: 3 brandfarlig vätska

Antal vagnar av RID-klass 3: 15 708/år

Antal godståg (AT): 25168/år

Antal vagnar per tåg (AV): 36

Typ av vagn: tunnväggig tankvagn

5.3.1 Urspårnings- och kollisionfrekvens

Urspårningsfrekvens generellt (exklusive solkurva) har beräknats till nedanstående värde enligt Freden (2001), se beräkningsgång i bilaga B.

$$F_{\text{Urs}} = 7 \cdot 10^{-7} / \text{tågkilometer}$$

Urspårningsfrekvenser p.g.a. solkurva (F_{Uso}) indelas per spårklass och kilometer spår, se tabell 7. Efter dubbelspårutbyggnaden kommer spårklassen på Hamnbanan att vara spårklass A liksom den är i dagsläget.

Tabell 7 Urspårningsfrekvens på grund av solkurva för olika spårklasser.

Spårklass A	Spårklass B	Spårklass C
$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,00 \cdot 10^{-4}$	$2,00 \cdot 10^{-4}$

Kollisionfrekvensen avser kollision med godståg och anges per tågkilometer. Kollisionfrekvensen är beräknad enligt Freden, se beräkningsgång i bilaga B:

$$F_{\text{koll}} = 5 \cdot 10^{-8} / \text{tågkilometer}$$

Kollisionfrekvensen är en mycket liten andel av urspårningsfrekvens.

5.3.2 Sannolikhet för att farligt gods vagn är inblandad

Sannolikheten för att en farligt-godsvagn är inblandad vid en urspårning eller sammanstötning beräknas enligt nedan (S_{Urs} , S_{koll}). Det har antagits att 3,5 vagnar spårar ur vid en urspårning och 5 vagnar är inblandade vid en kollision, Gbg ÖP (1999). AT= antal tåg per år, AV= antal vagnar per tåg

$$\text{Andel vagnar med farligt gods per tåg och år: } AFGV = \frac{\text{antalRIDklass3}}{(AT * AV)}$$

$$S_{\text{Urs}} = 1 - (1 - AFGV)^{3,5}$$

$$S_{\text{koll}} = 1 - (1 - AFGV)^5$$

5.3.3 Sannolikhet för läckage/antändning

Sannolikheten för läckage beror på om det är en tunnväggig eller tjockväggig tankvagn som skadas och beror även av mängden föremål nära järnvägen som kan skada tankvagnen. Här används följande frekvenser, se tabell 8 (Freden 2001). I detta exempel görs beräkningen på punktering av tunnväggig tankvagn.

Tabell 8 Sannolikhet för skada på tank vid olycka

Olyckstyp	Punktering		Stort hål	
	Tunnv	Tjockv	Tunnv	Tjockv
Urspåring	0,25	0,01	0,05	0,01

För att ett utsläpp av klass 3 skall leda till allvarliga konsekvenser krävs även att utsläppet antänds och en såkallad poolbrand uppstår. Sannolikheterna i tabell 9 kommer från Gbg ÖP (1999) och FBE (1994).

Tabell 9 Sannolikhet för antändning eller explosion för olika klasser

Ämne/händelse	Sannolikhet
Klass 1.1 Massexplosiva ämnen/explosion (S_{ant})	0.1
Klass 2 Brandfarlig gas/antändning (S_{ant})	0.7
Klass 3 Brandfarlig vätska/antändning (S_{ant})	0.1
Klass 3 Brandfarlig vätska/antändning och poolbrand (S_{pool})	0.1

5.3.4 Summerad olycksfrekvens

Med ovanstående ingångsvärden för beräkning blir olycksfrekvensen för klass 3 vagn som leder till läckage, antändning och poolbrand beräknad till:

$$(\text{antal godståg/år} * F_{ursp} + F_{sol}) * S_{ursp} * S_{hål} * S_{ant} * S_{pool}$$

$$(25168 * 7 * 10^{-7} + 1 * 10^{-5}) * 0.06 * 0.25 * 0.1 * 0.1 \cong 2.7 * 10^{-6}$$

Övriga händelser har beräknats på motsvarande sätt, se bilaga B för beräkningsgång. Beräknade sannolikheter redovisas i tabell 10.

Tabell 10. Beräknade olycksfrekvenser för utvalda dimensionerande händelser

Händelse	Olycksfrekvens (l/år)		
	B	T&BÖ	Noll
1 Massexplosion klass 1.1	$2,29 \cdot 10^{-8}$	$2,28 \cdot 10^{-8}$	$1,68 \cdot 10^{-8}$
2 Jetbrand klass 2	$8,29 \cdot 10^{-7}$	$8,29 \cdot 10^{-7}$	$6,08 \cdot 10^{-7}$
3 Gasbrand klass 2	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
4 Gasmolnsexplosion klass 2	$7,15 \cdot 10^{-9}$	$7,15 \cdot 10^{-9}$	$5,24 \cdot 10^{-9}$
5 BLEVE klass 2	$8,29 \cdot 10^{-8}$	$8,29 \cdot 10^{-8}$	$6,08 \cdot 10^{-8}$
6 Giftutsläpp klass 2	$1,25 \cdot 10^{-6}$	$1,25 \cdot 10^{-6}$	$9,17 \cdot 10^{-7}$
7 Explosion klass 5	$9,42 \cdot 10^{-7}$	$9,42 \cdot 10^{-7}$	$5,54 \cdot 10^{-7}$
8 Poolbrand klass 3	$3,66 \cdot 10^{-7}$	$3,66 \cdot 10^{-7}$	$2,68 \cdot 10^{-6}$

Olycksfrekvenserna i tabell 10 redovisar olycksfrekvensen för 1 km för respektive alternativ. Olycksfrekvensen ökar i förhållande till nollalternativet för samtliga alternativ på grund av ökade mängder transporter. För tunnel och överdäckt alternativ blir olycksfrekvensen något mindre på grund av minskad risk för solkurvor, detta är dock en liten andel och återspeglas inte i resultatet.

6 ÖVERSIKTLIGA KONSEKVENSBEDÖMNINGAR

I detta kapitel redovisas inledningsvis generella faror vid olycka med farligt gods och därefter följer en genomgång av de händelseförlopp som kan ge allvarliga konsekvenser i järnvägens närområde.

6.1 Konsekvenser för tredje person

I tabell 11 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt. Konsekvenser för omgivningen vid olyckshändelse i tunnel/överdäckad del kommenteras med slutsatser från riskanalys för norra länken (Vägverket 2006)

Tabell 11 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser, kursiv stil kommenteras effekter för omgivningen vid olyckshändelse i överdäckad eller tunneldel).

RID Klass	Möjliga konsekvenser	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotal- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd. <i>Överdäckad sträckning och tunnel antas vara dimensionerad så att omgivningen inte påverkas vid en explosion, med undantag för områden i tunnelmynningens utsträckning.</i>
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . <i>Olyckshändelse i överdäckad sträckning och tunnel ger inga konsekvenser på omgivning .</i> Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. <i>Överdäckad sträckning och tunnel antas vara dimensionerat så att omgivningen inte påverkas</i> Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. <i>Överdäckad sträckning och tunnel antas vara dimensionerat så att omgivningen inte påverkas vid en explosion, med undantag för områden i tunnelmynningens utsträckning.</i> Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd. <i>Överdäckad sträckning och tunnel antas vara dimensionerat så att omgivningen inte påverkas vid en BLEVE, med undantag för områden i tunnelmynningens utsträckning.</i>
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi. <i>För överdäckad sträckning och tunnelmynning sätts utsläppspunkten till</i>

¹ "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med poolbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

RID Klass	Möjliga konsekvenser	Kommentarer
		<i>tunnelmynning vid läckage.</i>
3 Brandfarliga vätskor	Poolbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarigare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm. <i>Olyckshändelse i överdäckad sträckning och tunnel ger inga konsekvenser på omgivning.</i>
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. <i>Olyckshändelse i överdäckad sträckning och tunnel ger inga konsekvenser på omgivning .</i>
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet. <i>Olyckshändelse i överdäckad sträckning och tunnel ger inga konsekvenser på omgivning.</i>
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet. <i>Olyckshändelse i överdäckad sträckning och tunnel ger inga konsekvenser på omgivning.</i>
9 Övrigt		Risker begränsade till närområdet

Området kring järnvägen har delats in i 50meters intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från olycksplatsen. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4, Räddningsverkets *Farligt gods på vägnätet*, FOA (1997), konsekvensberäkningar i PAPA samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering, RIB, 2010, samt slutsatser från Norra länken (Vägverket 2006) avseende konsekvenser utanför tunnel..

För varje avståndsintervall om 50 meter från järnvägen ges två uppgifter på andel omkomna:

- **Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.
- **Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed är delvis skyddade.

Tabell 12a Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall för respektive olycka.

Olyckshändelse	Intervaller			
	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150-200 m
Massexplosivt ämne	1 / 1	1 / 0,25	0 / 0	0 / 0
Jetbrand	0,8 / 0,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasbrand	1 / 1	0,5 / 0	0,1 / 0	0 / 0
Gasmolnexplosion	0,8 / 0,8	0,1 / 0,1	0 / 0	0 / 0
BLEVE	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0	0,4 / 0
Kondenserad giftig gas	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0
Brandfarlig vätska	0,8/0	0/0	0/0	0/0
Oxiderande ämne	1 / 1	1 / 0,25	0 / 0	0 / 0

Tabell 12b Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus i de delar där Hamnbanan går i tunnel/överdäckning.

Olyckshändelse	Intervaller			
	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150-200 m
Massexplosivt ämne	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Jetbrand	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasbrand	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasmolnexplosion	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
BLEVE	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Kondenserad giftig gas *	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0
Brandfarlig vätska	0 / 0	0/0	0/0	0/0
Oxiderande ämne	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0

* Utsläppspunkten flyttad till tunnelmynning

7 RESULTAT AV KVANTITATIV RISKANALYS FÖR PERSONRISK

7.1 Allmänt om risk

Begreppet risk har olika innebörd beroende på vem man frågar. För gemene man är risk ofta samma sak som hur ofta allvarliga eller livshotande olyckor kan inträffa. Det finns många olika typer av risker i samhället idag. Teknikrisker är en typ, naturkatastrofer en annan. Individen utsätts för risker både frivilligt och ofrivilligt. Fackmässigt brukar risk uttryckas som en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens:

$$\text{RISK} = \text{SANNOLIKHET} \cdot \text{KONSEKVENNS}$$

För att utgöra underlag för beslutsfattande måste en värdering av dessa riskers signifikans eller allvarlighet göras.

Denna värdering genomförs här genom att beräknade risknivåer jämförs med kriterier för tolerabel risk. Utöver Trafikverkets dokument för hantering av personsäkerhet i järnvägstunnlar, BVH 585:30 har risken och behov av åtgärder även värderats med utgångspunkt från förslag till acceptanskriterier, SRV 1997 och Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands riskpolicy, Länsstyrelserna 2006.

7.1.1 Individrisk

Med individrisk avses oftast risken att omkomma och denna uttrycks vanligen som risk per år. Inom dessa ramar finns det olika sätt att uttrycka individrisken på. Begreppet används för att försäkra sig om att enskilda individer (arbetstagare eller boende) inte utsätts för oacceptabelt stora risker genom att, som i det här fallet, kontinuerligt befinna sig på samma plats (platsspecifik risk) utmed en järnvägssträckning. Det finns också andra definitioner av begreppet individrisk, t.ex. individspecifik risk, där personen inte antas befinna sig på samma plats hela tiden. Individrisk beskrivs ofta med s.k. **iso-riskkurvor**, eller riskkonturer. Individrisken är i det här fallet till stor del beroende av godsflödet på studerad sträcka.

