

Riskutredning avseende närhet till Södra stambanan



Utredning i samband med planarbetet för Rävén 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



Projektinformation

| | |
|--------------------------|--|
| <i>Projektnamn:</i> | Riskutredning järnväg |
| <i>Fastighet:</i> | Räven 1 |
| <i>Kommun:</i> | Höörs kommun |
| <i>Uppdragsgivare</i> | Fojab Arkitekter AB |
| <hr/> | |
| <i>Kontaktperson:</i> | Magdalena Hedman magdalena.hedman@fojab.se 0708 – 47 05 50 |
| <hr/> | |
| <i>Uppdragsansvarig:</i> | Fredrik Nystedt fredrik.nysted@briab.se 0709 – 14 01 03 |
| <hr/> | |
| <i>Handläggare:</i> | Josefin Lindström josefin.lindstrom@briab.se 0767 – 79 29 29 |

| Datum | Typ av handling | Upprättad av | Kontrollerad av |
|------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 2017-12-12 | Version 1 | Josefin Lindström | Fredrik Nystedt |



Sammanfattning

Briab har på uppdrag av Hörs kommun utfört en riskutredning för Råven 1, en del av Västra stationsområdet i Höör avseende närhet till Södra stambanan där den passerar förbi planområdet i Hörs kommun. Planer finns på att uppföra ett nytt bostadsområde. Utredningen begränsas till att behandla risker från transport av farligt gods samt urspårning på Södra stambanan.

Utredningen visar att ett skyddsavstånd på 20 m från den närmsta spårkanten på Södra stambanan är nödvändigt. Det spår (ej genomgående) som ligger närmast planområdet trafikeras enbart av resandetåg, med start- eller slutstation Höör, och ger endast ett försumbart riskbidrag. Om spårområdet skulle breddas med nya spår direkt väster om Södra stambanan, vilket Hörs kommun har reserverat mark för, ska skyddsavståndet på 20 m istället mätas från den framtida närmsta spårkanten.



Figur 1. Illustration av det rekommenderade skyddsavståndet 20 m från närmsta befintliga spårkant på Södra stambanan, samt RIKTSAMS riskhanteringsavstånd på 150 m.

Utöver skyddsavståndet rekommenderas, med bakgrund i att delar av planområdet ligger inom Länsstyrelsens riskhanteringsområde på 150 m från Södra stambanan, att ventilationsystemet bör förses med nödstopp, att friskluftsintag placeras så högt som möjligt - minst 8 m ovan mark - och att det finns utrymningsmöjlighet i riktning bort från järnvägen (nordväst). Vidare rekommenderas att mindre känslig verksamhet, som parkeringsplatser, placeras närmast spåret, följt av övrig verksamhet som bostadshus om så är möjligt.



Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1 Inledning | 5 |
| 1.1 Omfattning | 5 |
| 1.2 Syfte och mål | 5 |
| 1.3 Metod | 5 |
| 1.4 Avgränsningar | 6 |
| 1.5 Kvalitetssystem | 6 |
| 1.6 Revideringar | 6 |
| 2 Riskhänsyn vid fysisk planering | 7 |
| 2.1 Styrande dokument | 7 |
| 2.2 Risk | 8 |
| 2.3 Principer och kriterier för riskvärdering | 8 |
| 3 Förutsättningar | 13 |
| 3.1 Planområdet | 13 |
| 3.2 Inventering av riskkällor i anslutning till planområdet | 13 |
| 3.3 Södra stambanan | 14 |
| 3.4 Kriterier för värdering av risk i Höörs kommun | 15 |
| 4 Aktuella risker | 16 |
| 4.1 Transporter med farligt gods | 16 |
| 4.2 Mekanisk skada vid urspårning | 19 |
| 5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods | 20 |
| 6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer | 22 |
| 6.1 Allmänt | 22 |
| 6.2 Riskvärdering och rekommenderade skyddsavstånd | 22 |
| 6.3 Övriga rekommendationer | 23 |
| 7 Referenser | 24 |
| Bilagor | 25 |



1 Inledning

Höörs kommun har påbörjat ett arbete med en ny detaljplan för bostäder i kv. Råven 1 i direkt anslutning till Södra stambanan. Detta är en del i en plan att bygga ut i Höörs centrala västra delar och på ett långsiktigt hållbart sätt öka kommunens attraktionskraft [1]. Södra stambanan är vältrafikerad då den går mellan Malmö och Stockholm, och den används av såväl resandetåg som godståg. Transport av farligt gods förekommer. Det finns ett behov av ökad kapacitet på Södra stambanan och Höörs kommun har reserverat mark för utbyggnad av järnvägen. Denna utbyggnad skulle bestå av nya spår direkt väster om befintliga spår, enligt utvecklingsplanen för Västra stationsområdet i Höör.

Briab har på uppdrag av Fojab arkitekter utfört en analys av olycksrisken avseende tågtrafik på Södra stambanan förbi Höörs station. Riskanalysen mynnar ut i ett rekommenderat skyddsavstånd för säker placering av det nya bostadsområdet Råven 1.

En övergripande riskinventering identifierar följande riskkällor för planområdet:

- ♦ Transporter av farligt gods.
- ♦ Mekanisk skada vid urspårning.

1.1 Omfattning

Analysen omfattar risker till följd av tågtrafik och transport av farligt gods på Södra stambanan vid passage förbi Höörs stationsområde. Andra risker för området ingår inte i analysen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport är att besvara följande centrala frågeställningar:

- ♦ Hur stor är risknivån med anledning mekanisk skada vid urspårning samt att det transporteras farligt gods på Södra stambanan?
- ♦ Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagen utveckling av planområdet?

Målet med denna riskanalys är att ge rekommendationer till Fojab Arkitekter AB och Höörs kommun om hur riskhänsyn kan visas i detaljplanen.

1.3 Metod

Analysen arbetar efter följande frågeschema (se även avsnitt 2.3 om riskvärdering):

- ♦ Vad kan hända?
- ♦ Hur ofta kan det hända?
- ♦ Vilka blir konsekvenserna?
- ♦ Hur stor är risken?



1.4 Avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, s.k. olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods, urspårning och drivmedelsstationer. Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med buller, vibrationer, elsäkerhet och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer, etc.

1.5 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kontroll utförs mot särskild checklista och dokumenteras.

1.6 Revideringar

Handlingen är en första version.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

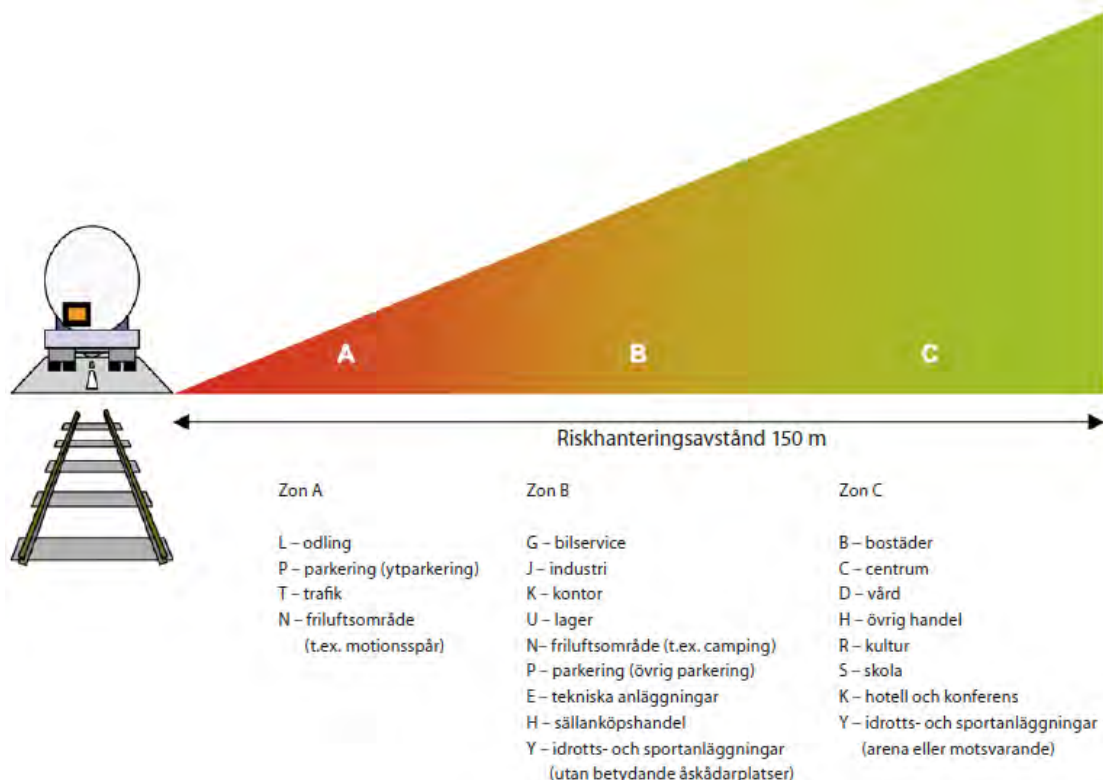
2.1 Styrande dokument

2.1.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

2.1.2 Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods [2]. I Figur 2 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser.



2.2 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses *sannolikhet* multiplicerat med omfattningen av dess *konsekvens*, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med *individrisk*, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [3].

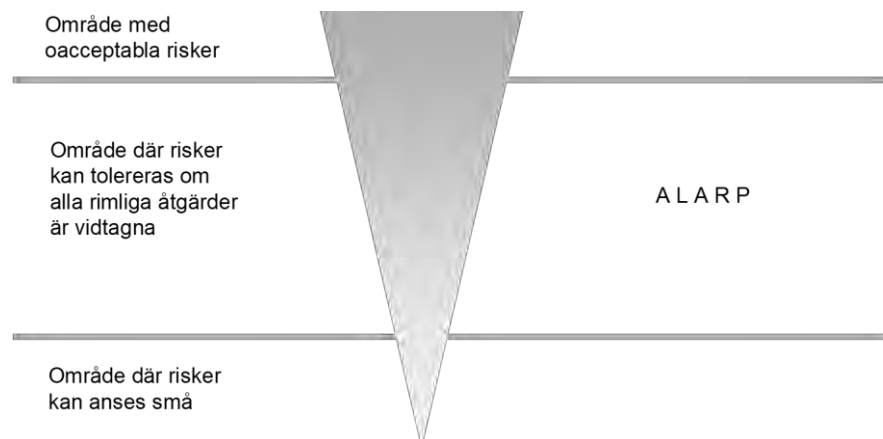
*Samhällsrisk*en, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningsituation som råder inom undersökt område [3].

2.3 Principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering från flera olika källor. Avsnittet är allmänt skrivet och i avsnitt 3.4 redovisas de kriterier för riskvärdering som tillämpas i denna riskanalys.

2.3.1 Allmänt

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 3 nedan beskriver principen för riskvärdering [4].