Följande kriterier för individrisk har tidigare föreslagits av DNV (SRV 1997):

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan anses små 10^{-7} per år

Dessa kriterier stämmer relativt väl överens med internationella individriskkriterier.

7.1.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk, "risk för allmänheten", inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk även om detta bara sker vid enstaka tillfällen. Syftet med samhällsriskkriterier är att begränsa risken för lokala områden (t.ex. ett visst bostadsområde) eller för samhället i sin helhet.

Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan frekvensen av en aktivitets tänkbara olyckor och de konsekvenser som uppstår. Vanligtvis anges frekvens i antal händelser per år och konsekvens i antal omkomna.

En järnvägsutredning skall fokusera på skillnader i olika alternativa sträckningar av järnvägen, för att därefter kunna välja det fördelaktigaste alternativet. I detta projektet i samråd med räddningstjänsten gjort bedömningen att individrisken i

tillräcklig grad exemplifierar skillnader i risk mellan de olika alternativen. Samhällsrisk skall dock utföras under järnvägsplanen för att ytterligare kunna definiera behovet av säkerhetsåtgärder.

7.2 Resultat Individrisk

Individrisk är i hög grad beroende av godsflödet. Individrisken blir därmed i stort sett samma för hela den analyserade sträckan i och med att godsflödet är detsamma för hela sträckan. Skillnader uppkommer dock i de delar som går i tunnel och överdäckning, där konsekvensen av de flesta olyckstyperna inte sträcker sig utanför tunnelmynningen..

7.2.1 Individrisk utomhus

Individrisken utomhus är beräknad för en person som befinner sig utomhus utan att vara skyddad av omgivande hus eller terräng. Individrisken presenteras här i 50 meters intervall från spåret, se tabell 13. Det bör noteras att risknivåerna i tabell 12 inte beskriver individrisken för respektive alternativ utan hur individrisken är intill järnväg i öppet läge i dagsläget och med utbyggt spår och individrisken för omgivningen med överdäckning respektive tunnel. För till exempel alternativ T kommer individrisken där spåret går i öppet läge att vara som kolumn 1 och för de delar som går i tunnel som kolumn 2.

Tabell 13 Individrisk ute på olika avstånd från hamnbanan.

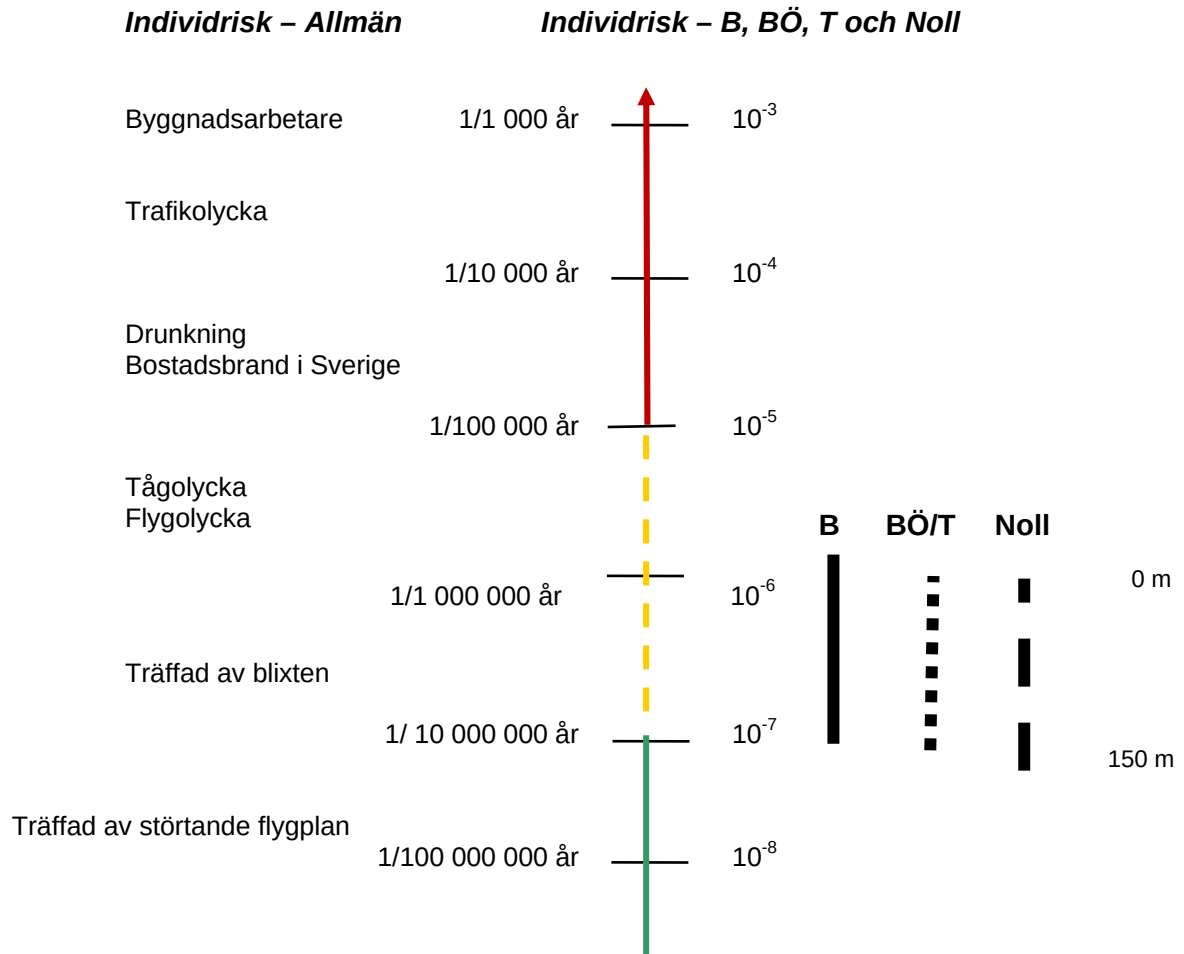
Avstånd	Dubbelspår i öppet läge	Dubbelspår i tunnel/överdäckning	Nollalternativ (Enkelspår i öppet läge)
0-50	$6,3 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
51-100	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
101-150	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
151-200	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$

Individrisken är som högst närmast spåret och avtar därefter med ökat avstånd. För tunnel och övertäckta delar är det bedömt att enbart en olyckshändelse med giftig gas har konsekvenser utanför tunnelmynningen och individrisken blir därmed lägre för dessa delar av spåret. Nollalternativet ger lägst individrisk men samtliga alternativ ligger i det område där skyddsåtgärder skall värderas ur kostnadsnytta synpunkt. Det bör också finnas med i bedömningen att vid ett nollalternativ finns ingen möjlighet för expansion på Hamnbanan och godset måste då ta andra vägar tex landsväg vilket ökar risknivån intill dessa transportleder istället. Eftersom sannolikheten för olycka är högre på väg än järnväg så skulle nollalternativet totalt sett för samhället leda till en riskökning.

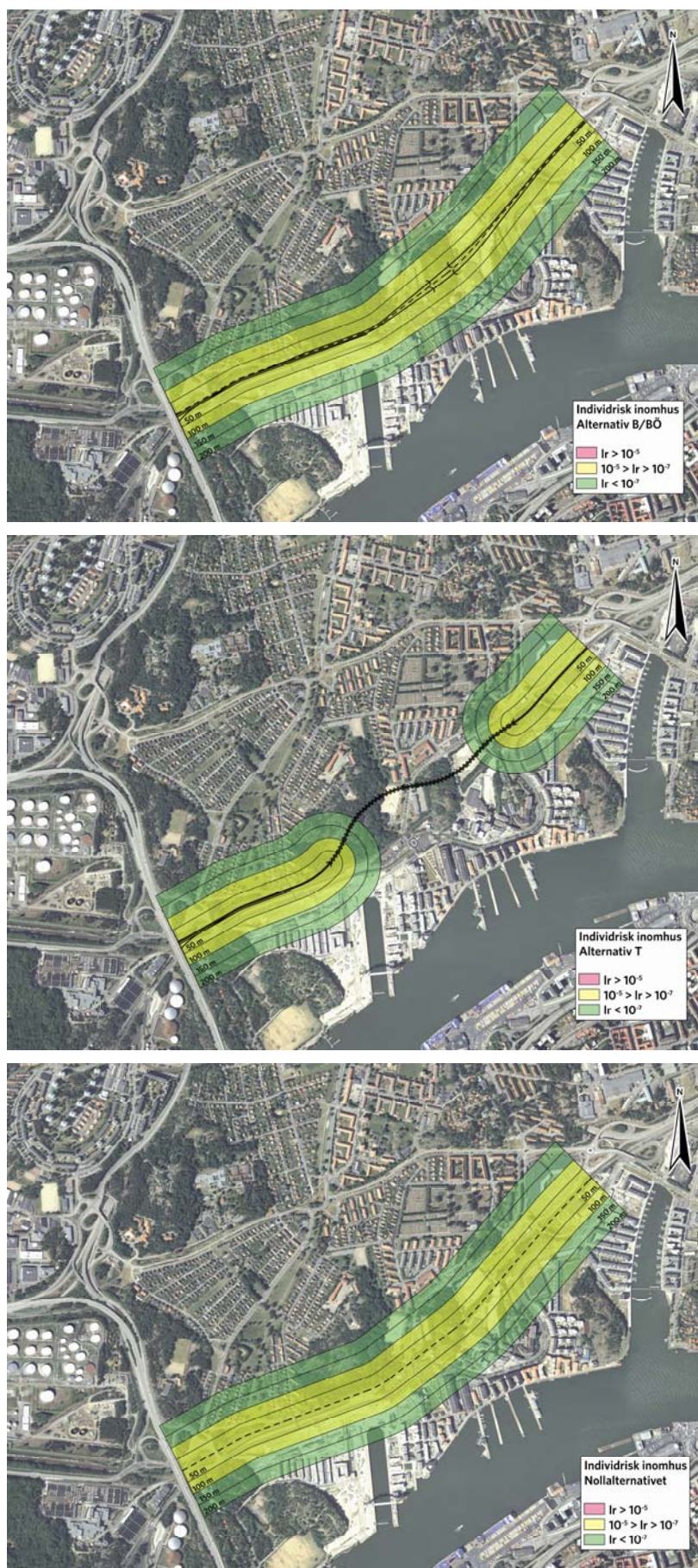
7.2.2 Individrisk inomhus

I figur 5 visas hur individrisken inomhus varierar för de olika alternativen jämfört med andra individrisker i samhället. Individrisken presenteras i en färgskala kopplad till DNV's förslag till individriskkriterier där rött är att skyddsåtgärder skall införas som minskar risknivån betydligt, gult att skyddsåtgärder skall värderas och för grönt anses risknivån acceptabel utan åtgärd. Individrisken presenteras

som en linje där den övre delen är individrisken inomhus 0 meter från spåret och slutet av linjen är individrisken vid ca 150 meter från spåret. I figuren ses att skillnader i individrisknivå inomhus är små och inom 0-100 meter från spåret, för samtliga alternativ, ligger den inom det område där skyddsåtgärder skall värderas ur kostnadsnytta synpunkt. De största skillnaderna i risknivå uppstår på grund av att tunnlar och överdäckning är olika långa, i B och BÖ ger inte tunnel respektive överdäckning någon märkvärd sänkning av risknivå eftersom tunnelarna är relativt korta. För tunnelalternativet som har en längre tunnel sänks risknivå däremot betydligt i området ovanför tunneln, vilket ses i figur 6.



Figur 5. Individrisk jämfört med andra händelser samt DNV's individriskkriterier, streckad gul del av diagrammet, i det gula området skall skyddsåtgärder diskuteras, i det gröna anses risknivå acceptabel utan åtgärd och i det röda området måste skyddsåtgärder införas som minskar risknivå betydligt



Figur 6. Individrisk inomhus intill spåret för B, T och Nollalternativet.

8 FÖRSLAG TILL SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER

8.1 Inledning

I tidigare kapitel har sannolikhet och konsekvens för möjliga olyckssituationer relaterade till farligt godstransporter på järnväg bedömts. Resultatet av risknivåer har jämförts med varandra och med kriterier för tolerabel risk. Resultaten har visat att kostnadseffektiva åtgärder bör värderas för att sänka risknivån. I detta kapitel ges förslag till åtgärder som bör värderas.

De redovisade åtgärderna har indelats i följande kategorier:

- Bana
- Fordon
- Trafik
- Tunnel
- Omgivning
- Generellt/Administrativt

Inom varje kategori listas åtgärder som är olycksförebyggande och/eller skadebegränsande.

Olycksförebyggande avser åtgärder som förhindrar eller reducerar sannolikhet för att farligt gods olycka uppstår.

Skadebegränsande avser åtgärder som förhindrar eller reducerar konsekvenser av en inträffad olycka med farligt gods.

Exempel:

Förbättra spårlägel

- Minskar sannolikheten för solkura och därmed sannolikhet för urspårning
- kan därmed klassas som olycksförebyggande åtgärd

Ökat avstånd mellan spår och bebyggelse

- påverkar ej sannolikhet för utsläpp av farligt gods
- begränsar den skada som kan uppkomma
- kan därmed klassas som skadebegränsande åtgärd

Vissa åtgärder, t.ex. hastighetsreduktion, kan vara av såväl olycksförebyggande natur (minskar sannolikhet för att skada uppstår på behållare) som skadebegränsande natur (kan minska uppkommen skada på behållare och därmed utflödet av farligt gods).

Generellt sett är det naturligtvis önskvärt att i första hand vidta åtgärder som syftar till att förhindra att en olycka inträffar.

8.2 Föreslagna skyddsåtgärder

Åtgärderna listas enligt kategorierna ovan och utgår från de förslag som lagts fram i riskanalysen.

8.2.1 Bana

Skadebegränsande

- Verksamheter intill spåret på Säterigatan bör skyddas mot mekanisk påverkan genom att åtgärder införs för att minska sannolikheten för

allvarliga konsekvenser pga urspårning tex, urspårningsräl, trågbro eller liknande.

- Verksamheter på Sannegårdsgatan med kortare avstånd än 30 meter till spår bör skyddas från mekanisk påverkan vid urspårning genom urspårningsräl, kantbalk eller liknande.

Olycksförebyggande

- Minska sannolikheten för solkurva med förbättrat spårläge

8.2.2 Fordon

Inga skyddsåtgärder är föreslagna inom denna kategori eftersom denna riskanalys gäller dubbelspåret och därmed inte inkluderar säkerhetsåtgärder på själva fordonen.

8.2.3 Tunnel

Skadebegränsande

- Värdera enkelspårstunnlar istället för dubbelspårstunnel. Enkeltunnlar minskar sårbarhet ger förbättrade möjligheter för underhåll och minskar sannolikheten för kollisioner, enkeltunnlar ger även fördelar för utrymning och räddningsinsats. (värdering utförs i slutsatser kapitel 9)
- Tillse att tunnelmynningar inte riskerar att översvämmas, dimensionera för 100-årsflöde inklusive marginal för klimatförändring.
- Undersök vad pumpstationer i lågpunkter skall dimensioneras för (100års regn med marginal för klimatförändring)
- Installera oljeavskiljare i dränering/ uppsamlingsdamm för att minska risken för spridning i samband med utsläpp.
- Lägg in behov av fläktar i beredskapsplan för tunnel/överdäckning.

8.2.4 Trafik

Skadebegränsande

- Värdera om tåg inte skall mötas i tunnel
- Minskad hastighet

8.2.5 Omgivning

Olycksförebyggande

- Avskärmning/staket vid tunnelpåslag minskar sannolikheten för att saker på spåret leder till olycka.
- Gångbroar/tunnlar och/eller staket i områden där det finns risk för att personer genar över spåren.

Skadebegränsande

- Bostäder norr om Pölsebo bangård som befinner sig på ett kortare avstånd än 80 meter från spåret bör skyddas från skadehändelser genom en vall eller mur vars höjd är cirka 4 meter över spår. Eventuella höjdskillnader i terrängen gör att vallen kan göras lägre så länge höjden

över spår är 4 m. Skyddsåtgärden skall skydda mot strålning och flygande föremål i samband med explosion.

8.2.6 Generellt

Samarbete mellan TRV och räddningstjänst ska planeras in under följande skeden för att ta fram rutiner/beredskapsplan för åtgärder/insats vid olycka.

Genomgång av BVH 585:30 om tunnelalternativet väljs för att stämma av nödvändiga åtgärder och avsteg.

8.3 Kommentarer angående framtida byggnationer

Framtida byggnation

Det finns ett fåtal byggnader inom det avstånd som enligt Gbg ÖP 99 bör vara bebyggelsefria (<30m). Om verksamheten i dessa kommer att förändras eller nybyggnationer utföras bör vissa åtgärder övervägas, se tabell 14 på nästa sida över åtgärder beträffande nybyggnation som bedöms som relevanta i detaljplaneskedet. Det bebyggelsefria området bör generellt vara utformat så att:

1. Åtkomst till spårområde skall medges
2. Närområdet utformas så att eventuellt utläckande kemikalier inte sprids in mot ny byggnation.
3. Objekt som innebär risk för att urspårad farligt godsvagn skadas undviks (tex stenblock, stolpar, utstickande föremål)
4. Byggnation inom riskområde för urspårad vagn undviks, detta är inget exakt mått men generellt sett är sannolikhet för att urspårad vagn skall hamna mer än 15 meter från spår mycket låg. Detta är dock beroende av lokala förhållande bl a spårets höjd över mark.

För närvarande är det enbart verksamheter som har ett avstånd mindre än 30 meter. För denna typ av verksamhet finns möjligheter att anpassa byggnadsutformning till aktuellt läge (se åtgärdslista nedan, tabell 14). Denna typ av verksamhet bör vara lätt att utrymma vid behov. Byggnation, närområde och avstånd till spår utformas så att övriga syften (punkt 1 – 4 ovan) uppfylls.

Tabell 14 Eventuella säkerhetshöjande åtgärder vid nybyggnation eller ändrad verksamhet i området inom 30meter från järnvägen.

Åtgärdsområde	Kommentarer
Inlösen av byggnader	
Ventilation	Luftintag för ventilation bör placeras i fasad som vetter från spåret.
Förstärkta brandtåliga fasader och fönster	Fasader mot spår bör utformas för att erhålla så god säkerhet som möjligt. Detta kan innefatta flera olika åtgärder, t ex minimering av öppningar och brandtålighet. Vid utformning av nya fasader kan olyckslaster med hänsyn till brand och övertryck beaktas.
Planering av utrymmen	Portar, varuintag och personalrum bör så långt som möjligt placeras i fasader som ej vetter mot spåret. Utrymningsvägar bör utformas så att utpassage och samlingsplatser anordnas i riktning från spåret.

Åtgärdsområde	Kommentarer
Planering av framtida bebyggelse	Både framtida byggnation och framtida användning av existerande byggnader bör värderas utifrån ett säkerhetsperspektiv. Nybyggnation intill befintligt spår bör analyseras enligt kraven i Gbg ÖP 99.
Åtkomst till spårområdet	De ytor som frigörs i direkt anslutning till spåret som en följd av inlösen av byggnader bör förbli fria ytor som ej inbjuder till långvarig vistelse. Ett avstånd till spår av 15 meter eller mer bör upprätthållas med syfte att ge tolerabel säkerhet mot konflikt mellan tåg och byggnader.

Aktiva system, t ex aktiv styrning av ventilation, utrymningslarm, mm, diskuteras ej eftersom denna typ av åtgärder ej bedöms som lämpliga att reglera i detaljplan.

Väg nära järnväg

Vägar innebär inte någon signifikant påverkan på individ- eller samhällsrisk och bör kunna utformas så att punkt 1-4 (ovan) uppfylls. Åtgärder bör vidtagas så att vägtrafik inte kommer i konflikt med järnvägstrafik eller kan innebära skada på brofundament.

9 OSÄKERHETER OCH ANTAGANDEN

9.1 Inledning

En riskanalys är alltid förknippad med osäkerheter, och för att riskanalysen inte ska missuppfattas bör användaren känna till de osäkerheter som ingår i analysen. Det är främst i kvantitativa analyser där osäkerheter som till exempel värden på sannolikheter fortplantas i beräkningar.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

En översiktlig sammanställning av osäkerheter och bedömningar görs i detta kapitel för nedanstående områden:

- Bana (standard, hastighet, antal växlar)
- Trafik (antal godståg, 2 eller 4-axliga vagnar, antal vagnar/godståg)
- Farligt gods (mängd, ämnen)
- Omgivning (verksamheter, markanvändning)
- Olycksstatistik (urspårning, läckage, antändning)
- Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)

9.2 Bana

Indata avseende banstandard som använts i beräkningar är antal växlar (1-2), banstandard (spårklass A) och hastighet (70km/h). I tunnel och överdäckning har sannolikhet för solkurva satts till 0. Samtliga av dessa ingångsvärden anses vara mycket rimliga.

9.3 Trafik

Prognos - Underlaget för den trafikprognos för nya dubbelspåret som används i beräkningarna är framtaget av Trafikverket. Trafikverkets prognos för Hamnbanan innebär att antalet godståg ökar med 70% mellan 2009 och fullt utbyggd bana 2030.

I SIKA (2005) redovisas prognoser avseende utveckling av godstransporter från 2001 till 2020. Följande uppgifter är hämtade från denna rapport:

- Godstransportarbetet på järnväg beräknades öka med drygt 18% till 22% mellan 2001 och 2020

En jämförelse kan göras mot utfört gods transportarbete på järnväg under 2006 till 2010, Trafa (2010), där godstransporterna varit i stort sett konstanta med undantag av en nedgång under 2009.

Prognoser är alltid osäkra till viss del. Behovet av transporter på aktuell sträcka i framtiden går inte att exakt bestämma i nuläget. Det är önskvärt att ha ett längre perspektiv i samhällsplaneringen då den lösning som det projekteras för i nuläget även ska klara av de krav som ställs i framtiden utan att det ska behöva göras kostsamma förändringar. Den prognos som är framtagen är inte exakt utan ger endast en fingervisning.

Även om godstransporterna på hamnbanan förväntas öka mer än för övriga järnvägar så anses den prognos som använts för beräkningar vara mycket konservativ.