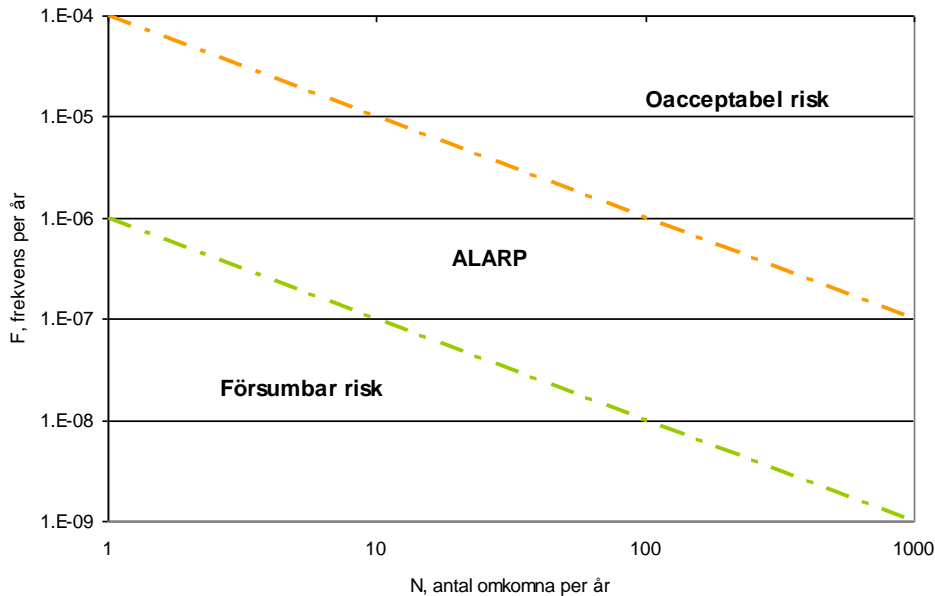


Figur 3. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonable Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär



det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av spårområde. I Figur 4 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 4. Illustration av ALARP-zonen för riskmättet "samhällsrisk" med exempel på riskvärderingskriterier från Davidsson m.fl. [4].

2.3.2 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [3]:

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [3].

2.3.3 Tillämpning av storstadslänens riskpolicy (RIKTSAM)

Länsstyrelsen i Skåne län presenterar ett system för riskvärdering i sina riktlinjer för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods i Skåne (RIKTSAM) [5]. Riktlinjerna bygger på den zonindelning som presenteras i riskpolicyn (se avsnitt 2.1.2) och kan beaktas som en praktisk tillämpning av denna. I RIKTSAM bestämmer nedanstående faktorer hur marken kan användas:



- ◆ Persontätheten i en byggnad eller i ett område. Många personer på samma plats innebär större sannolikhet för ett stort skadeutfall.
- ◆ Status på personer (vakna/sovande). Vakna personer har bättre möjlighet att inse fara och att påverka sin säkerhet.
- ◆ Förmåga att inse fara och möjlighet att själv påverka sin säkerhet. "Rätt" ålder och full rörlighet ger bättre möjligheter att påverka sin situation.
- ◆ Kännedom om byggnader och område. Kunskap om byggnader och område ger en större trygghet och möjlighet att agera än i okända byggnader eller område.

Ovanstående faktorer resulterar i en indelning av markanvändningen i fyra kategorier där minst känslig markanvändning placeras närmst transportleden:

Ej känslig bebyggelse avser sådan bebyggelse där det endast finns ett fåtal människor, vilka inte upprätthåller sig stadigvarande på platsen.

Mindre känslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar få och vakna¹ personer.

Normalkänslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar färre personer än känslig verksamhet, samtidigt som personerna får vara sovande, givet att de har god lokalkännedom.

Känslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar utsatta² eller många personer.

Utifrån riktlinjerna i RIKTSAM och de fyra kategorierna av markanvändning har Lunds, Helsingborgs och Hässleholms kommun delat in markanvändningen i fyra zoner och beskrivit exempel på verksamheter som kan accepteras inom respektive zon [6, 7, 8], Tabell 1.

Tabell 1. Exempel på markanvändning i förhållande till verksamhetens känslighet.

| Zon | Exempel på markanvändning |
|---|--|
| Zon A - Ej känslig verksamhet – bebyggelse och markanvändning som endast omfattar ett fåtal människor, vilka inte uppehåller sig stadigvarande på platsen. | P – Parkering T – Trafik L – Odling N – Friluftsområde (t.ex. motionsspår) E – Tekniska anläggningar (som ej orsakar skada på avåkande fordon) |

¹ Vakna personer definieras som bebyggelse där ej nattvistelse finns, dvs. ej bostäder eller hotell.

² Utsatta personer definieras om personer med nedsatt förmåga att själva inse fara och påverka sin säkerhet, t ex vårdbehövande eller barn. Bostäder kan i de flesta fall anses inrymma utsatta personer. Grundskola räknas som känslig verksamhet.



| Zon | Exempel på markanvändning |
|--|---|
| Zon B - Mindre känslig verksamhet - bebyggelse och markanvändning som omfattar få vakna personer | H – Handel (<3000 m ²) J – Industri G – Bilservice U – Lager (utan betydande handel) E – Tekniska anläggningar (övriga anläggningar) P – Parkering (övrig parkering) |
| Zon 3 - Normalkänslig verksamhet – bebyggelse och markanvändning som omfattar färre personer än känslig bebyggelse, samtidigt som personerna får vara sovande, givet att de inte är många, samt att de har god lokalkännedom. | B – Bostäder H – Handel (övrig handel) K – Kontor (i ett plan, ej hotell) U – Lager (även med betydande handel) Y, R – Kultur-, idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats) C – Centrum (mindre omfattning) |
| Zon 4 - Känslig verksamhet – bebyggelse och markanvändning som omfattar utsatta eller många personer | B – bostäder (flerbostadshus) K – Kontor (i flera plan, inkl. hotell) D – Vård S – Skola Y, R – Kultur-, idrotts- och sportanläggningar (med betydande åskådarplats) C – Centrumbebyggelse (tät) |

2.3.4 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [4].

För *individrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ◆ Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- ◆ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ◆ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- ◆ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

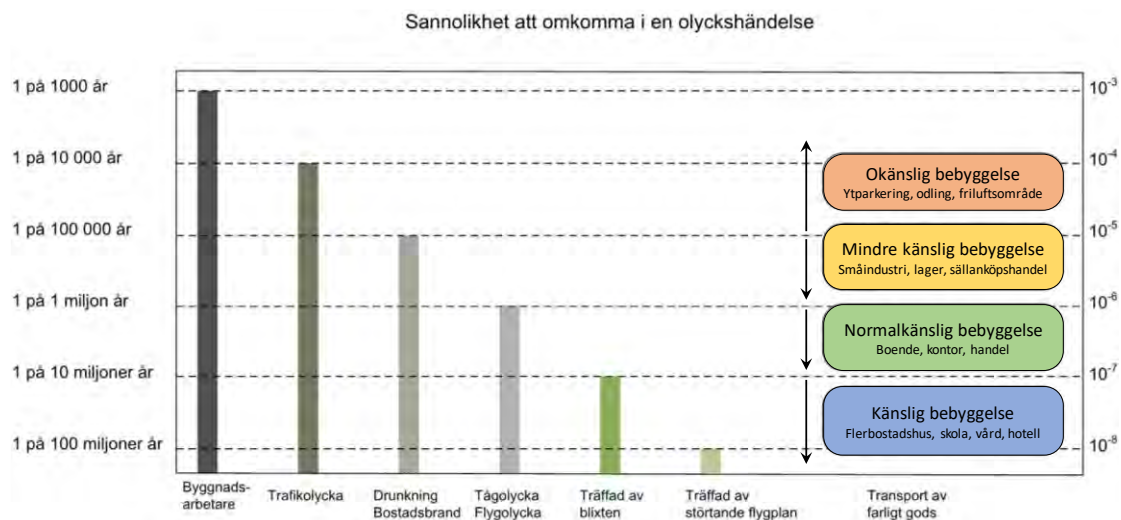


Samhällsrisken avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

2.3.5 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation "Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter" sammanställt några risker att omkomma i samhället. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma 1/100 per år, dvs. 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämt fördelad. Under en livstid livet är sannolikheten lägst vid 7-års ålder och uppgår till ca 0,0001 per år, dvs. 10⁻⁴ per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är 4·10⁻⁴ per år för män och 3·10⁻⁴ per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är 2·10⁻⁵ per år för män och 2·10⁻⁶ per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen 2·10⁻⁵ per år och sannolikheten att omkomma pga. blixtnedslag är ca 4·10⁻⁷ per år [9]. I Figur 5 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som anges i avsnitt 2.3.3.



Figur 5. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods (enligt exempel på tillämpning i avsnitt 2.3.3).



3 Förutsättningar

3.1 Planområdet

Planområdet ligger inom fastigheten Råven 1 i Västra stationsområdet i Höör och är ca 0,7 hektar. På detta område, som ligger cirka 45 meter från Södra stambanan, planeras för nya flerbostadshus.

Förutom Södra stambanan kommer ytterligare ett spår in till Höörs station. Detta spår tar slut på Höörs station och trafikeras därför varken av tåg med hög hastighet eller av godståg. Denna del tillför endast en försumbar risk i jämförelse med Södra stambanan, och kommer därför inte utredas vidare.

I Figur 6 nedan visas det ej genomgående spåret till vänster, och till höger den dubbelspåriga Södra stambanan, när de kommer in till Höörs station från sydväst. I mitten syns den perrong som fungerar som urspårningsskydd mellan Södra stambanan och planområdet (längst till vänster i bild).



Figur 6. Spårområdet vid Höörs station.

3.2 Inventering av riskkällor i anslutning till planområdet

På Södra stambanan förekommer transport av farligt gods. I Figur 8 nedan visas att planområdet (markerat) ligger inom det riskhanteringsavstånd på 150 m från transportled för farligt gods som anges i Länsstyrelsernas riskpolicy (se avsnitt 2.1.2).



Figur 7. Ortofoto över Hörs stationsområde, med illustration av möjlig placering av byggnader i Räven 1 markerad i orange, Södra stambanan markerad i blått, den ej genomgående järnvägsdelen markerad i lila, samt avståndet 150 m markerat i rött.

Förutom järnvägen kan det finnas ytterligare verksamheter i närområdet som skulle kunna påverka Räven 1. Anläggningar och verksamheter som är av intresse är de som omfattas av Seveso- och LBE-lagstiftningarna (kemikalier, brandfarliga och explosiva varor). Kommunens preliminära bedömning är dock att de är begränsade [10]. Dessa verksamheters eventuella påverkan ingår inte i denna analys.

3.3 Södra stambanan

Trafikuppgifterna för Södra stambanan som anges i Tabell 2 har hämtats från Wikibana-BAS P40, upprättad av Trafikverket (se bilaga B), och gäller antal godståg per vardagsmedeldygn (VMD).

Tabell 2. Prognoserad tågtrafik (per VMD) på Södra stambanan vid Höör.

| Sträcka | Resandetåg – 2040 | Godståg – 2040 |
|-------------------|-------------------|----------------|
| Höör – Lund | 218 tåg/dygn | 65 tåg/dygn |
| Hässleholm – Höör | 180 tåg/dygn | 63,3 tåg/dygn |

Järnvägen förutsätts motsvara rikets snitt i förhållande till olyckstal på järnväg utan växlar.



Södra stambanan förutsätts transportera liknande andelar av de olika klasserna av farligt gods som rikets snitt.

3.4 Kriterier för värdering av risk i Höörs kommun

I avsnitt 2.1 beskrivs de styrande dokumenten och i avsnitt 2.3 redovisas principer och kriterier för riskvärdering. I detta avsnitt redovisas vilka kriterier som används för riskbedömningen av lämplig markanvändning med hänsyn till olyckor med farligt gods och urspårning.

Föreslagna kriterier utgår från de riktlinjer som Länsstyrelsen i Skåne län anger med motivet att dessa på ett nyanserat sätt anger hur bebyggelse intill en transportled kan utformas för att ta hänsyn till olika personers särskilda förutsättningar och det resonemang om en ALARP-zon som DNV föreslår. Följande riskkriterier föreslås³:

- ♦ För *ej känslig verksamhet* kan individrisknivån överstiga 10^{-5} per år.
- ♦ För *mindre känslig verksamhet* ska individrisknivån understiga 10^{-5} per år.
- ♦ För *normalkänslig verksamhet* ska individrisknivån understiga 10^{-6} per år.
- ♦ För *känslig verksamhet* ska individrisknivån understiga 10^{-7} per år.
- ♦ Oavsett bebyggelsetyp ska samhällsriskerna utmed en sträcka på 1 km förbi området understiga 10^{-5} per år för $N = 1$ och 10^{-7} per år för $N = 100$. ALARP-området definieras lika det som anges av DNV (se avsnitt 2.3.4)

³ Se avsnitt 2.3.3 och 2.3.4 för ytterligare information gällande kategoriseringen av verksamheter och markanvändning.



