Tågsammansättning - I analysen har förutsatts att allt farligt gods går i "normalgodståg", omfattande 37 vagnar, blandat 2-axliga vagnar och boggievagnar. Diskussioner om att istället transportera vissa ämnen i heltåg, d.v.s. ett tåg med enbart ämnen av ett visst slag pågår. Några fördelar med detta är:

- Bättre total vagnsstandard i tåg med klass 2-produkter eftersom dessa i stor utsträckning transporteras med boggievagnar som bedöms ha en lägre urspårningssannolikhet än 2-axliga vagnar och har ett mer omfattande kontrollsystem. Detta ger en reducerad sannolikhet för urspårning.
- Man undviker att toxiska varor blandas med brandfarliga varor i samma tåg.
- Minskat behov av rangering och uppställning av vagnar.

Denna möjliga utveckling har ej beaktats i analysen.

9.4 Farligt gods

I beräkningarna av olycksfrekvens för fullt utbyggt dubbelspår har det antagits att farligt gods ökar i samma utsträckning som antalet godstransporter ökar enligt prognosen i tabell 4.

Statistik för tidigare ökningarna visar dock att ökningen inte är jämnt fördelad mellan olika varugrupper. Störst tillväxt (alla transportslag) bedöms ske för varugrupperna bearbetade metaller, maskiner, färdigvaror, papper och massa samt varor som används inom byggnadsindustrin. Varugruppen kemiska produkter bedöms emellertid ligga nära genomsnittet.

Det är oftast svårt att få reda på vilka mängder av de olika klasserna farligt gods som transporteras, då transporterna kan variera kraftigt.

Bedömningar avseende utveckling av transporterade mängder farligt gods på järnväg är förenade med vissa osäkerheter. Förutom den allmänna konjunkturutvecklingen som påverkar det totala transportarbetet kan flöden av farligt gods, och särskilt då inom de klasser som dominerar riskbilden (klass 2, kondenserade gaser) påverkas av andra faktorer t.ex:

- Uppköp, nedläggningar och strukturmönderingar inom specifika branscher.
- Utfasning av vissa ämnen. Exempel på detta är den övergång från klor till andra ämnen som skett när det gäller blekprocesser.
- Övergång till heltåg, d.v.s. att vagnar med en viss produkt går i ett " eget tåg " istället för att vagnarna sprids ut på den ordinarie godstrafiken. Detta påverkar inte totala mängden gods men kan påverka val av färdväg och minska behov för rangering.

Med hänsyn till ovanstående anses de farligtgods-mängder som används i beräkningarna vara en mycket konservativ skattning.

I klass 3 har samtliga antagits vara lättantändliga, typ bensin, trots att det egentligen rör sig om cirka 40%. En beräkning har utförts för en lägre andel lättantändliga transporter, resultatet visade att det inte påverkade individrisken nämnvärt. Individrisken sjönk men var fortfarande inom samma område där skyddsåtgärder skall värderas ur kostnadsnytta synpunkt.

9.5 Omgivning

Konsekvensen av en farligt gods olycka på järnvägen har bedömts utifrån de verksamheter som förekommer där i dagsläget.

9.6 Olycksfrekvens

Generella olyckstyper inom spårtrafik diskuterades i kapitel 4. De olyckstyper som beaktats vid beräkning av sannolikhet för utsläpp av farligt gods är:

- Urspårning (på grund av rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, växel trasig, vagnfel, lastförskjutning och okänd orsak, urspårning på grund av skred, ras, snö, is eller sabotage har ej ingått)
- Sammanstötning/kollision

Av dessa kategorier är urspårning helt dominerande orsak till utsläpp av farligt gods. Några begränsningar vid val av olyckstyper som påverkar slutresultatet anses ej ha gjorts.

Den viktigaste faktorn i detta sammanhang är urspårningsfrekvens, eftersom detta tal utgör ingångsvärde för analysen och är dominant jämfört med andra olyckskategorier. Värdena för beräkning av urspårningsfrekvens är hämtade från [Fredén, 2001]. Detta bedöms vara den i dagsläget bästa tillgängliga sammanställningen av olycksdata för svensk spårtrafik. Emellertid är materialet till stor del baserat på data från SJ åren 1981 – 89. Det finns flera anledningar till att detta bedöms leda till en konservativ värdering, två av dessa områden diskuteras nedan.

Vagnsstandard - Historiskt sett har ett stort antal urspårningar inträffat på grund av varmgång i lager vilket lett till axelhaveri. Efter att nya underhållsprogram införts har denna olycksorsak till mycket stor del eliminerats.

Spårkvalitet - De spårklasser som anges för sträckan har baserats på, [Fredén, 2001]. För hela sträckan har antagits standardklass A (beteckning enligt [Fredén, 2001]). Detta begrepp är ett kvalitetsmått som omfattar flera parametrar, t.ex. teknisk kvalitet och underhåll.

I beräkningen av olycksfrekvens ingår även bedömningar av antalet olyckor som leder till läckage, antändning och/eller explosion. Detta är bedömningar som till viss del är baserade på statistik från olyckor och är accepterade och använda inom flertalet riskanalyser av farligt gods som görs. I de fall statistik saknas görs en konservativ bedömning. Dessa bedömningar har dock liten inverkan på den totala individrisk.

Sammantaget anses bedömningen av olycksfrekvenser vara konservativ eller mycket konservativ.

9.7 Konsekvenser

Beräkningar har baserats på alla ingående ämnen i RID klass 1,2,3 och 5. Av dessa är ämnena i klass 2 (brandfarlig och giftig gas) dimensionerande för resultatet. Konsekvensen för utsläpp av giftig gas är baserade på en punktering av en tankvagn med klor eller svaveldioxid som är mycket giftiga gaser. Lägre konsekvenser erhålls om beräkningarna baseras på rörbrott eller en mindre giftig gas.

Naturliga skydd i terrängen som vegetation och topografi är inte inkluderat i konsekvensberäkningarna. Detta påverkar resultatet för bland annat spridning av giftig gas.

Vid olycka i tunnel har utsläppspunkten flyttats till tunnelmynning utan att konsekvensen minskats pga den omblandning som sker från utsläppspunkten till tunnelmynningen vilket innebär en konservativ bedömning av konsekvenser. Övriga konsekvenser i tunnel har satts till noll med avseende på konsekvenser utanför tunneln. Detta förutsätter att tunnel konstrueras så att inte omgivningen påverkas vid tex en explosion i tunneln.

Sammanlagt anses beräkningarna av konsekvenser vara konservativ eller mycket konservativ.

10 SLUTSATSER

Grovanalys

Grovanalysen visade att störst skillnader i risk mellan de olika alternativen finns för olyckor med farlig gods där tunnel och överdäckade sträckor är fördelaktigast för omgivningen. Endast skadehändelsen ras och skred bedömdes ha en lägre risk för befintligt läge och nollalternativet.

Individrisknivå

Totalt sett är skillnaderna i individrisk små mellan de olika alternativen och samtliga hamnar i samma område enligt DNV's förslag för individriskkriterier, där skyddsåtgärder skall värderas ur kostnadsnytta synpunkt.

B- Dubbelspår i befintligt läge ökar risknivån intill spåret jämfört med nollalternativet pga ökade transporter. I detta alternativ finns dock möjligheten att införa åtgärder för att minska risken vilket inte finns i samma utsträckning för nollalternativet.

BÖ- Överdäckning sänker risknivån för omgivningen. Överdäckningen är dock planerad för en kort sträcka vilket gör att skillnaden mot alternativ B är mycket liten.

T – Detta alternativ ger totalt sett bäst förutsättningar med avseende på risk för omgivningen. Risknivån intill öppet spår är högre än i nollalternativet men för de delar som går i tunnel blir risken för omgivningen mycket lägre.

Noll –nollalternativet ger lägst risknivå intill spåret pga av mindre antal transporter. Risken kommer dock för detta alternativ att förflyttas till vägtransporter och samhällsmässigt ger detta alternativ en riskökning

Skyddsåtgärder

B/BÖ- Flest skyddsåtgärder är föreslagna för befintligt och överdäckt alternativ. Skyddsåtgärder är föreslagna för spår förbi verksamheter på Säterigatan och Sannegårdsgatan, åtgärd för områden där det finns risk för spring över spår samt skyddsåtgärd för bostäder inom 80 meter från spåret vid Pölsebo.

T- Tunnelalternativet kräver färre skyddsåtgärder då tunneln i sig utgör en skyddsåtgärd för omgivningen. Skyddsåtgärder är föreslagna för bostäder inom 80 meter från spåret vid Pölsebo, för verksamhet nära spåret på Sannegårdsgatan samt avskärmning/staket vid tunnelpåslag.

Noll – Skyddsåtgärder införs oftast bara vid nybyggnation eller ändring i detaljplan, incitamentet för skyddsåtgärder för befintlig bebyggelse är därmed lågt för nollalternativet.

Räddningsinsats

Då samtliga förslag ligger inom tätort med flera anslutningsvägar och tillgänglighet till brandvatten anses möjligheten för räddningsinsats vara god för samtliga alternativ. För tunnelalternativ och överdäckade delar skall det finnas möjlighet för räddningstjänsten att nyttja fläktar för ventilation av tunneln och att

kunna ansluta sig till brandvatten för att kunna kyla vagnar etc. Enligt räddningstjänsten går de inte in i tunneln vid en farligt gods olycka.

Utrymning

Utrymning är bara aktuell för alternativen tunnel och överdäckt. Enligt BVH 585:30 skall utrymnings- och rökspidningsberäkningar utföras för tunnlar av den längd som är planerad på denna sträcka. Hamnbanan är dock inte avsedd för persontrafik och det kommer endast att vara lokföraren som befinner sig i tunneln vid eventuell olycka. Utrymnings- och rökspidningsberäkningar har därmed inte utförts inom projektet. Rutiner bör tas fram och lokförare övas i hur de skall agera vid händelse av olycka i tunneln.

Sårbarhet/robusthet

B –Sårbarheten för dubbelspår i befintligt läge anses vara aningen lägre än för tunnelalternativet och robustheten något högre eftersom det vid en allvarlig olycka är enklare att komma åt spåret för räddningsinsats och reparation vid spår i öppet läge.

BÖ/T- Det finns flera fördelar med tunnel och överdäckt spår tex är det mindre utsatt för yttre påverkan vilket ger en lägre sannolikhet för olycka samt att konsekvensen för omgivningen är lägre då olyckan sker i tunnel/överdäckning. Sårbarheten vid en olycka blir dock högre eftersom risken är större att båda spåren måste stängas av och att det kan ta längre tid att återställa spåret. Med dubbla enkelspårstunnlar ökar robustheten genom att en olycka inte påverkar båda spåren samtidigt, sannolikheten för konflikt mellan mötande tåg och utstickande last minimeras, räddningstjänsten har möjligheten att påbörja insats genom opåverkat rör och underhåll kan ske med mindre störning från trafik.

Fördelarna med dubbla enkelspårstunnlar måste dock sättas i relation till kostnaden då det ur individrisksynpunkt inte är motiverat med extra säkerhetsåtgärder för tunnel

Noll – Nollalternativet har högst sårbarhet och lägst robusthet. Vid en allvarlig olycka på Hamnbanan, tågstopp eller avstängning av trafik finns det med enkelspåret inget alternativ att låta transporter gå på ett annat spår.

Samlad bedömning

Totalt sett både med avseende på risk för individer, risk att omgivningen påverkar Hamnbanan och Hamnbanans robusthet och sårbarhet visar denna analys att tunnelalternativet är fördelaktigast ur risksynpunkt.