4 Aktuella risker

4.1 Transporter med farligt gods

4.1.1 Transportklasser (ADR/RID)

Transport av farligt gods på land regleras i ADR⁴ för transport på väg och i RID⁵ för transport på järnväg. I ADR och RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har (se Figur 8 och Figur 9).








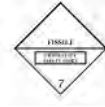


| Klass | Etikettförlagor |
|--|--|
| Klass 1 Explosiva ämnen och föremål |     |
| Klass 2 Gaser |      |
| Klass 3 Brandfarliga vätskor |   |
| Klass 4.1 Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen |  |
| Klass 4.2 Självtändande ämnen |  |
| Klass 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten |   |
| Klass 5.1 Oxiderande ämnen |  |

Figur 8. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.

⁴ ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på väg och i terräng. I Sverige används den nationella anpassningen ADR-S (MSBFS 2015:1).

⁵ RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2015:2).



| Klass | Etikettförlagor |
|---|--|
| Klass 5.2 Organiska peroxider |   |
| Klass 6.1 Giftiga ämnen |  |
| Klass 6.2 Smittförande ämnen |  |
| Klass 7 Radioaktiva ämnen |     |
| Klass 8 Frätande ämnen |  |
| Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål |  |

Figur 9. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.

4.1.2 Möjliga olyckor

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra väg- och järnvägssäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, t.ex. fordonsbränder och handhavandefel vid lastning, kan också ge upphov till olyckor med farligt gods. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [11].

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Vid ett utsläpp kan olika typer av konsekvenser inträffa beroende på ämnets egenskaper. Principiellt kan en indelning ske i massexplosiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor. Fyra olika typer av konsekvenser kan härledas; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier.

Massexplosiva ämnen kan detonera vid olyckor och transport. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepooler. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort.



Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Antänds en vätskepöl uppstår en pölbrand och om en gas antänds direkt vid utsläppskällan uppstår en jetflamma. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE⁶ och BLEVE⁷. UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga. värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. En BLEVE är att beakta som en sekundär konsekvens av en farligt-godsolycka då den kräver en kraftig uppvärmning till följd av en brand för att kunna inträffa.

Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i RID-klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i RID-klass 5, radioaktiva ämnen i RID-klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, t ex kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

4.1.3 Val av olycksscenarier

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna:

- ♦ Detonation av *massexplosiva ämnen* som ger tryckverkan och brännskador.
- ♦ Utsläpp och antändning av kondenserad *brännbar gas* som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckpåverkan.
- ♦ Utsläpp av kondenserad *giftig gas* som ger förgiftning vid inandning.
- ♦ Utsläpp och antändning av *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.
- ♦ Utsläpp av *giftiga brandfarliga vätskor* vilka ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Detonation till följd av blandning av *oxiderande ämne* med *brandfarlig vätska*.
- ♦ Utsläpp av *giftiga vätskor* som ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Utsläpp av *frätande vätskor*, vilka ger frätskador vid hudkontakt.

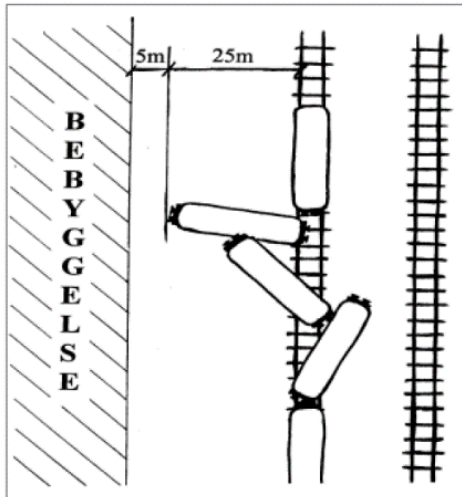
⁶ Unconfined Vapour Cloud Explosion.

⁷ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



4.2 Mekanisk skada vid urspårning

I samband med en urspårning finns en risk att urspårade vagnar orsakar mekanisk skada på intilliggande byggnader. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Vanligen hamnar urspårade vagnar i omedelbar anslutning till spåret, men det är också möjligt att de når avstånd upp till 25–30 m från spåret, se Figur 10.



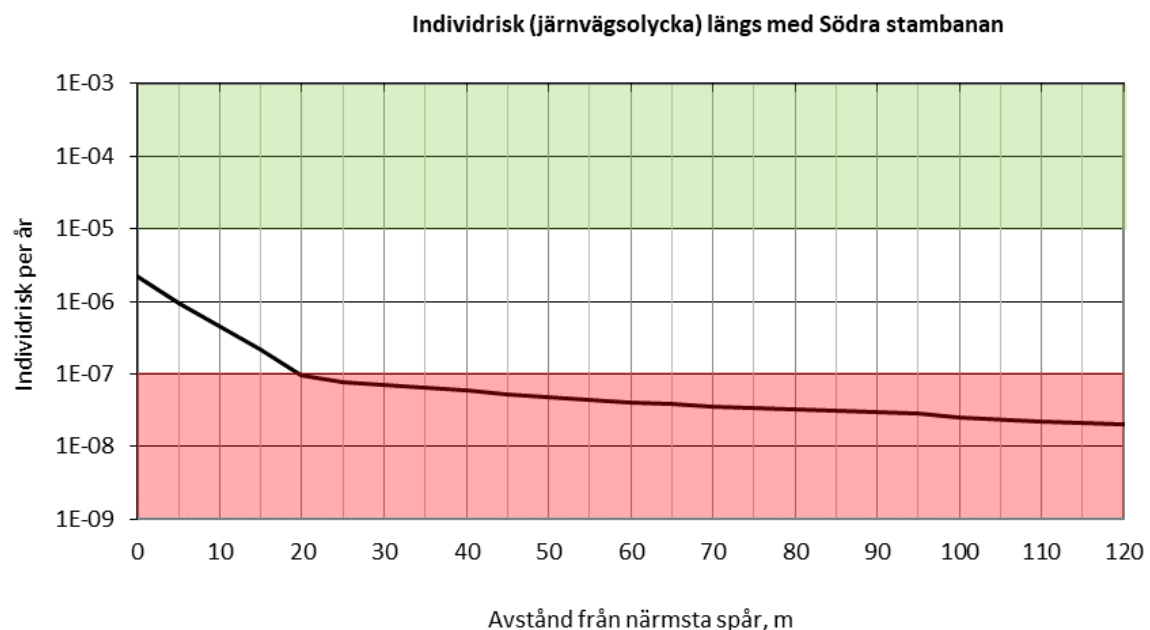
Figur 10. Urspårningsolycka på järnväg. Bildkälla: [12]



5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods

Beräkningar av risknivåer för järnvägsolyckor redovisas i Bilaga F. Resultatet i form av beräknade risknivåer redovisas nedan.

I Figur 11 nedan redovisas risknivåer för järnvägsolycka (urspårning och farligt gods) som har beräknats för Södra stambanan. Utgångspunkten är en trafikering enligt dimensionerande antal godståg (år 2040), vilket är 65⁸ godståg och 218⁹ persontåg per årsmedeldygn.



Figur 11. Individerisknivå för planområdet. Individerisken understiger 10^{-7} vid ett avstånd av 20 m från närmsta spårkant (Södra stambanan).

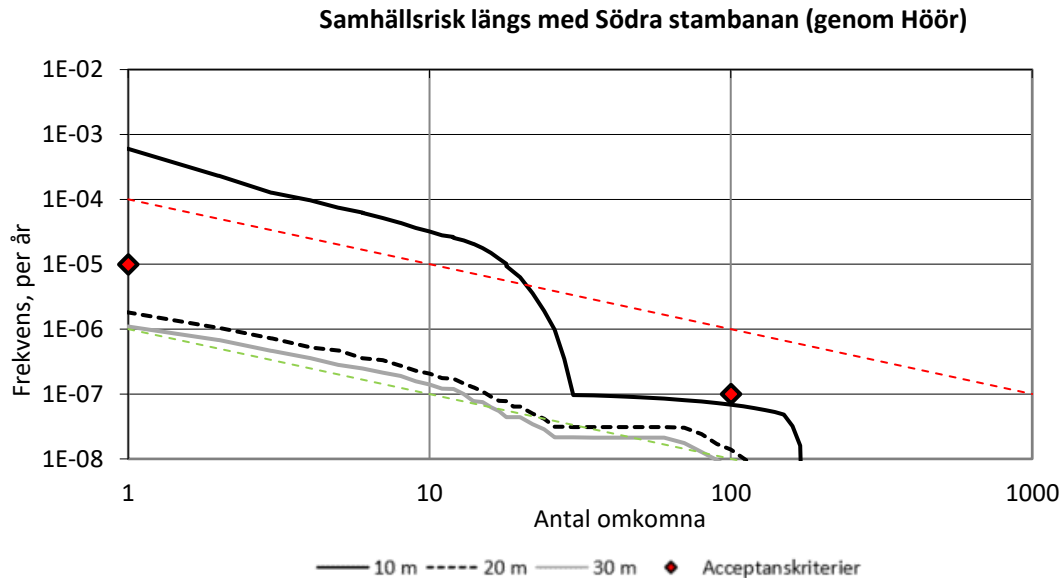
Individeriskberäkningen ger ett skyddsavstånd på 20 meter från närmsta spårkant till den plats där bostäderna kan tillåtas uppföras om spårkonfigurationen inte förändras. Vid utbyggnad väster om befintligt spår ökar detta avstånd med 10 meter och individerisken understiger då alltså 10^{-7} vid avståndet 20 m från det nya spårområdets närmaste kant. Dessa beräkningar gäller givet att det finns en perrongkant mellan Södra stambanan och planområdet.

⁸ Godstågsantalet per årsmedeldygn mellan Lund och Höör är 65, medan motsvarande siffra mellan Höör och Hässleholm är 63,3. Antalet tåg i beräkningarna är konservativt ansatt att vara den högre siffran för hela sträckan förbi Höörs station.

⁹ Persontågsantalet per årsmedeldygn mellan Lund och Höör är 218, medan motsvarande siffra mellan Höör och Hässleholm är 180. Antalet tåg i beräkningarna är konservativt ansatt att vara den högre siffran för hela sträckan förbi Höörs station.



I Figur 12 visas samhällsriskerna för berörd järnväg för tre olika bebyggelsefria avstånd. Längs med Södra stambanan förbi Hörs station antas en befolkningstäthet på 5000 invånare/km² vilket motsvarar stadsbebyggelse. Detta är en konservativ ansats som använts för att undersöka möjligheterna till en förtätning i Hörs centrala delar.



Figur 12. Samhällsrisk för ett bebyggelsefritt avstånd på 10, 20 och 30 m längs Södra stambanan vid passage genom Höör. Befolkningstätheten antas vara 5000 individer/km².

Samhällsriskberäkningen ger att ett avstånd på 20 m från spårkanten ger en acceptabel risk utan införande av ytterligare säkerhetshöjande åtgärder. En sammanställning av individ- och samhällsriskberäkningarna presenteras i Tabell 3 nedan. I denna sammanställning presenteras avstånd till individrisknivåer från Figur 11 samt erforderligt bebyggelsefritt område med avseende på samhällsrisk från Figur 12.