11 REFERENSER

- Trafikverket (2010) Information från www.trafikverket.se.
- Banverket / Statens Räddningsverk, (2000). *Ökad säkerhet för farligt gods på järnväg*.
- Banverket (2002), *Elektrifiering av hamnbanan riskanalys*, SSPA Sweden AB uppdragsnummer 2002 2765
- Banverket (2005) *Sårbarhetsanalys Hamnbanan steg 1*, BRVT 2005:01-1
- Banverket (2005) *Sårbarhetsanalys Hamnbanan steg 2*, BRVT 2005:01-2
- Banverket (2007) *Personsäkerhet i järnvägstunnlar* BVH 585:30
- Banverket (2005) *BV Tunnel*, BVS 585.40
- FBE (1994) *Riskanalys -Lisebergs utvidgning åt öster*, FB Engineering AB
- FBE (2005-2008) *Riskanalyser avseende farligt gods på Hamnbanan förbi Västra Eriksberg*, uppdrag 160616
- Fredén, (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket, Miljösektionen. 2001:5.
- FOA (1997) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker* FOA rapport 97-00490-990-SE
- TRAFKA (2010) Person- och godstransporter på järnväg, 2010 kvartal 2, 2010:13
- Lamnevik, S, Palme E, (1997). *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS. Bilaga 2*.
- Länstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland (2006) Riskhantering i detaljplaneprocessen. Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.
- Räddningsverket, (1996). *Farligt gods. Riskbedömning vid transport*. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg. B20-194/96.
- Räddningsverket, (1997). *Värdering av risk*. Risk- och miljöavdelningen. P21-182/97.
- MSBFS 2009:3 om *transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*
- Vägverket (2005) Norra länken K6 gemensamt, *Riskanalys, trafik, brand och farligt gods*.
- Räddningsverket (2009) *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering RIB* (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)
- SIKA, (2005). *Transporternas utveckling till 2020*. SIKA Rapport 2005:9.
- VTI (1994). *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods*. S Fredén. VTI rapport nr 387:2.inledning
- VTI (1994) *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg*. VTI rapport Nr 387:4

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan				Senaste rev: 0			
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo				Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B			
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår				Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622			
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Rekommendation	Ansv
Olycka med farligt gods							
1	Massexplosion	Kollison/brand/sabotage/ urspårning	1 Omfattande personskador på boende Skadad spåranläggning Spåravstängning	Regler/krav för säker paketering och transport av explosiva varor. Låga hastigheter (70 km/h) på hamnbanan Inga plankorsningar Riktlinjer för markanvändning intill järnväg från Lst, TV och Göteborgs kommun.	H	Värdera riskreducerande åtgärder för byggnader nära järnvägen.	
			2 Få personskador Skada på anläggning, Långvarig tunnelavstängning			Värdera dubbla enkelspårstunnlar	
			3 Få personskador Skada på överdäckning, Långvarig avstängning			Värdera om överdäckning bör dimensioneras för spränglast, eventuella restriktionskrav för vad som kan byggas ovanpå överdäckning. <i>Projektet företsätter att det inte skall byggas bostäder på överdäckning. Merkostnaderna av detta får i så fall tas av byggnationen.</i>	
			4 Omfattande personskador på boende Skadad spåranläggning Spåravstängning			Regler/krav för säker paketering och transport av explosiva varor. Låga hastigheter (40 km/h) på hamnbanan Inga plankorsningar Riktlinjer för	H

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan						Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo						Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår						Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Rekommendation	Ansv
				markanvändning intill järnväg från Lst, TV och Göteborgs kommun.			
2	Poolbrand	Kollision/urspårning sabotage	1 Brännskador inom 50 meter	Regler/krav för säker transport.	M	Ställ krav på tolerabel strålningsnivå för byggnader intill spår och skyddsåtgärder för de byggnader som ligger högre.	
			2 Skada på installationer i tunnel, långvarig tunnelavstängning	Låga hastigheter på hamnbanan (70 km/h)	L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar, krav på oljeavskiljare i dränering, uppsamlingsdamm	
			3 Skada på överdäckning, Långvarig avstängning	Inga plankorsningar Få byggnader inom 50 meter från Hamnbanan Inom 30 meter från järnväg finns krav på skyddsåtgärder för strålning.	L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar	
			4 Brännskador inom 50 meter		M	Vid nybyggnation intill järnvägen genomför riskanalys i enlighet med Lst's riktlinjer och ställ krav på riskreducerande åtgärder.*	
3	Gasbrand	Som ovan	1 Omfattande personskador på boende	Regler/krav för säker transport.	H	Ställ krav på tolerabel strålningsnivå för byggnader intill spår och skyddsåtgärder för de byggnader som ligger högre.	
			Skadad spåranläggning	Låga hastigheter på hamnbanan (70 km/t)			
			Spåravstängning	Inga plankorsningar	L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar, krav på oljeavskiljare i dränering, uppsamlingsdamm	
			2 Få personskador	Delar av sträckan ligger i			
			Skada på anläggning, Långvarig tunnelavstängning				

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0		
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B		
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622		
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Rekommendation	Ansv
			3Få personskador Skada på överdäckning, Långvarig avstängning	skärning, tunnel eller överdäckning vilket minskar skador pga strålning på omgivningen.	L	Värdera dubbla enkelspårstunnlar	
			4 Omfattande personskador på boende Skadad spåranläggning Spåravstängning	Regler/krav för säker transport. Låga hastigheter på hamnbanan (40 km/t) Inga plankorsningar Delar av befintlig sträckning ligger i skärning och tunnel vilket minskar skador pga strålning på omgivningen.	H	Vid nybyggnation intill järnvägen genomför riskanalys i enlighet med Lst's riktlinjer och ställ krav på riskreducerande åtgärder.*	
4	Jetbrand	Händelserna 4-6 värderas i denna grovanalys ha samma orsak och konsekvens samt rekommendationer som händelse 3.					
5	Bleve						
6	Gasmolnsexplosion						
7	Utsläpp av giftig gas	Som ovan	1 Omfattande personskador	Regler/krav för säker transport.	H	Värdera krav på ventilation för byggnader med hög persontäthet nära järnvägen.	

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
			2 Försenad spridning men därefter omfattande personskador, tunga gaser samlas i lågpunkter. Risk att tung gas sprids ner i dagvattenssystem.	Låga hastigheter på hamnbanan (70 km/t) Inga plankorsningar Befintlig järnväg ligger i vissa partier lågt vilket försenar spridning av tung gas.	M	Värdera om det är en fördel att tunga gaser ansamlas i mitten av tunneln. Undersök olika metoder för att få ut gas som ansamlats i tunneln.
			3 Försenad spridning men därefter omfattande personskador, tunga gaser samlas i lågpunkter. Risk att tung gas sprids ner i dagvattenssystem.			Lägg in behov av fläktar i beredningsplan för tunnel/överdäckning.
			4 Omfattande personskador	Regler/krav för säker transport. Låga hastigheter på hamnbanan (40 km/t) Inga plankorsningar Befintlig järnväg ligger i vissa partier lågt vilket försenar spridning av tung gas.	M	Värdera avstängningsmöjlighet för pumpgrop för att förhindra spridning.
					H	Vid nybyggnation intill järnvägen genomför riskanalys i enlighet med Lst's riktlinjer och ställ krav på riskreducerande åtgärder.*
8	Oxiderande ämne	Händelse 8 värderas i denna grovanalys ha samma orsak och konsekvens samt rekommendationer som händelse 1 explosion				

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0		
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B		
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622		
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Rekommendation	Ansv
9	Radioaktiva ämnen	Kollision/urspårning, skadat emballage	1 Liten kortsiktig konsekvens, risk för långsiktiga konsekvenser	Inga transporter i dagsläget	L		
			2 Liten konsekvens, svårsanerat		L	Undersök hur tunnlar saneras från radioaktiva ämnen	
			3 Liten konsekvens, svårsanerat		L	"-	
			4 Liten kortsiktig konsekvens, risk för långsiktiga konsekvenser		L		
10	Smittförande ämne	Kollision/urspårning, skadat emballage	1 Smittspridning till boende i området	Inga transporter i dagsläget	L		
			2 Liten konsekvens, svårsanerat		L		
			3. Liten konsekvens, svårsanerat		L		
			4. Smittspridning till boende i området		L		
Övriga olyckshändelser							
11	Översvämning	Brott på vattenledning	1. Trafik avstängd under kortare period		L	Kontrollera mot översvämningskartering	
		Kraftig nederbörd, brott på vattenledning, stopp i dagvattenledning.	2. Avstängning av tunneln		L	Undersök vad pumpstationer i lågpunkter skall dimensioneras för (100-årsregn?)	
		Kraftig nederbörd, brott på vattenledning, stopp i dagvattenledning.	3. Avstängning av överdäckning		L	Undersök vad pumpstationer i lågpunkter skall dimensioneras för (100-årsregn?)	

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
			4. Trafik avstängd under kortare period		L	
12	Kollisioner	Felande signalsystem, manuell felhandling, kollision med urspåret tåg	1 Personskada (lokförare), skada på gods, eventuell skada på verksamheter nära spåret	ATC		
			2 Som ovan			Värdera dubbla enkelspårstunnlar
			3 Som ovan			Värdera dubbla enkelspårstunnlar
			4 Som ovan			
13	Urspårning	Växelfel	1 Personskada (lokförare), skada på gods, skada på verksamheter nära spåret	ATC låga hastigheter (40 km/t), Begränsat med verksamheter nära spåret, Hamnbanan går i skärning och tunnel på delar av sträckan vilket förhindrar att en kollision drabbar omgivande byggnader.		
			2 Personskada (lokförare), skada på gods, stopp i tunnel		L	Värdera tråg på bro
					L	

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
14	Ras/skred		3 Personskada (lokförare), skada på gods, stopp i tunnel		L	
			4 Personskada (lokförare), skada på gods, eventuell skada på verksamheter nära spåret	Begränsat med verksamheter nära spåret, Hamnbanan går i skärning och tunnel på delar av sträckan vilket förhindrar att en urspårning drabbar omgivande byggnader.	L	
		1 Läckor på vattenledningar, jordbävning,	Avstängning under återställning	Ej skredkänsligt eller jordbävningsdrabbat område.	L	
		2 Ras av bergmassor, frostsprängning	Avstängning under återställning		M	Säkra tunneln för frostsprängning under byggnationen.
15	Brand i omgivning	3 Felberäknad konstruktion, för tung belastning (nya byggnader)	Avstängning under återställning		M	Värdera vilken last som överdäckning bör hålla för. Projektet förutsätter att det inte skall byggas bostäder på överdäckning. Merkostnaderna av detta får i så fall tas av byggnationen.
		4. Läckor på vattenledningar, jordbävning,	Avstängning under återställning		L	
		Verksamheter i nära anslutning till spåret	1 Eventuell avstängning av trafik medans släckningsarbete pågår 2 Minskad risk med	Riktlinjer för markanvändning intill järnväg från Lst, TV och Göteborgs kommun.	L	Värdera inlösen av byggnader med kort avstånd till järnvägen.
					L	Bensinstation kommer att behöva

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan						Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo						Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår						Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Rekommodation	Ansv
			tunnel	Få byggnader i nära anslutning till Hamnbanan.		flyttas/läggas ned om det blir tunnelalternativet.	
			3 Minskad risk med överdäckning		L	Bensinstation kommer att behöva flyttas/läggas ned om det blir alternativ med överdäckning..	
			4 Eventuell avstängning av trafik medans släckningsarbete pågår		L	*	
16	Skada på befintlig gasledning som passerar i höjd med Älvsborgsbron	Brott på ledning	1-4 Eventuell avstängning av trafik under den tid som läckan tätas.	Regler och restriktioner för grävarbete intill gasledning och avstånd mellan gasledning och verksamheter.	M		
Faktorer som kan påverka sannolikheten för kollision urspårning							
17	Saker på spåret	Tappad last, sabotage, trafik i anslutning	Kan orsaka följdhändelser som kollision/urspårning	1 Låga hastigheter (70km/t) men långa stoppträckor 2 Reducerad risk med tunnel 3 Reducerad risk med överdäckning 4 Låga hastigheter (40 km/t) men långa stoppträckor	L	Värdera eventuell stängsling/fallskydd från broar	
18	Person/djur på spår	Gena, sabotage	1-4Kan leda till följdhändelser, personskada, urspårning.	1 Samma risk som i dagsläget, låga hastigheter men långa stoppträckor.	L	Vid nybyggnation värdera eventuell stängsling/fallskydd från broar. *	
					L	Projektera så att järnvägen inte blir en barriär.	