Tabell 3. Redovisning av avstånd till viss individrisknivå samt erforderligt bebyggelsefritt avstånd avseende samhällsrisk för Södra stambanan.

| Järnvägssträcka | Avstånd till viss individrisknivå (per år) | | | Erforderligt bebyggelsefritt avstånd avseende samhällsrisk |
|------------------------|--|--------------------|--------------------|--|
| | < 10 ⁻⁵ | < 10 ⁻⁶ | < 10 ⁻⁷ | |
| Södra stambanan | Hässleholm – Höör – Lund | 0 m | 5 m | 20 m |

Tabell 3 visar att den föreliggande samhällsriskerna och individrisken kräver samma skyddsavstånd, 20 meter, för risknivå < 10⁻⁷.



6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer

6.1 Allmänt

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvens och den skada de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka kan dock fortfarande skador på människor och egendom inträffa på de rekommenderade skyddsavstånden.

6.2 Riskvärdering och rekommenderade skyddsavstånd

Planområdet är beläget i direkt anslutning till Södra stambanan utan någon bebyggelse eller annan verksamhet emellan. För att den planerade bostadsområdet ska ligga i ett säkert område där varken boende eller besökare löper någon märkbart utökad risk utöver sin dagliga riskexponeringsnivå rekommenderas ett skyddsavstånd på 20 m från närmsta spårkant. Avståndet om 20 m gäller givet att det finns en perrongkant mellan Södra stambanan och planområdet eftersom den fungerar som ett urspårningsskydd. Om spårområdet byggs ut med spår väster om Södra stambanan skall skyddsavståndet på 20 meter istället mätas från framtida närmsta spårkant mot bostadsområdet.



Figur 13. Illustration av det rekommenderade skyddsavståndet 20 m från närmsta befintliga spårkant (Södra stambanan).



6.3 Övriga rekommendationer

Inom 150 meter från närmsta spårkant bör byggnader i planområdet där personer vistas stadigvarande utföras enligt nedan för att begränsas skadorna vid en olycka med farligt gods:

- ♦ Ventilationssystemet bör förses med nödstopp.
- ♦ Friskluftsintag bör placeras så högt som möjligt, minst 8 m ovan mark.
- ♦ Det bör finnas utrymningsmöjlighet i riktning bort från järnvägen (norrut).
- ♦ Byggnadsverk, byggnader och anläggningar bör placeras i sådan ordning att de av minst känslig karaktär har ett kortare avstånd till järnvägen och de av känslig karaktär (skolbyggnader, skolgård, lekplatser m.m.) placeras med ett så stort skyddsavstånd som möjligt.



7 Referenser

- [1] Höörs kommun, "Utvecklingsplan för Västra Stationsområdet, del 1," https://www.hoor.se/wp-content/uploads/vastra-stationsområdet-web-140912_del1.pdf, 2014.
- [2] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen - riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [5] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," 2007.
- [6] Lunds kommun, "Bebyggelseplanering och farligt gods - Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods," Byggnadsnämnden, Lunds kommun, 2015.
- [7] Helsingborgs kommun, "PM till fördjupning av översiktsplan, FÖP H+, Risk och miljöstörningar i H+," Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborgs kommun, Helsingborg, 2012.
- [8] Hässleholms kommun, "Hässleholms stad 2030," i *Framtidsbild och Markanvändning 2030*, Hässleholm, Hässleholms kommun, 2015.
- [9] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [10] Höörs kommun, "Utvecklingsplan för Västra Stationsområdet, del 3," https://www.hoor.se/wp-content/uploads/vastra-stationsområdet-web-140912_del3.pdf, 2004.
- [11] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appendice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [12] Länsstyrelsen Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [13] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.



Bilagor

Nedan följer en översikt över innehållet i de bifogade bilagorna. Bilagorna presenteras i sju separata dokument (bilaga A, B, C, D, E, F och G) i PDF-paketet.

- A Sannolikhets- och statistikteori
- B Trafikflöden
- C Frekvenser för olycka med farligt gods
- D Konsekvenser av olyckor med farligt gods
- E Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning
- F Risknivåer utmed transportleder för farligt gods
- G Känslighetsanalys

Bilaga A

Sannolikhets- och statistikteori



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



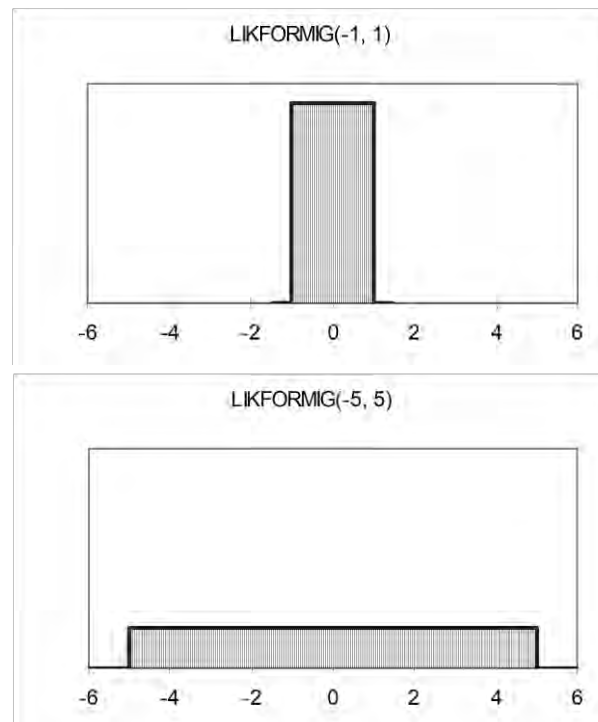
A. Sannolikhets- och statistikteori

Vid beskrivning av modellerna för frekvens- och konsekvensberäkningar används genomgående ett antal statistiska och sannolikhetsteoretiska begrepp, vilka förklaras i detta kapitel.

Väntevärdet, μ uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

Standardavvikelsen, σ är ett mått på en fördelningens spridning. Osäkerheten i en variabels värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 1 nedan.

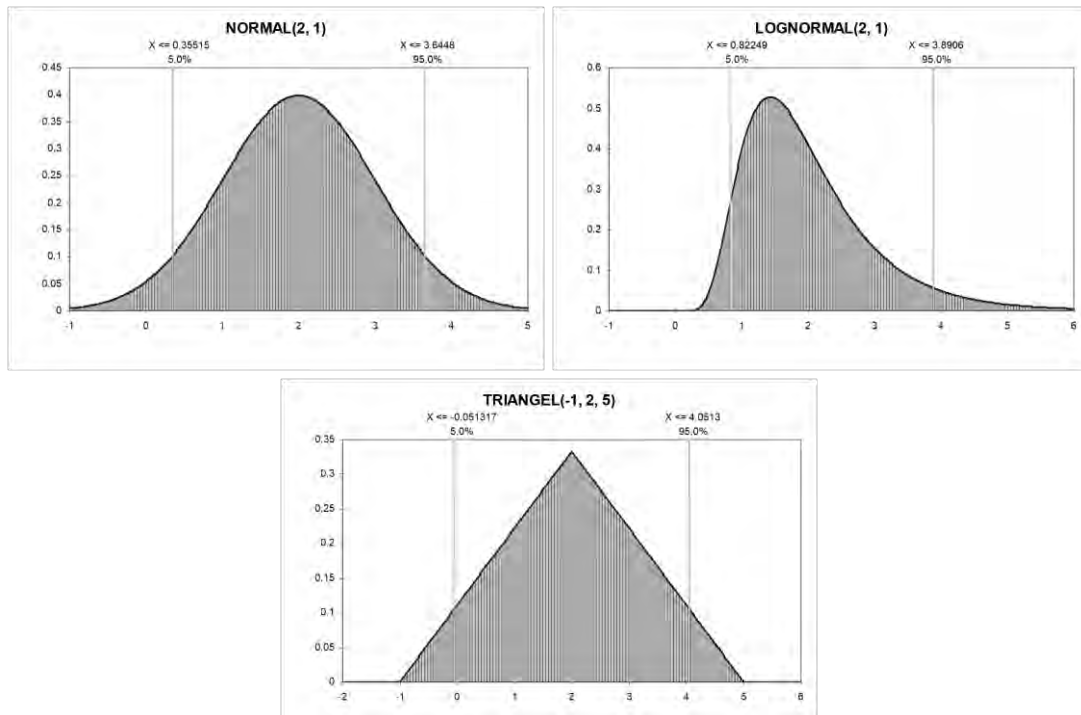
Variationskoefficienten, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, dvs. $VK = \sigma/\mu$. Variationskoefficienten anges ofta i procent.



Figur 1. Om man jämför två likformiga fördelningar där den ena går från -1 till 1 och den andra från -5 till 5 inses att båda har väntevärdet 0 , men det är uppenbart att den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzich¹ anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 2.

¹ Frantzich, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.



Figur 2. Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangel-fördelning.

Bilaga B

Trafikflöden



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



B. Trafikflöden

B.1 Järnvägstrafik

I Figur 1 redovisas ett utdrag från Wikibana för Skånebanan på sträckan Hässleholm – Höör och Höör – Lund som passerar Höörs station samt planområdet Rävén 1.

| linjedel | Antal Resandetåg | | | | | | | | | Antal Godståg | | | | |
|-------------------|------------------|-------------------|----|----------------|------------------|------|--------|--------------------|------------|---------------------|-----------|----------|-----------|--|
| | 2 | 3 | 1 | 4 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | | | | |
| | Snabb | Hög hast ighet | IC | Snabb regio | Pendel övrigt | Natt | Diesel | Pendel storstad | Vagns last | Vagns last lokal | Systemtåg | Malm tåg | Kombi tåg | |
| Hässleholm - Höör | 0 | 46 | 80 | 0 | 52 | 2 | 0 | 0 | 40,3 | 2,7 | 7,7 | 0,0 | 12,6 | |
| Höör - Lund | 0 | 46 | 80 | 0 | 90 | 2 | 0 | 0 | 40,3 | 4,4 | 7,7 | 0,0 | 12,6 | |

Figur 1. Årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för den berörda banan hämtade från Trafikverkets Wikibana P40, daterad 2017-06-22. Summa resandetåg: 180 (Hässl.-Höör) resp. 218 (Höör-Lund). Summa godståg: 63,3 (Hässl.-Höör) resp. 65 (Höör-Lund).

Bilaga C

Frekvenser för olyckor med farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



C. Frekvenser för olycka med farligt gods

C.1 Generella indata

C.1.1 Olycksriktning

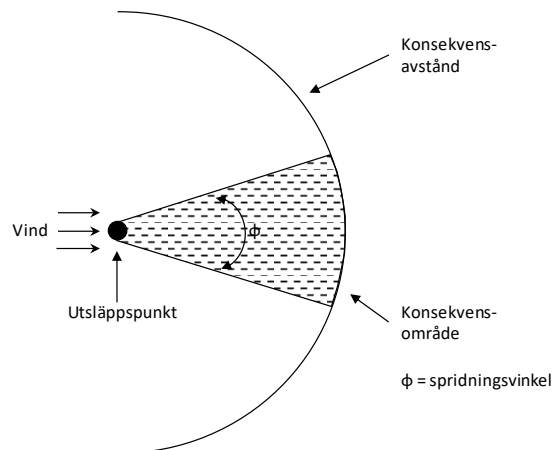
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I Tabell 1 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 1. Korrektion för olyckans riktning.

| Scenario | Beskrivning | Korrigering |
|---------------|--|------------------|
| Giftmoln | Utbredning i vindriktningen ¹ (22°) | 22 / 360 = 0,061 |
| BLEVE | Cirkulär utbredning | 1,0 |
| UVCE | Utbredning i vindriktningen ¹ (22°) | 22 / 360 = 0,061 |
| Jetflamma | Riktning uppåt, mot eller bort ² | 2/3 = 0,67 |
| Pölbrand | Cirkulär utbredning | 1,0 |
| Frätande ämne | Riktning mot eller bort ³ | 1/2 = 0,50 |
| Urspårning | På båda sidor om spåret | 1,0 |

C.1.2 Spridningsvinkel

Giftmoln driver iväg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 1 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 2.