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
				Viss avskärming i bergskärningar men inte som skalskydd		
				2 Reducerad risk med tunnel, stängsling ovanför tunnelmynning	L	Projektera så att järnvägen inte blir en barriär.
				3 Reducerad risk med överdäckning, stängsling ovanför tunnelmynning	L	Projektera så att järnvägen inte blir en barriär.
				4 Låga hastigheter (40km/t)	*	
				Eventuell risk för tappad last på spår se händelse 17	L	
19	Andra trafikslag	Korsande broar, planskiljda korsningar Inga Inga Korsande broar, planskiljda korsningar	Övrigt			
20	Sårbarhet/robusthet – transporter kommer inte fram till/från hamnens verksamheter.	Diverse händelser enligt ovan som kan leda till avstängning av spårantäggning.	1-4 Verksamheter med transporter till/från hamnen kan tvingas stänga verksamheten vid brist på varor/reservdelar etc.	1-3 Systemet bli mindre sårbart än i dagsläget, öppet spår har större möjligheter att hålla spåret öppet vid olycka. Enkelspårstunnlar antas vara minst sårbart. Om man inte bygger på övriga sträckor är det viktigare med	L	Värdera behov av växlingsspår för att kunna växla över vid olyckor då ett spår stängs av.

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
				enkelspårstunlar. 4 Enkelspår, vid avstängning är transport på väg enda alternativet.	M	
21	Minskade möjligheter för rangering	Ombyggnad av järnvägen samt ett expanderade område minskar möjligheten att rangera på Pölsebo.	1 Samma rangeringsmöjligheter som idag 2 Med tunnel blir Pölsebo en säckstation vilket ger ökad hantering med växlingar 3 Samma rangeringsmöjligheter som idag 4. Ingen förändring mot dagsläget.	Generellt minskat behov av rangering med dubbelspår		Pölsebo ligger mitt i ett bostadsområde och rangering där bör minimeras Pölsebo ligger mitt i ett bostadsområde och rangering där bör minimeras Pölsebo ligger mitt i ett bostadsområde och rangering där bör minimeras Pölsebo ligger mitt i ett bostadsområde och rangering där bör minimeras
22	Utökat behov att bygga nära inpå järnvägen.	Expansivt område	1 Samma läge begränsar möjligheterna att bygga ytterligare i området 2 Tunnel ger ökade möjligheter att bygga. 3 Överdäckning ger viss ökning av möjligheter att bygga, begränsad möjlighet ovanpå. 4 Nollalternativet innebär begränsad möjlighet att			*

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

Projekt: Järnvägsutredning hamnbanan					Senaste rev: 0	
Objekt: Eriksbergsmotet-Pölsebo					Utförd av: M. N, B.S, P.R, M.B	
Aktivitet: Risker för järnvägen och dess omgivning vid utbyggnad till dubbelspår					Datum: 100517 reviderat med åsikter från Räddningstjänst och Trafikverket 100622	
Nr	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvens	Befintligt skydd/ Vidtagna åtgärder	Riskniv å	Ansv
			bygga ytterligare i området inom 80 meter från spåret.			

*Vid nollalternativet finns inga styrmedel för att lägga till skyddsåtgärder/lösa in byggnader för att förbättra säkerheten nära spåret. Värdering och införande av skyddsåtgärder får därmed göras vid eventuell nybyggnation/ändring.

BILAGA B

Beräkning av sannolikhet, konsekvens och risk

BERÄKNING AV SANNOLIKHET

Detta kapitel innehåller sannolikhetsberäkningar för de händelser som tidigare identifierats och beskrivits som allvarliga för omgivningen kring järnvägsspåret vid sträckan Eriksberg-Pölsebo på Hamnbanan.

B.1.1 Urspårnings- och kollisionfrekvens

Som bas för beräkningarna har Freden's *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* använts (Freden 2001).

Fredens modell bygger på att de olyckstyper som är aktuella för avsedd sträcka väljs ut för beräkning. Därefter beräknas frekvens för respektive olyckstyp med hjälp av en exponeringsvariabel (W) och en riskintensitetsfaktor (ξ).

Förväntat antal olyckor = $(W \cdot \xi)$

Exponeringsvariabel och intensitetsfaktor för de händelser som är aktuella i denna studie listas i tabell B.1.

Tabell B.1 Exponeringsvariabel och intensitetsfaktor för respektive olyckstyp, från Freden (2001).

Olyckstyp	Exponeringsvariabel	Intensitetsfaktor
Rälsbrott	Vagnaxelkm godståg	$5 \cdot 10^{-11}$
Solkurva	Spårkm	$< 1 \cdot 10^{-5}$
Spårlägesfel	Vagnaxelkm godståg	$4 \cdot 10^{-10}$
Växel, sliten/trasig	Tågpassager genom växel	$5 \cdot 10^{-9}$
Vagnfel	Vagnaxelkm godståg	$31 \cdot 10^{-10}$
Lastförskjutning	Vagnaxelkm godståg	$4 \cdot 10^{-10}$
Annan orsak	Tågkm	$5.7 \cdot 10^{-8}$
Okänd orsak	Tågkm	$1.4 \cdot 10^{-7}$

Samtliga händelser förutom urspårning på grund av solkurva är beräknade för sannolikheten att ett tåg spårar ur. Sannolikhet för urspårning på grund av solkurva är oberoende av hur många tåg som passerar och styrs enbart av hur lång sträcka som studeras. Vi skiljer därför på urspårningsfrekvens på grund av solkurva $F_{U_{sol}}$ och urspårningsfrekvens på grund av andra händelser $F_{U_{rsp}}$.

Beräkningarna är baserade på följande indata:

Tabell B.2 Ingångsvärden

	Noll	Tunnel	Överdäckt	Befintlig
Godsvagnar/tåg	36	36	36	36
Vagnaxel/godståg*	94	94	94	94
Spårkm	2,15	2,15	2,15	2,15
Godstågspassage genom växel per bana och år	25168	42900	42900	42900
Godstågspassage genom växel per sidospår och år	572	572	572	572
Växlar	2	1-2	1-2	1-2
Tåg/år	25168	42900	42900	42900
Farligt godsvagnar/år	21436	36539	36539	36539
Godstågsvagnar/år	906048	1544400	1544400	1544400

*30% 4-axliga och 70% 2-axliga

Med ovanstående ingångsvärden blir den generella urspårningsfrekvensen (exklusive solkurva):

$F_{\text{Ursp}} = 7 \cdot 10^{-7} / \text{tåg}$ för dagsläget och minskar vid nytt dubbelspår, på grund av en högre standard på spåret, till $5 \cdot 10^{-7} / \text{tåg}$

Denna siffra kan jämföras mot beräkningar av sannolikhet i Göteborgs översiktsplan. Enligt dessa beräkningar är sannolikheten för urspårning för "normalt godståg" $6.7 \cdot 10^{-7}$ per tågkm (Göteborgs stadsbyggnadskontor, 1999).

Kollisionsfrekvensen beräknas enligt nedanstående formel:

$$F_{\text{koll}} = (\varphi \cdot k \cdot f \cdot b \cdot n / V) \cdot 4 \cdot 10^{-5}$$

Där φ är förväntat antal urspårningar per år för den aktuella sträckan, K = andelen av de urspårningar där någon av de urspårade vagnarna går mer än en meter utanför fria rummet (18%), f = andel vagnar lastade med farligt gods, n = antal tåg i mötande riktning per dygn (75), b = signalavstånd + reaktionssträcka + bromssträcka i meter (sätts schablonmässigt i detta fall till 12000), V = det mötande tågets hastighet i km/h (70). Kollisions frekvensen blir med dessa ingångsvärden:

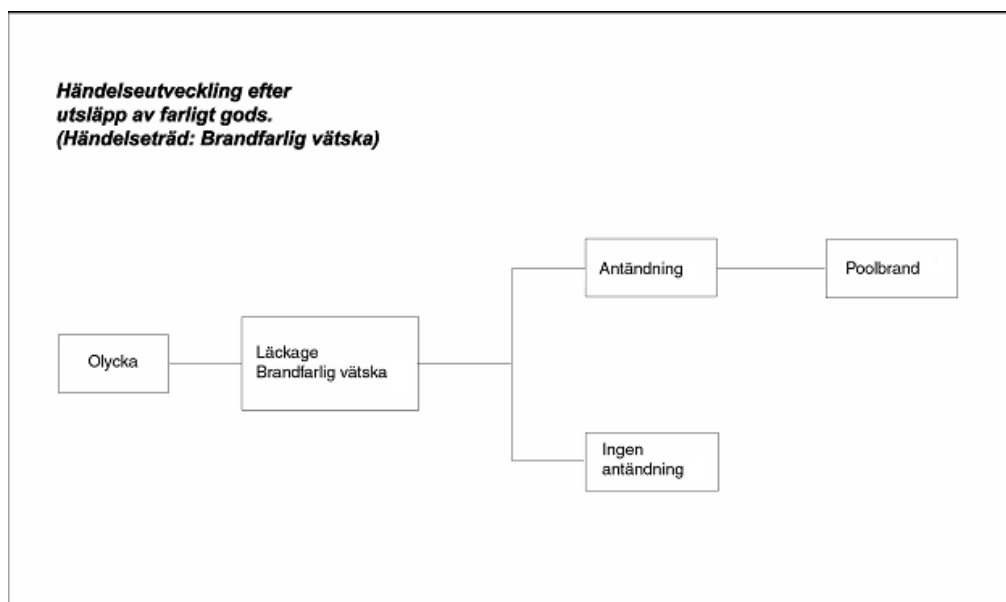
$$F_{\text{koll}} = 5 \cdot 10^{-8} / \text{tågkilometer}$$

Detta kan jämföras mot andra beräkningarna som gav att sannolikheten för kollisioner på järnväg i Sverige är $6 \cdot 10^{-8}$ per tågkm (SRV, 1996).

Kollisionsfrekvensen är en liten andel av urspårningsfrekvensen.