Figur 1. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

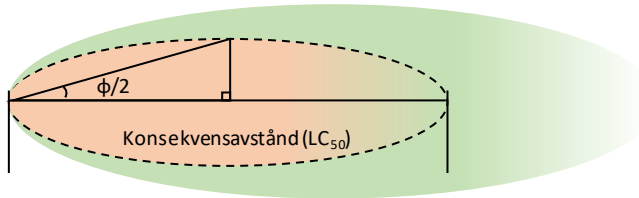
¹ I avsnitt C.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

² Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

³ Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.



Vid halva avståndet till LC50 (se Figur 2) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.



Figur 2. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 2. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i bilaga D.

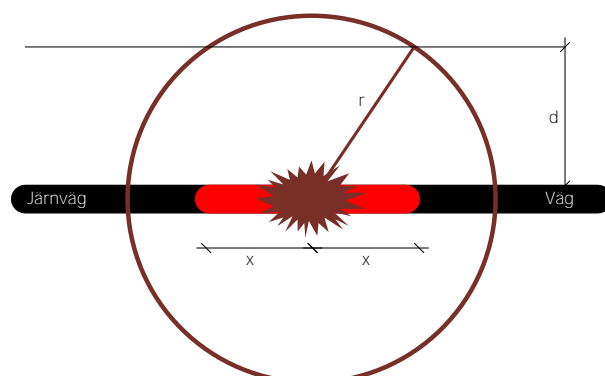
Tabell 2. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.

| Stabilitetsklass | Vindhastighet | Spridningsvinkel |
|------------------|---------------|------------------|
| Instabil | 1–4 m/s | 29–31° |
| Neutral | 2–8 m/s | 15–29° |
| Stabil | 1–4 m/s | 11–33° |

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se bilaga D) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

C.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas i avsnitt C.4 utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 3.



Figur 3. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på sträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där d



$\leq r$, eftersom om $d > r$ blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats⁴ kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2} / 1000$$

I Tabell 3 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

⁴ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.

Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.

| Olyckan när (r), m | Avstånd (d) som studeras, m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|--|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | |
| 5 | 0,01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 10 | 0,02 | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 15 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 20 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 25 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 30 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 35 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 40 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 45 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 55 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 60 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 65 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 70 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 75 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 80 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 85 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 90 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 95 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 100 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,06 | - | - | - | - | - | - | |
| 110 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | - | - | - | - | - | |
| 120 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,10 | - | - | - | - | |
| 130 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,14 | 0,10 | - | - | - | |
| 140 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,10 | - | - | |
| 150 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | 0,15 | 0,11 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 160 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,15 | 0,11 |
| 170 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,19 | 0,16 |
| 180 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,20 |
| 190 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,29 | 0,28 | 0,26 | 0,23 |
| 200 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 0,26 |
| 220 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,38 | 0,37 | 0,35 | 0,34 | 0,32 |
| 240 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,42 | 0,40 | 0,39 | 0,37 |
| 260 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,46 | 0,45 | 0,44 | 0,42 |
| 280 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,48 | 0,47 |
| 300 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,56 | 0,55 | 0,54 | 0,53 | 0,52 |
| 320 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 |
| 340 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 |
| 360 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,65 |
| 380 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,70 |
| 400 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |

Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)

| Olyckan när (r), m | Avstånd (d) som studeras, m | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 |
| 160 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 170 | 0,11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 180 | 0,16 | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 190 | 0,20 | 0,17 | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 200 | 0,24 | 0,21 | 0,17 | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 220 | 0,30 | 0,28 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 240 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 260 | 0,41 | 0,39 | 0,38 | 0,35 | 0,33 | 0,28 | 0,20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 280 | 0,46 | 0,44 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,35 | 0,29 | 0,21 | - | - | - | - | - | - | - |
| 300 | 0,51 | 0,49 | 0,48 | 0,46 | 0,45 | 0,41 | 0,36 | 0,30 | 0,22 | - | - | - | - | - | - |
| 320 | 0,55 | 0,54 | 0,53 | 0,51 | 0,50 | 0,46 | 0,42 | 0,37 | 0,31 | 0,22 | - | - | - | - | - |
| 340 | 0,60 | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,55 | 0,52 | 0,48 | 0,44 | 0,39 | 0,32 | 0,23 | - | - | - | - |
| 360 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,33 | 0,24 | - | - | - |
| 380 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,65 | 0,62 | 0,59 | 0,55 | 0,51 | 0,47 | 0,41 | 0,34 | 0,24 | - | - |
| 400 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | 0,69 | 0,67 | 0,64 | 0,61 | 0,57 | 0,53 | 0,48 | 0,42 | 0,35 | 0,25 | - |



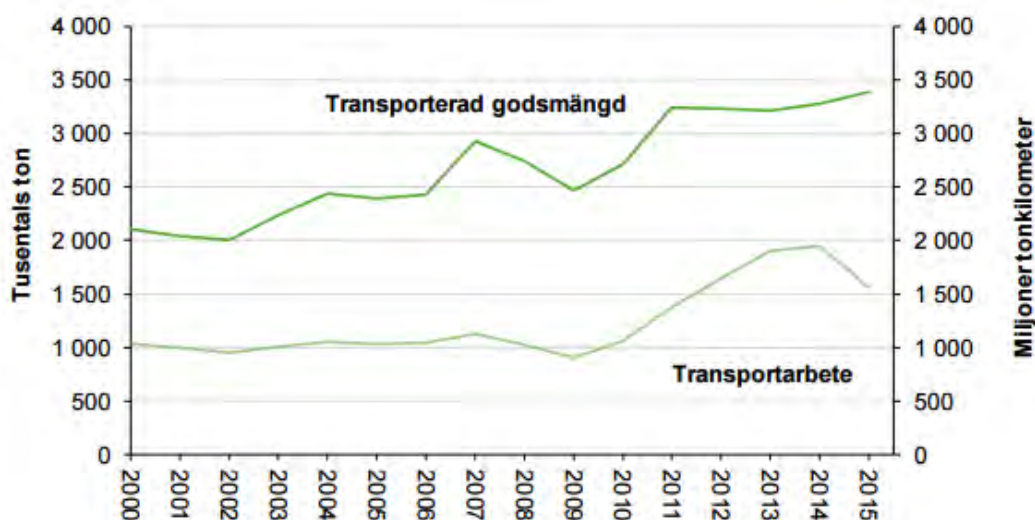
C.2 Transportstatistik

C.2.1 Transport på järnväg

Riskanalysen utgår från prognoserat antal tåg på Södra stambanan, men använder nationell statistik när det gäller transport av farligt gods. Anledningen till detta är att det finns sparsamt med uppgifter om transport av farligt gods på berörda järnvägar och nationell statistik blir mer tillförlitlig.

Myndigheten för trafikanalys sammanställer nationell statistik avseende transport av farligt gods på järnväg. En viss ökning av den transporterade godsmängden har noterats under de senaste åren. Ökningen gäller även andelen farligt gods där värden mellan 4,0 till 5,2 % har observerats i perioden 2010–2015. Riskanalysen använder en andel på 5,5 % som dimensionerande värde.

I Figur 4 visas transportarbete och transporterad mängd farligt gods. Ökningen kring 2010 förklaras till stor del av att flygbränsletransporter till Arlanda gått från att transporteras på väg till att fraktas på järnväg.



Figur 4. Transporterad mängd farligt gods i tusentals ton och transportarbete för farligt gods i miljoner tonkilometer på järnväg i Sverige, 2000–2015⁵.

I Tabell 4 redovisas en sammanställning av sammanställning⁵ av nationell statistik avseende transport av farligt gods på järnväg för år 2010–2015.

Tabell 4. Sammanställning av nationell statistik för transport av farligt gods på järnväg 2010–2015.

| RID-klass | Godsmängd (1000 ton) | Andel |
|-----------|----------------------|--------|
| 1 | 6 | 0,03 % |

⁵ Trafikanalys, *Bantrafik 2015*, Statistik 2016:18.



| | | |
|---|------|--------|
| 2 | 4866 | 25,5 % |
| 3 | 7352 | 38,6 % |
| 4 | 806 | 4,2 % |
| 5 | 2837 | 14,9 % |
| 6 | 397 | 2,1 % |
| 7 | 3 | 0,02 % |
| 8 | 2719 | 14,3 % |
| 9 | 76 | 0,4 % |

C.2.2 Uppdelning inom resp. ADR/RID-klass

Utöver den uppdelningen i olika ADR/RID-klasser krävs kännedom om fördelningar inom resp. klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar ADR/RID-klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 alternativt 1.4 som explosivämnen i ADR/RID-klass 1 tillhör. ADR/RID-klass 1.4 kan nämligen inte ge upphov till skador som påverkar omgivningen. Underlag redovisas i Tabell 5 och bygger på data från Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer⁶ då detaljerad regional statistik inte finns att tillgå.

Tabell 5. Uppdelning av farligt gods inom resp. ADR/RID-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.

| ADR/RID-klass | Underklass | Andel inom ADR-klass (väg) | Andel inom RID-klass (järnväg) |
|---------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Explosivt | 10 % | 25 % |
| | Övrigt ⁷ | 90 % | 75 % |
| 2 | Giftigt | 54 % | 60 % |
| | Brandfarligt | 12 % | 10 % |
| | Övrigt ⁷ | 34 % | 30 % |
| 3 | Brandfarligt, ej giftigt | 75 % | 75 % |
| | Brandfarligt och giftigt | 8 % | 8 % |
| | Övrigt ⁷ | 17 % | 17 % |
| 5 | Explosivt | 5 % | 5 % |
| | Övrigt ⁷ | 95 % | 95 % |
| 6 | Flytande | 72 % | 72 % |
| | Övrigt ⁷ | 28 % | 28 % |

C.3 Scenarier

Tabell 4 redovisar uppdelningen mellan olika RID-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns redovisad i Tabell 5 och förtydligas nedan.

Explosivämnen (ADR/RID-klass 1)

⁶ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

⁷ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.



Explosivämnen kan detonera pga. stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller pga. felaktiga förpackningar.

- ◆ Andel massexplosiva varor är 25 % för järnväg och 10 % för väg.

Gaser (ADR/RID-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

- ◆ Andelen giftiga gaser är 60 % för järnväg och 54 % för väg.
- ◆ Andelen brännbara gaser är 10 % för järnväg och 12 % för väg. Om utsläpp sker kan följande inträffa^{8,9,10}:
 - Ingen antändning, 30 %.
 - UVCE, 50 %.
 - BLEVE, 1 %.
 - Jetflamma, 19 %.
- ◆ Resterande andel utgörs av gaser som inte anses farliga, t.ex. kvävgas samt olika inerta gaser.

Brandfarliga vätskor (RID-klass 3)

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30° C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ◆ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 75 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas^{8,9}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ◆ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 8 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas^{8,9}:
 - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

⁸ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

⁹ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

¹⁰ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom RID-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider.

- ♦ Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som kan orsaka explosion vid blandning med brännbar vätska på väg och järnväg är 5 %¹¹.
- ♦ Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt¹².

Giftiga ämnen (RID-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

- ♦ Andelen flytande giftiga ämnen på väg och järnväg är 72 %.

Frätande ämnen (RID-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

C.4 Olyckor på järnväg

C.4.1 Olycksfrekvens

Fredén¹³ har utvecklat en modell för att uppskatta frekvensen för tågurspårning och kollision. Modellen bygger på trafikintensiteten ofta uttryckt i antal vagnaxelkilometer, tåghastigheten, spårkvaliteten, etc. Betydelsefulla indata redovisas i Tabell 6 nedan. Dimensionerande tågtrafik redovisas i avsnitt C.2.1.

Tabell 6. Indata för beräkning av olycksfrekvens på järnväg.

| Parameter | Södra stambanan |
|-------------------------------|-----------------|
| Totalt antal tåg per år | 86 010 |
| Totalt antal vagnar per år | 615 530 |
| Totalt antal vagnaxlar per år | 1 840 435 |

¹¹ Uppgifter gällande andelen oxiderande ämne från en detaljerad kartläggning av farligt gods i Helsingborgs stad där andelen oxiderande ämne med riskfras R9 "Explosivt vid blandning med brännbart material" har uppskattats.

¹² Riskanalysen i den fördjupade översiktsplanen för Göteborg använder en sannolikhet för explosion på 0,8 %, i jämförelse med 5,0 % som används i denna analys. Kunskapsunderlaget är litet och därför är det nödvändigt med konservativa antaganden.

¹³ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



I genomsnitt deltar 3,5 vagnar i en urspårning och 5,5 % av vagnarna antas medföra farligt gods. Sannolikheten att en eller flera av dessa vagnar medför farligt gods är $1 - (1 - 0,055)^{3,5} = 24\%$.

I Tabell 7 sammanställs de olika olyckstyperna, intensitetsfaktorerna, exponering och frekvens per år enligt Fredéns modell¹³. Beräkningarna har utförts med antagandet att det sker 3 växelpassage och 2 passager av plankorsning (med bommar) på den studerade sträckan (planområdet ± 500 m)

Tabell 7. Beräkning av olycksfrekvens för Södra stambanan.

| Olyckstyp | Intensitetsfaktor | Exponering | Frekvens/år |
|--------------------------|----------------------|------------|-------------|
| Rälsbrott | 5,0E-11 / vagnaxelkm | 1840435 | 9,2E-05 |
| Solkurva | 1,0E-5 / spårkm | 1 | 1,0E-05 |
| Spårlägesfel | 5,9E-10 / vagnaxelkm | 1840435 | 9,7E-04 |
| Växel sliten | 5,0E-10 / passage | 3 | 1,3E-03 |
| Vagnfel | 3,1E-9 / vagnaxelkm | 1840435 | 5,7E-03 |
| Lastförskjutning | 4,0E-10 / vagnaxelkm | 1840435 | 7,4E-04 |
| Annan orsak | 5,7E-8 / tågkm | 86010 | 4,9E-03 |
| Okänd orsak | 1,4E-7 / tågkm | 86010 | 1,2E-02 |
| Kollision i plankorsning | 5,0E-8 / tågpassage | 172020 | 8,6E-03 |

I Tabell 8 visas en sammanställning av olycksfrekvenserna för berörda järnvägsbanor.

Tabell 8. Sammanställning av olycksfrekvenser.

| Olycksfrekvens per år | Södra stambanan |
|---------------------------------------|-----------------|
| Urspårning (total) | 0,0244 |
| Urspårning (resandetåg) | 0,0156 |
| Urspårning (godståg) | 0,0087 |
| Urspårning (godståg med farligt gods) | 0,0022 |

C.4.2 Index för farliggodsoolycka

Fredén anger ett index för farligt godsoolycka på 0,3, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en järnvägsolycka inträffar när tåget framförs i den för banan eller fordonet högsta tillåtna hastigheten. Tjockväggiga tankar (RID-klass 2) har ett index för farligt godsoolycka på 0,01.

Explosivämnen i RID-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods. Detta beror på att sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom



vagnbrand, genom kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Statistik från Storbritannien visar på en frekvens för detonation på $1,1 \cdot 10^{-9}$ per vagnkilometer¹⁴.

C.4.3 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt C.1.1 samt C.4.1-C.4.2 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt C.4.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass RID 1–9, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. RID-klass, se avsnitt C.2.2

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligt godsolycka, se avsnitt C.4.2.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt C.3

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt C.1.1.

I Tabell 9 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

Tabell 9. Frekvenser per år för respektive scenario vid järnvägstransport.

| Scenario | Södra stambanan |
|-----------------------------|-----------------|
| Klass 1 detonation | 1,2E-09 |
| Klass 2 BLEVE | 5,7E-09 |
| Klass 2 jetflamma | 7,2E-08 |
| Klass 2 UVCE | 7,2E-08 |
| Klass 2 giftmoln | 2,1E-07 |
| Klass 3 pölbrand (direkt) | 4,3E-05 |
| Klass 3 pölbrand (fördröjd) | 2,1E-05 |
| Klass 3 giftmoln | 8,8E-07 |
| Klass 5 detonation | 2,5E-08 |
| Klass 6 giftmoln | 6,1E-07 |
| Klass 8 | 4,7E-05 |
| Summa: | 1,1E-04 |

¹⁴ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 9 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga D. För järnvägstransport står pölbränder vid utsläpp av RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 54 % av antalet olyckor och utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet för 45 %, vilka tillsammans utgör 99 % av de tänkbara olyckorna.

Bilaga D

Konsekvenser av olyckor med farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

D.1 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

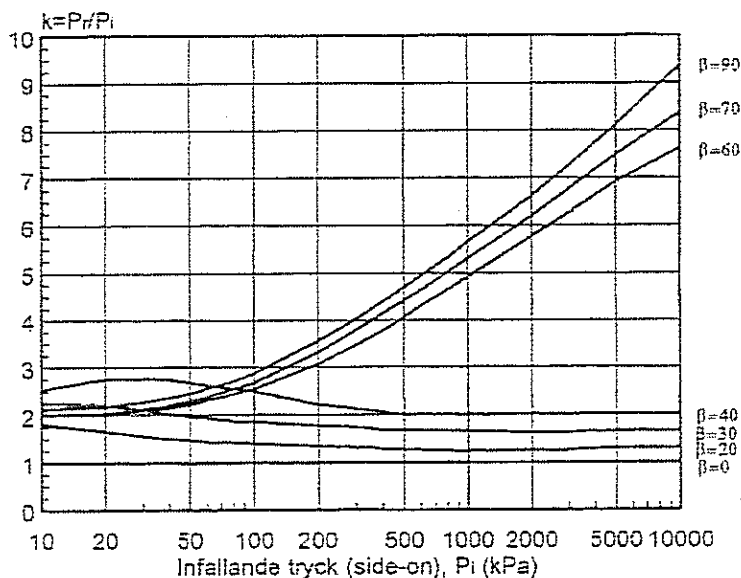
Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

D.1.1 Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i RID-klass 1 och RID-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik¹:

- ♦ Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods. Laddningsvikten ökas 1,8 ggr för att ta hänsyn till att explosionen sker nära mark (och ej fritt i luften).
- ♦ Det skalade avståndet ($r/Q^{1/3}$) beräknas där r är avståndet till laddningen och Q är den omräknade laddningsvikten.
- ♦ Med hjälp av information i Figur 1 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.



Figur 1. Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck där $\beta = 90$ innebär vinkelrätt tryckinfall (dimensionerande värde).

¹ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



D.1.2 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i RID-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer² enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsciensdiscipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl². Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{\left[1 + \left[\left(\frac{p}{p_F} - 1\right)\left(\frac{M_{luft}}{M_F}\right)\right]\right]} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{F_\infty} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{(h / C_{p_{luft}}) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

Y_{FW} = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

Y_{F_∞} = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

Y_{FR} = Massfraktion bränsle i vätskepoLEN.

p = Lufttryck = 101,3 kPa.

p_F = Ångtryck för bränsle i kPa.

M_{luft} = Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.

M_F = Molekylvikt för bränsle i g/mol.

B = Dimensionslöst masstransporttal.

Re = Reynolds tal, dimensionslöst.

² Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



| | |
|----------------|---|
| Nu | = Nusselts tal, dimensionslöst. |
| Pr_{luft} | = Prandtls tal för luft, dimensionslöst = 0,71. |
| u | = Vindhastighet, m/s. |
| D_{eq} | = Pölens ekvivalenta diameter ³ , m. |
| A | = Pölens area, m |
| ν | = Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m ² /s. |
| h | = Konvektivt värmeövergångstal, W/m ² K. |
| k_{luft} | = Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK. |
| Q'' | = Massflöde från ytan, kg/m ² s. |
| Q | = Massflöde från ytan, kg/s. |
| $C_{P_{luft}}$ | = Värmekapacitet för luft = 1 J/gK. |

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstande vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pölbrand (se avsnitt D.1.7).

D.1.3 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en s.k. turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\nu_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 \nu_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

| | |
|-------|---|
| Q | = Massflödet, kg/s. |
| C_d | = Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning. |
| A | = Hålstorlek, m ² . |
| P_0 | = Tanktryck, Pa. |
| P_a | = Atmosfärstryck, Pa. |

³ Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepölen.

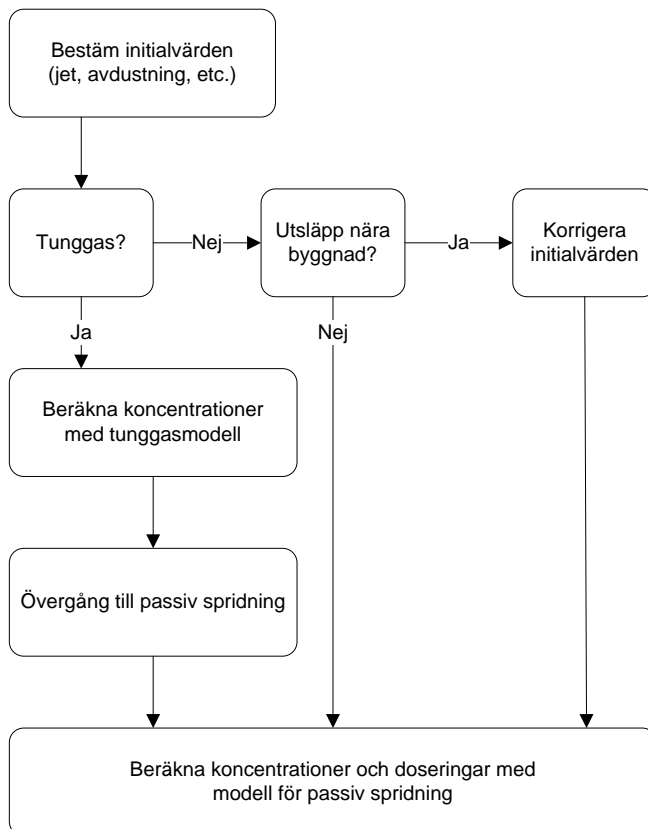


v_f = Specifik volym hos vätskefas, m³/kg.

F = Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

D.1.4 Spridning i luft

Följande flödesschema⁴ för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:



Figur 2. Flödesschema⁴ för kontinuerliga utsläpp

D.1.4.1 Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt D.1.2 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt D.1.3.

D.1.4.2 Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen⁴ bestäms med följande ekvationer:

Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

⁴ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

$$\sigma_{y0}, \sigma_{z0} = \text{Initiala utspädningskoefficienter i y- resp. z-led.}$$

Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en s.k. turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$

D.1.4.3 Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

$$T_{g0} = \text{Gasens temperatur före luftinblandning, K}$$

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om x_{\max} är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

D.1.4.4 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2 \cdot u} \quad (18)$$



$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2} \quad (19)$$

där

X_{\max} = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m³.

K_r = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).

K_s = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.

z_{01} = Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2}x \right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

D.1.4.5 Övergång till passiv spridning

Vid x_{\max} är inte längre tunggasmodellen tillämplig. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

D.1.4.6 Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjded

u = Vindhastigheten, m/s.