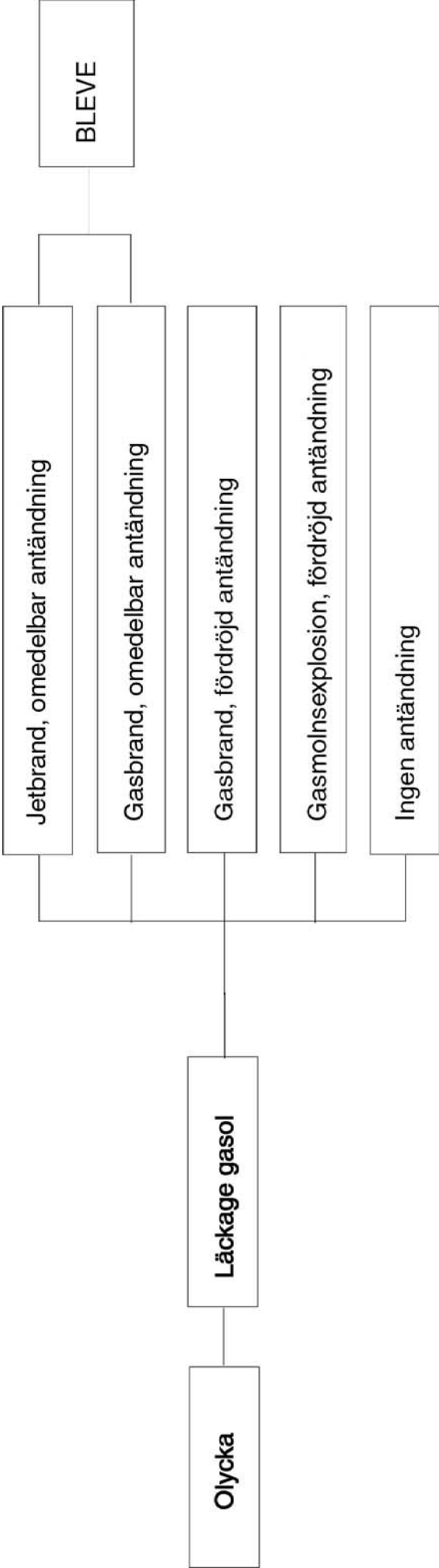
Utförligare beskrivning av beräkningsgången ges i Freden (2001).

Rapportens kapitel 3. *Riskidentifiering och bedömning av olycksfrekvenser* beskriver de händelser som kan leda fram till en olycka. Här åskådliggörs detta med hjälp av tänkbar olycksutveckling, se figur B. 1 och B.2. Olycka i ruta ett i figur B1 och B2 innefattar händelsen att urspårning/kollision sker plus att farligt-gods- vagn är drabbad. Händelseförloppet efter det skiljer beroende på vilket ämne som är inblandat. Figur B1 exemplifierar med tänkbar händelseutveckling för olycka med brandfarlig vätska och B2 för olycka med propan.



Figur B.1. Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska

	Fackområde, Avd / Discipline, Dept		Kapitel / Chapter		Sida nr / Page No.
	MRS		Bilaga B		60 (70)
	Utfärdare / Issuer M.N		Dokumentnr / Document No.		Rev.
Trafikverket Riskanalys farligt gods- Järnvägsutredning Eriksberg-Pölsebo			Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject		
			162523-16/04-bilagab		
			Datum / Date		Rev.dat. / Date of rev.
			2010-10-28		



Figur B. 2. Händelsesträd, brandfarlig kondenserad gas, exempelvis propan

B.1.2 Sannolikhet att farligt gods vagn är drabbad

Sannolikheten för att en farligt-godsvagn är inblandad vid en urspårning eller sammanstötning beräknas enligt nedan (S_{Ursp} , S_{Koll}). Det har antagits att 3,5 vagnar spårar ur vid en urspårning och 5 vagnar är inblandade vid en kollision, Gbg ÖP (1999).

$$\text{Andel vagnar med farligt gods per tåg och år: } AFGV = \frac{\text{antalRIDklass3}}{(AT * AV)}$$

$$S_{Ursp} = 1 - (1 - AFGV)^{3,5}$$

$$S_{Koll} = 1 - (1 - AFGV)^5$$

B.1.3. Sannolikhet för läckage/antändning

Sannolikheten för läckage beror på om det är en tunnväggig eller tjockväggig tankvagn som skadas och beror även av om terrängen närmast järnvägen innehåller många föremål som kan skada en tankvagn. Här används följande frekvenser, se tabell B.3 (Freden 2001).

Tabell B.3 Sannolikhet för skada på tank vid olycka

Olyckstyp	Punktering		Stort hål	
	Tunnv	Tjockv	Tunnv	Tjockv
Urspårning	0,25	0,01	0,05	0,01

Händelseutvecklingen efter att läckage har uppstått beror på vilket ämne som är inblandat. Tabell B3 redovisar sannolikheten för explosion och antändning för olika RID-klasser. Sannolikheterna i tabell B4 kommer från Gbg ÖP (1999) och FBE (1994).

Tabell B.4 Sannolikhet för antändning eller explosion för olika klasser

Ämne/händelse	Sannolikhet
Klass 1.1 Massexplosiva ämnen/explosion	0.1
Klass 2 Brandfarlig gas/antändning, S_{ant1}	0.7
Klass 3 Brandfarlig vätska/antändning, S_{ant2}	0.1
Klass 3 Brandfarlig vätska/antändning och poolbrand	0.1

B.1.4 Sannolikhet för olycka med massexplсивt ämne-järnväg

Sannolikheten för att explosion sker i vagn som är inblandad i urspårning eller kollision är 0.1 och sannolikheten att det sker i en vagn som inte är inblandad i själva olyckan (vagn som står kvar på spåret) är 0.02 (Gbg Öp 1999)

$$(\text{antal godståg} * F_{Ursp} + F_{Sol}) * S_{Ursp} * 0.1 + S_{Ursp} * 0.02$$

B.1.5 Sannolikhet för olycka med propan - järnväg

Olycka med propan kan ha ett flertal olika händelseutvecklingar, se figur B.2. Samtliga av dessa beräknas med basen enligt nedan

$$(\text{antal godståg} * F_{\text{ursp}} + F_{\text{sol}}) * S_{\text{ursp}} * S_{\text{hål}} * S_{\text{ant1}}$$

och multipliceras sedan med sannolikheten för respektive händelse enligt tabell B.5.

Tabell B.5 Sannolikhet för olika händelseutveckling vid olycka med propan. (FBE 1991, State of art report (1985))

Händelse	Sannolikhet
Jetbrand	0.58
Gasbrand omedelbar antändning	0,29
Gasbrand fördröjd antändning	0,025
Gasmolnsexplosion	0,005
BLEVE	0,058

B.1.6 Sannolikhet för olycka med kondenserad giftig gas (klor) - järnväg

I sannolikhetsberäkning för utsläpp av giftig gas ingår enbart urspårningsfrekvens, sannolikhet att farligt godsvagn är drabbad och att läckage uppstår.

$$(\text{antal godståg} * F_{\text{ursp}} + F_{\text{sol}}) * S_{\text{ursp}} * S_{\text{hål}}$$

B.1.7 Sannolikhet för olycka med oxiderande ämne-järnväg

Sannolikheten för olycka med oxiderande ämne är beräknad på att emballaget går sönder och blandas med brännbart ämne. Detta skulle kunna tänkas ske vid en urspårning som leder till kollision med ett annat tåg som passerar på det andra spåret. Sannolikheten för att det finns att båda tågen som kolliderar är godståg är enligt Göteborgs översiktsplan (1999) 0,05.

$$(\text{antal godståg} * F_{\text{koll}}) * S_{\text{koll}} * 0,05$$

Utöver dessa händelser krävs att emballaget går sönder samtidigt som brännbart ämne också läcker ut. Denna händelse är svår att uppskatta men bedöms vara mindre än 1/100 vid kollision mellan två godståg. Total sannolikhet för olycka med oxiderande ämne blir därmed troligtvis mycket lägre än redovisad i resultatet.

B.1.8 Sannolikhet att urspårande tåg träffar byggnad

Sannolikhet att urspårande tåg träffar byggnad i Agnesberg är beräknad med hjälp av urspårningsfrekvens, sannolikhet att urspårande tåg går mer än 5 meter (2 % , Freden (2001)). Sannolikheten att en person befinner sig i byggnaden nära järnvägen och skadas är bedömd till 0,001.

$$(\text{antal tåg} * F_{\text{ursp}} + F_{\text{sol}}) * 0,02 * 0,001$$

B. 2 Bedömning av konsekvenser

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på antalet omkomna personer vid en olyckshändelse. För varje olyckshändelse görs en avståndsindelning om 50 meter från olycksplatsen. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1997), VTI rapport 387:4, Räddningsverkets *Farligt gods på vägnätet*, konsekvensberäkningar i PAPA samt simuleringar i programmet Bfk.

För varje intervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- **Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna i järnvägens närområde.
- **Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed är delvis skyddade.

I tabell nedan ges andelen omkomna som X / Y, där:

X = andel omkomna ute, Y = andel omkomna inne

Tabell B.6 Andel omkomna ute respektive inne för olika avståndsintervaller för respektive olycka på väg

Olyckshändelse	Intervaller			
	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150-200 m
Massexplсивt ämne	1 / 0,15	1 / 0,05	0 / 0	0 / 0
Jetbrand	0,8 / 0,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasbrand	1 / 0,25	0,5 / 0,1	0,1 / 0	0 / 0
Gasmolnexplosion	0,8 / 0,8	0,1 / 0,1	0 / 0	0 / 0
BLEVE	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0	0,4 / 0
Kondenserad giftig gas	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0
Brandfarlig vätska	0,8/0	0/0	0/0	0/0
Oxiderande ämne	1 / 0,25	1 / 0,1	0 / 0	0 / 0

I följande stycken redovisas mer detaljerat konsekvenserna vid respektive händelse.

B.2.1 Konsekvenser för massexplсивt ämne

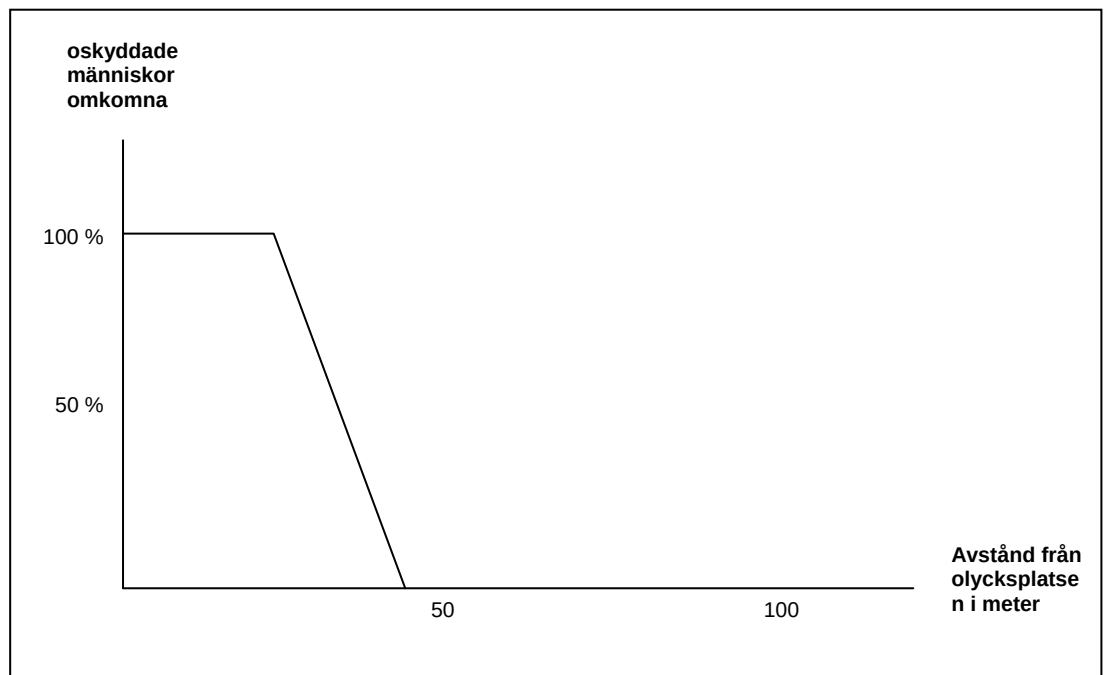
Tabell B.7. visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka med massexplсивt ämne för personer utomhus eller inomhus. För personer inomhus beror andel omkomna inte enbart av avståndet från explosionscentrum utan även av huruvida det står andra hus eller objekt som skydd för explosionen (första respektive andra radens hus).