H = Utsläppets höjd, m



Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjded beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$

där a , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till s.k. virtuella källor, dvs. de koordinatförskjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdestiden (500 s).

| Stabilitetsklass | a_y | b_y | γ_y | a_z | b_z | γ_z |
|------------------|-------|--------|------------|-------|--------|------------|
| A | 0,32 | 0,0004 | 0,5 | 0,24 | 0,001 | -0,5 |
| B | 0,32 | 0,0004 | 0,5 | 0,24 | 0,001 | -0,5 |
| C | 0,22 | 0,0004 | 0,5 | 0,20 | 0 | 0 |
| D | 0,16 | 0,0004 | 0,5 | 0,14 | 0,0003 | 0,5 |
| E | 0,11 | 0,0004 | 0,5 | 0,08 | 0,0015 | 0,5 |
| F | 0,11 | 0,0004 | 0,5 | 0,08 | 0,0015 | 0,5 |

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}}\right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad \text{för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)} \quad \text{för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad \text{för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp} a_z} \quad \text{för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$



$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4 \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} (\sqrt{2} - 1) b_z}{a_z} - 1}}{2(\sqrt{2} - 1) b_z} \quad \text{för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt D.1.4.2

D.1.5 BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

D = Eldklotets diameter, m.

m = Utsläppt massa brännbar vätska, kg.

t_{BLEVE} = Eldklotets varaktighet, s.

F_{21} = Synfaktor

X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.

τ = Andel av strålningen som transmitteras genom luften.

p_w = Vattens ångtryck, Pa

q_r = Avgiven strålning, kW/m².

X_E = Strålningsandel.

Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.

q_x = Mottagen strålning, kW/m².

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.



D.1.6 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9t^{0,4}Q^{0,47} \quad (36)$$

där

- $R_{s,50}$ = Riskavstånd till 50 % dödlighet, m
 t = Exponeringstid vid strålningspåverkan, s
 Q = Utsläppets källstryka, kg/s (se avsnitt D.1.3)

D.1.7 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där:

- Q = Brandens effekt, kW.
 m'' = Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m².
 Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.
 A_p = Pölens area, m².
 q_r = Avgiven strålning, kW/m².
 X_e = Strålningsandel.
 F_{12} = Synfaktor
 X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
 q_x = Mottagen strålning, kW/m².
 τ = Andel av strålningen som transmitteras genom luften, se avsnitt D.1.5.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.



D.1.8 Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 m från tanken utsätts för dödliga skador.

D.2 Indata

D.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 1 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 1. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

| Stabilitetsklass | Sannolikhet | Vindhastighet (medelvärde) |
|------------------|-------------|----------------------------|
| Instabil | 10 % | 1,7 m/s |
| Neutral | 50 % | 4,4 m/s |
| Stabil | 40 % | 2,4 m/s |

D.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer⁵. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i bilaga A.

Tabell 2. Generella indata till konsekvensberäkningarna.

| Variabel | Enhet | Värde |
|----------------------|-------|------------------------|
| Atmosfärstryck | [Pa] | 101 325 |
| Flödeskoefficient | [-] | Likformig (0,65; 0,80) |
| Höjd på vätskepelare | [m] | Likformig (1,0; 2,0) |

Tabell 3. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol

| Håltyp | Håldiameter | Källstyrka | Sannolikhet, järnväg |
|--------|-------------|------------|----------------------|
| Litet | 10 mm | 1 kg/s | 62.5 % |
| Medel | 30 mm | 12 kg/s | 20.8 % |
| Stort | 110 mm | 160 kg/s | 16.7 % |

⁵ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket⁶, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox⁷ och CPQRA⁸.

Tabell 4. Ämnesspecifika indata.

| Variabel | Enhet | Propylen-oxid | Dimetyl-sulfat | Svavel-dioxid | Gasol | Bensin |
|-----------------------|------------------------|---------------|----------------|---------------|-------|--------|
| Molvikt | [g/mol] | 58,1 | 126 | 64 | 76,53 | |
| Densitet vätska | [kg/m ³] | 830 | 1330 | 1460 | 605 | 750 |
| Utsläppt mängd | [ton] | 15-25 | 15-25 | 15-25 | 15-25 | 15-25 |
| Förbränningsvärme | [kJ/kg] | 34845 | - | - | 46000 | 45000 |
| Strålningsandel | [-] | 0,30 | - | - | 0,30 | 0,30 |
| Ångtryck | [kPa] | 60 | 0,067 | | 833 | |
| Kokpunkt | [°C] | 34 | 188 | | | |
| Tanktryck | [kPa] | | | 230 | 535 | |
| Förbränningshastighet | [m/s] | | | | | 0,0001 |
| Förbränningshastighet | [kg/m ² /s] | | | | | 0,048 |

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i klass 1 och klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO⁹ och antar en fördelning enligt Tabell 5 nedan och gäller för både väg och järnväg.

Tabell 5. Massa som deltar i explosion i klass 1.

| Massa, kg | Ack. sannolikhet | Massa, kg | Ack. sannolikhet |
|-----------|------------------|-----------|------------------|
| 50 | 1,1 % | 1 047 | 21,4 % |
| 61 | 1,2 % | 1 095 | 22,3 % |
| 126 | 1,2 % | 1 778 | 86,5 % |
| 204 | 3,8 % | 2 399 | 86,8 % |
| 316 | 20,8 % | 16 000 | 100,0 % |
| 562 | 21,3 % | | |

Vid en olycka med klass 5 på väg kan lasten blandas med fordonets egna drivmedel, vilket antas ha ett medelvärde på 400 kg och ett minsta resp. ett största värde på 100 resp. 500 kg. En

⁶ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

⁷ Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

⁸ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

⁹ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



explosiv oxidator-bränsleblandning innehåller ca 13 % bränsle, vilket för 400 kg drivmedel ger $400/0,13 = 3\,080$ kg explosiv blandning¹⁰.

Massan som deltar i explosionen är direkt relaterad till hur stor mängd bränsle som blandas med det oxiderande ämnet. För järnväg kan en tank med 25 ton oxiderande ämne kollidera med en vagn innehållande en stor mängd brandfarlig vätska. Den blandning som kan bildas motsvarar ca 25 ton massexplosiv vara.

D.2.3 Skadekriterier

Risakanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 6 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, dvs. den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 6. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning¹¹ och tryck.

| Skadeverkan | Kritisk påverkan |
|--|-------------------------------------|
| Explosion – tryck ¹² | 260 kPa |
| Explosion – värmestrålning ¹³ | 43 kW/m ² |
| Värmestrålning – BLEVE ¹³ | 31 kW/m ² |
| Värmestrålning – brandfarliga varor ¹³ | 14 kW/m ² |
| Toxicitet – giftig gas ¹⁴ | 2 200 mg/m ³ (860 ppm) |
| Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ¹⁵ | 4 900 mg/m ³ (2 000 ppm) |
| Toxicitet – giftig vätska ¹⁶ | 186 mg/m ³ (35 ppm) |

¹⁰ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilaga 2, 1997.

¹¹ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

¹² HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

¹³ Eldklotets varaktighet för explosion är ca 7 s och för BLEVE ca 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

¹⁴ Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

¹⁵ Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

¹⁶ Representeras av dimetylsulfat, 30 min exponering (TEEL-3).



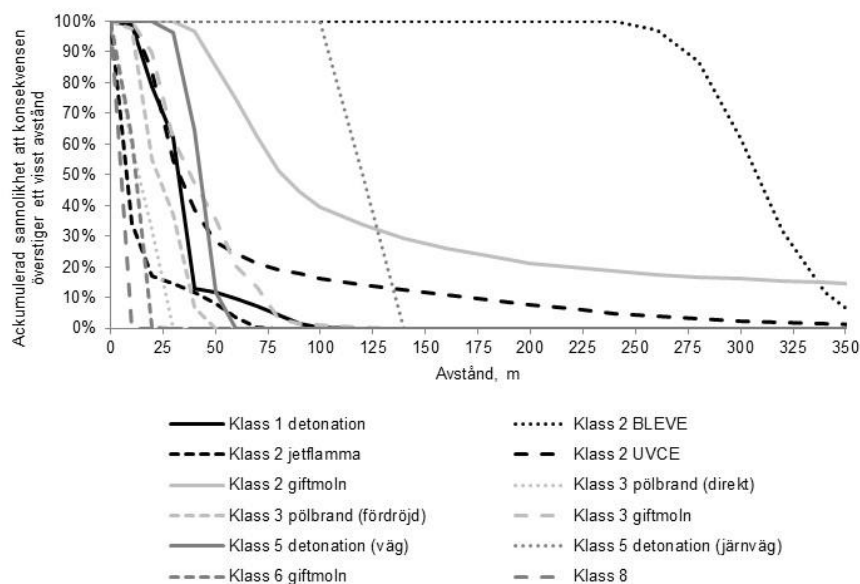
D.3 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av s.k. probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration (LC_{50}) eller kritisk värmestrålning).

Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmått. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA¹⁷. Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

D.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 3 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.



Figur 3. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 m och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 m eller längre.

¹⁷ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Informationen i Figur 3 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 7 redovisas dessa värden.

Tabell 7. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

| Scenario | Riskområde i meter | |
|--|--------------------|------|
| | 50 % | 95 % |
| Klass 1 detonation → tryck | 40 | 80 |
| Klass 2 BLEVE → brännskada | 300 | 330 |
| Klass 2 jetflamma → brännskada | 5 | 60 |
| Klass 2 UVCE → brännskada | 30 | 240 |
| Klass 2 giftmoln → förgiftning | 90 | 1000 |
| Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada | 10 | 30 |
| Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada | 20 | 40 |
| Klass 3 giftmoln → förgiftning | 40 | 90 |
| Klass 5 detonation → tryck | 30 | 50 |
| Klass 6 giftmoln → förgiftning | 5 | 10 |
| Klass 8 → frätskada | 5 | 10 |

Syftet med Tabell 7 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 8. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.

Tabell 8. Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

| Avstånd | Klass 1, detonation | Klass 2, BLEVE | Klass 2, jetflamma | Klass 2, UVCE | Klass 2, giftmoln | Klass 3, pölbrand (direkt) | Klass 3, pölbrand (fördröjd) | Klass 3, giftmoln | Klass 5, detonation | Klass 5, detonation (järnväg) | Klass 6, giftmoln | Klass 8, frätskada |
|---------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8,4% | - |
| 10 | 1,2% | - | 65,7% | - | - | 40,8% | 2,4% | - | - | - | 29,8% | 100,0% |
| 15 | 0,0% | - | 8,2% | 1,0% | - | 10,0% | 37,5% | 0,2% | - | - | 34,3% | - |
| 20 | 20,0% | - | 9,1% | 7,3% | - | 16,9% | 5,1% | 1,5% | - | - | 27,2% | - |
| 25 | 0,2% | - | 1,3% | 19,2% | - | 24,7% | 7,6% | 6,3% | 0,0% | - | 0,3% | - |
| 30 | 16,7% | - | 1,1% | 17,6% | - | 7,6% | 10,2% | 4,8% | 3,7% | - | - | - |
| 35 | 32,2% | - | 1,3% | 9,0% | - | 0,0% | 15,1% | 6,1% | 10,6% | - | - | - |
| 40 | 16,6% | - | 1,5% | 5,9% | - | - | 15,1% | 3,7% | 21,4% | - | - | - |
| 45 | 0,6% | - | 1,7% | 6,7% | 0,0% | - | 6,7% | 3,8% | 29,3% | - | - | - |
| 50 | 0,9% | - | 2,0% | 4,2% | 0,3% | - | 0,2% | 3,3% | 23,3% | - | - | - |
| 55 | 1,0% | - | 2,2% | 2,5% | 1,5% | - | - | 4,2% | 11,1% | - | - | - |
| 60 | 1,1% | - | 2,5% | 1,9% | 1,2% | - | - | 6,9% | 0,5% | - | - | - |
| 65 | 1,2% | - | 2,2% | 1,6% | 2,0% | - | - | 7,1% | - | - | - | - |
| 70 | 1,3% | - | 1,0% | 1,5% | 3,7% | - | - | 6,9% | - | - | - | - |
| 75 | 1,3% | - | 0,3% | 1,2% | 3,4% | - | - | 5,7% | - | - | - | - |
| 80 | 1,5% | - | 0,0% | 0,9% | 2,7% | - | - | 4,6% | - | - | - | - |
| 85 | 1,4% | - | - | 0,8% | 2,9% | - | - | 2,9% | - | - | - | - |
| 90 | 1,2% | - | - | 0,7% | 2,3% | - | - | 1,8% | - | - | - | - |
| 95 | 0,7% | - | - | 0,7% | 2,0% | - | - | 1,7% | - | - | - | - |
| 100 | 0,7% | - | - | 0,5% | 2,1% | - | - | 1,7% | - | - | - | - |
| 110 | 0,2% | - | - | 1,1% | 4,2% | - | - | 3,1% | - | 12,5% | - | - |
| 120 | - | - | - | 1,0% | 3,1% | - | - | 3,0% | - | 37,5% | - | - |
| 130 | - | - | - | 0,9% | 3,8% | - | - | 2,5% | - | 25,0% | - | - |
| 140 | - | - | - | 0,8% | 3,2% | - | - | 2,1% | - | 25,0% | - | - |
| 150 | - | - | - | 0,7% | 3,3% | - | - | 2,4% | - | - | - | - |
| 160 | - | - | - | 0,7% | 2,9% | - | - | 3,1% | - | - | - | - |
| 170 | - | - | - | 0,7% | 4,2% | - | - | 3,3% | - | - | - | - |
| 180 | - | - | - | 0,8% | 4,2% | - | - | 3,0% | - | - | - | - |