Tabell B.7 Andel omkomna vid olycka med massexplosivt ämne på väg(15 ton) och järnväg (25ton).

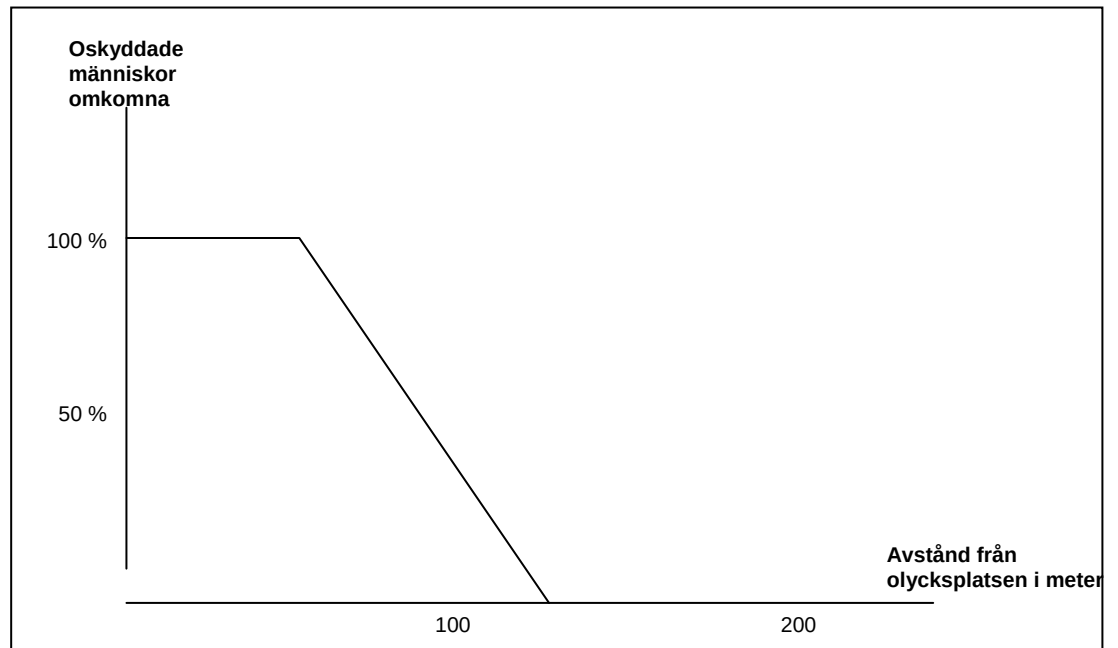
Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna			
	0-50 meter väg	0-30 meter jvg	50-100 meter väg	30-80 meter jvg
Utomhus	100%	100%	100%	100%
Första radens hus	15%	25%	5%	10%
Andra radens hus	5%	10%	--	5%

B.2.2 Konsekvenser för utsläpp av propan vid olycka med tankvagn

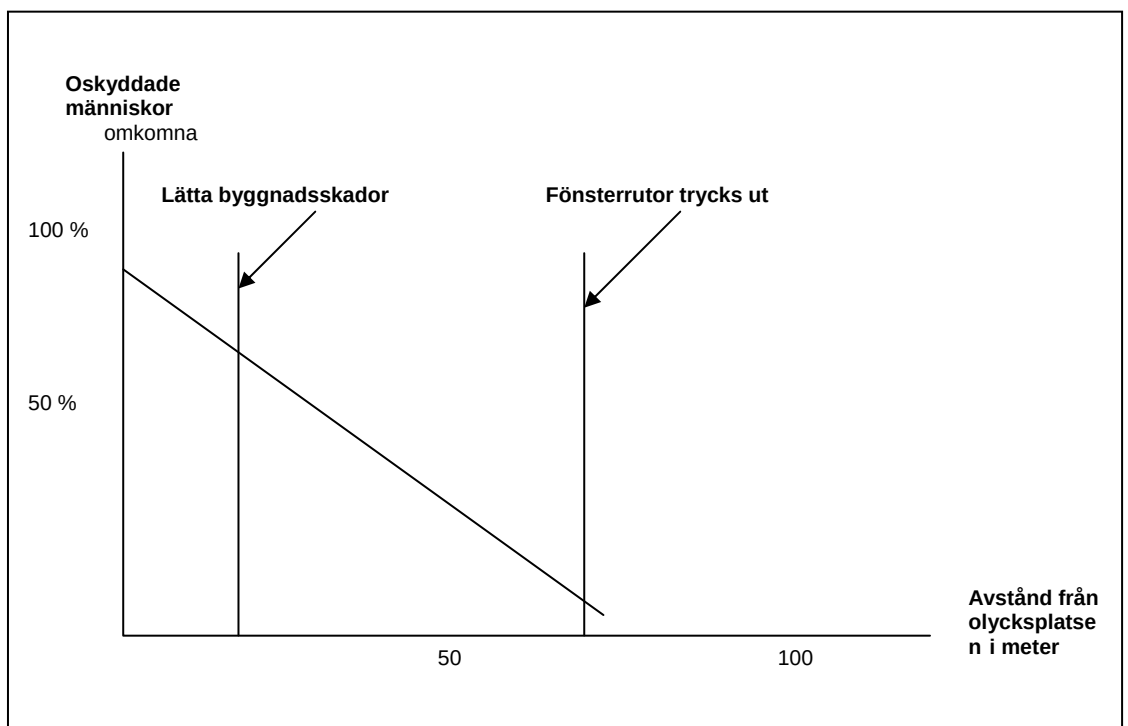
I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna vid utsläpp av brandfarlig kondenserad gas.



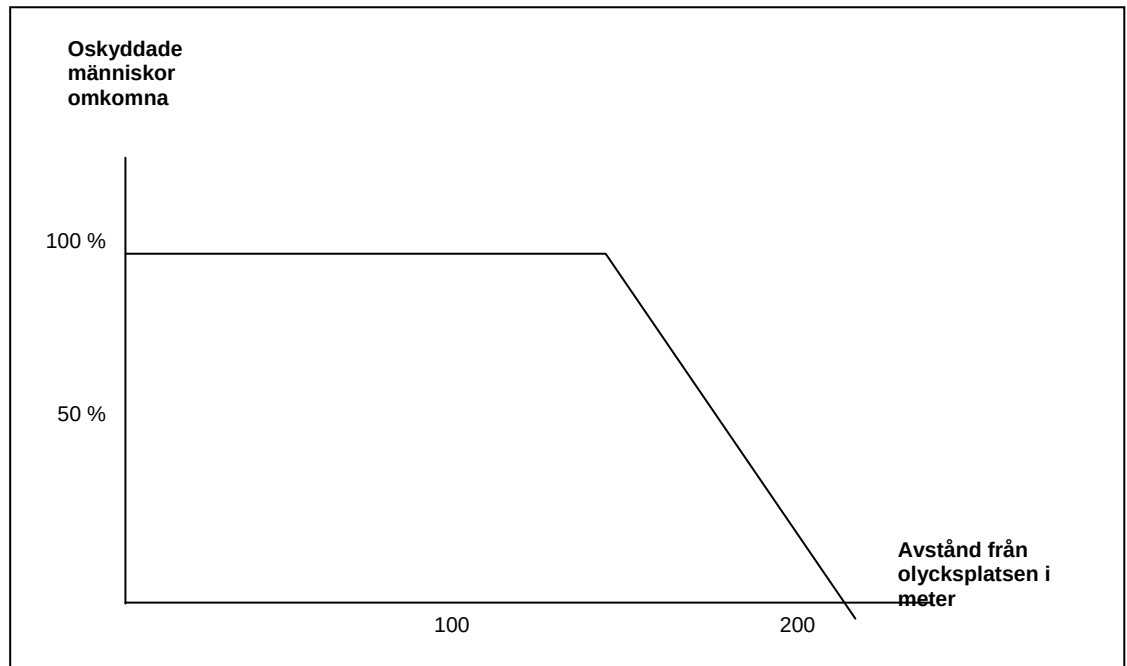
Figur B. 3 Risknivå: Propan, jetbrand



Figur B. 4 Risknivå: Propan, gasbrand omedelbar antändning



Figur B. 5 Risknivå: Propan, gasmolnsexplosion (P =frekvens)



Figur B. 6 Risknivå, Brandfarlig gas, BLEVE (P =frekvens)

B.2.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

För beräkning av konsekvenser av utsläpp av giftig gas har beräkningprogrammet Bfk använts (RIB 2003). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjdled samt andel omkomna personer inomhus respektive utomhus.

Tabell B8 sammanfattar beräkningarna i Bfk och visar andel omkomna vid olika avstånd från utsläppspunkten för två olika gaser, svaveldioxid respektive klor. Det fall som redovisas är den vädersituation som ger värst konsekvenser det vill säga stabil luftskiktning med liten omblandning och turbulens, sommar, vindhastighet 1.5 m/s och 20°C. Cirka 20% av alla vädersituationer innebär stabil luftskiktning.

Det redovisade fallet utgår från punktering av tank enligt definitionen i BFK vilket mest motsvarar stort hål i tabell B3, vid rörbrott eller litet hål är konsekvenserna betydligt lägre.

Tabell B.8 Andel omkomna vid utsläpp av giftig gas (svaveldioxid och klor) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus och utomhus.

Avstånd (meter)	Andel omkomna (%)			
	Inomhus SO ₂	Inomhus Cl	Utomhus SO ₂	Utomhus Cl
20	-	-	100	100
90	0	13	100	100
200	0	4	100	100
300	0	0	97	90
400	0	0	76	75
500	0	0	36	57

B.2.4 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosiva och konsekvenserna är lika de som sker vid olycka med massexplosivt ämne. För oxiderande ämnen beräknas dödliga skador ske inom 30 meter, väggar raseras inom 70 meter och inga döda antas på 100 meter avstånd (Göteborgs Översiktsplan).

B.3 Beräkning av risk

B.3.1 Individerisk

Individerisken har beräknats enligt:

Individerisk = händelsefrekvens (F) · andel omkomna (A)

Det redovisade resultatet är ackumulerad individerisk, det vill säga individerisken beräknas för varje enskild olycka och summeras för att ge den totala individerisken..

$$I_{\text{tot}} = F_1 \cdot A_1 + F_2 \cdot A_2 + \dots + F_n \cdot A_n$$

B.3.2 Samhällsrisk

För att beräkna ackumulerad samhällsrisk sorteras förts olyckshändelserna i storleksordning efter antal omkomna, varefter de händelser som leder till 1 omkommen, 5 omkomna, 10 omkomna och så vidare summeras avseende sannolikhet.