| Avstånd | Klass 1, detonation | Klass 2, BLEVE | Klass 2, jetflamma | Klass 2, UVCE | Klass 2, giftmoln | Klass 3, pölbrand (direkt) | Klass 3, pölbrand (fördröjd) | Klass 3, giftmoln | Klass 5, detonation | Klass 5, detonation (järnväg) | Klass 6, giftmoln | Klass 8, frätskada |
|---------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 190 | - | - | - | 0,8% | 4,1% | - | - | 2,6% | - | - | - | - |
| 200 | - | - | - | 0,8% | 3,9% | - | - | 1,6% | - | - | - | - |
| 220 | - | - | - | 1,6% | 6,6% | - | - | 0,4% | - | - | - | - |
| 240 | - | 0,0% | - | 1,3% | 3,8% | - | - | - | - | - | - | - |
| 260 | - | 3,0% | - | 1,2% | 1,7% | - | - | - | - | - | - | - |
| 280 | - | 10,1% | - | 0,9% | 1,2% | - | - | - | - | - | - | - |
| 300 | - | 25,4% | - | 0,8% | 1,0% | - | - | - | - | - | - | - |
| 320 | - | 29,5% | - | 0,6% | 1,0% | - | - | - | - | - | - | - |
| 340 | - | 20,1% | - | 0,5% | 0,9% | - | - | - | - | - | - | - |
| 360 | - | 10,3% | - | 0,5% | 0,9% | - | - | - | - | - | - | - |
| 380 | - | 1,5% | - | 0,3% | 0,9% | - | - | - | - | - | - | - |
| 400 | - | - | - | 0,2% | 0,9% | - | - | - | - | - | - | - |

Bilaga E

Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



E. Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning

E.1 Frekvens för urspårning

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 1 visas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning. Det viktade värdet bygger på uppgifter i bilaga C där godståg står för 35,9 % av urspårningarna.

Tabell 1. Avstånd från spår för urspårade vagnar (basprognosen)¹.

| Avstånd från spår | 0-1 m | 1-5 m | 5-15 m | 15-25 m | >25 m |
|-------------------|-------|-------|--------|---------|-------|
| Resandetåg | 77,5% | 18,0% | 2,3% | 2,2% | 0,0% |
| Godståg | 70,3% | 19,8% | 5,5% | 2,2% | 2,2% |
| Viktat värde | 74,9% | 18,6% | 3,4% | 2,2% | 0,8% |

Enligt Tabell 1 varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg (se bilaga C) för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg.

E.2 Konsekvenser av urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25–30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

¹ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001

Bilaga F

Risknivåer utmed transportleder för farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för Råven 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



F. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

F.1 Modell för beräkning av individrisk

F.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i bilaga C. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga D och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

Urspårningsolyckor

För urspårningsolyckor används frekvensen för järnvägsolycka tillsammans med sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången är lika den som exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

F.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga C redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1, Figur 1.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga D och C. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 1 nedan

| Avstånd | Klass 1, detonation | Olyckan när | Avstånd som studeras | | | | | Olyckan när | Avstånd som studeras | | | | |
|---------|---------------------|-------------|----------------------|------|------|------|------|-------------|----------------------|------|------|------|------|
| | | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 0 | 0,0% | 0 | 0,01 | - | - | - | - | 0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 5 | 1,2% | 5 | 0,02 | 0,02 | - | - | - | 5 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 10 | 0,0% | 10 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | - | - | 10 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 15 | 20,0% | 15 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | - | 15 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 20 | 0,2% | 20 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 20 | 0,8% | 0,8% | 0,7% | 0,5% | 0,0% |
| 25 | 16,7% | 25 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 25 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 30 | 32,2% | 30 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 30 | 1,0% | 1,0% | 0,9% | 0,9% | 0,7% |
| 35 | 16,6% | 35 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 35 | 2,3% | 2,2% | 2,2% | 2,0% | 1,8% |
| 40 | 0,6% | 40 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 40 | 1,3% | 1,3% | 1,3% | 1,2% | 1,2% |
| 45 | 0,9% | 45 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 45 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,0% |
| 50 | 1,0% | 50 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 50 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| 55 | 1,1% | 55 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 55 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| 60 | 1,2% | 60 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 60 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| 65 | 1,3% | 65 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 65 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 70 | 1,3% | 70 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 70 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 75 | 1,5% | 75 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 75 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 80 | 1,4% | 80 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 80 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 85 | 1,2% | 85 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 85 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 90 | 0,7% | 90 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 90 | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| 95 | 0,7% | 95 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 95 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| 100 | 0,2% | 100 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 100 | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| 110 | 0,0% | 110 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 110 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 120 | 0,0% | 120 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 120 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Figur 1. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i klass 1.

Tabell 1. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.

| Avstånd | Klass 1, detonation | Klass 2, BLEVE | Klass 2, jetflamma | Klass 2, UVCE | Klass 2, giftmoln | Klass 3, pölbrand (direkt) | Klass 3, pölbrand (fördröjd) | Klass 3, giftmoln | Klass 5, detonation | Klass 5, detonation (järnväg) | Klass 6, giftmoln | Klass 8, frätskada |
|---------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 0 | 7,4% | 63,6% | 3,6% | 13,2% | 25,5% | 3,5% | 5,3% | 16,6% | 8,9% | 25,2% | 2,8% | 2,0% |
| 5 | 7,3% | 63,6% | 3,4% | 13,2% | 25,5% | 3,3% | 5,1% | 16,6% | 8,9% | 25,2% | 2,6% | 1,7% |
| 10 | 7,0% | 63,6% | 2,2% | 12,9% | 25,4% | 2,4% | 4,7% | 16,5% | 8,7% | 25,2% | 1,7% | 0,0% |
| 15 | 6,6% | 63,5% | 1,8% | 12,6% | 25,4% | 1,8% | 3,6% | 16,2% | 8,4% | 25,1% | 0,7% | 0,0% |
| 20 | 5,6% | 63,5% | 1,5% | 11,9% | 25,2% | 1,1% | 3,2% | 15,9% | 8,0% | 24,9% | 0,0% | 0,0% |
| 25 | 5,0% | 63,4% | 1,4% | 10,8% | 25,1% | 0,3% | 2,5% | 15,3% | 7,3% | 24,7% | 0,0% | 0,0% |
| 30 | 3,8% | 63,3% | 1,3% | 9,9% | 24,9% | 0,0% | 1,8% | 14,7% | 6,4% | 24,5% | 0,0% | 0,0% |
| 35 | 2,3% | 63,2% | 1,1% | 9,3% | 24,7% | 0,0% | 1,0% | 14,1% | 5,1% | 24,3% | 0,0% | 0,0% |
| 40 | 1,6% | 63,1% | 1,0% | 8,8% | 24,4% | 0,0% | 0,3% | 13,5% | 3,5% | 23,9% | 0,0% | 0,0% |
| 45 | 1,5% | 63,0% | 0,8% | 8,3% | 24,1% | 0,0% | 0,0% | 12,9% | 1,8% | 23,6% | 0,0% | 0,0% |
| 50 | 1,3% | 62,7% | 0,6% | 8,0% | 23,7% | 0,0% | 0,0% | 12,2% | 0,5% | 23,2% | 0,0% | 0,0% |
| 55 | 1,2% | 62,7% | 0,4% | 7,7% | 23,3% | 0,0% | 0,0% | 11,5% | 0,0% | 22,7% | 0,0% | 0,0% |
| 60 | 1,0% | 62,5% | 0,2% | 7,5% | 22,8% | 0,0% | 0,0% | 10,6% | 0,0% | 22,2% | 0,0% | 0,0% |
| 65 | 0,9% | 62,3% | 0,1% | 7,2% | 22,2% | 0,0% | 0,0% | 9,8% | 0,0% | 21,6% | 0,0% | 0,0% |
| 70 | 0,7% | 62,0% | 0,0% | 7,0% | 21,6% | 0,0% | 0,0% | 9,0% | 0,0% | 21,0% | 0,0% | 0,0% |
| 75 | 0,5% | 61,8% | 0,0% | 6,8% | 20,9% | 0,0% | 0,0% | 8,3% | 0,0% | 20,3% | 0,0% | 0,0% |
| 80 | 0,4% | 61,6% | 0,0% | 6,7% | 20,3% | 0,0% | 0,0% | 7,7% | 0,0% | 19,5% | 0,0% | 0,0% |
| 85 | 0,2% | 61,3% | 0,0% | 6,5% | 19,7% | 0,0% | 0,0% | 7,3% | 0,0% | 18,6% | 0,0% | 0,0% |
| 90 | 0,1% | 61,0% | 0,0% | 6,3% | 19,2% | 0,0% | 0,0% | 6,9% | 0,0% | 17,6% | 0,0% | 0,0% |
| 95 | 0,1% | 60,7% | 0,0% | 6,2% | 18,6% | 0,0% | 0,0% | 6,5% | 0,0% | 16,5% | 0,0% | 0,0% |
| 100 | 0,0% | 60,4% | 0,0% | 6,0% | 18,0% | 0,0% | 0,0% | 6,2% | 0,0% | 15,2% | 0,0% | 0,0% |
| 110 | 0,0% | 59,7% | 0,0% | 5,7% | 16,9% | 0,0% | 0,0% | 5,4% | 0,0% | 11,4% | 0,0% | 0,0% |
| 120 | 0,0% | 58,9% | 0,0% | 5,4% | 15,7% | 0,0% | 0,0% | 4,7% | 0,0% | 6,1% | 0,0% | 0,0% |
| 130 | 0,0% | 58,0% | 0,0% | 5,1% | 14,5% | 0,0% | 0,0% | 4,0% | 0,0% | 2,6% | 0,0% | 0,0% |
| 140 | 0,0% | 57,1% | 0,0% | 4,8% | 13,4% | 0,0% | 0,0% | 3,3% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |



F.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 m, dvs. beräknas var femte meter från väggkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR/RID-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för vart olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram (se avsnitt 5).

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *detonation av explosivt ämne i klass 1*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot är $1,2 \times 10^{-9}$ per kilometer och år. Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 2. Beräkning av individrisk för transport av explosiva ämnen i RID-klass 1.

| Avstånd, m | Sannolikhet att konsekvensen når ett visst avstånd | |
|------------|--|---------|
| | vid olycka på en sträcka av 1 km | Järnväg |
| 0 | 0,077 | 9,2E-11 |
| 10 | 0,074 | 8,8E-11 |
| 20 | 0,061 | 7,3E-11 |
| 30 | 0,044 | 5,3E-11 |
| 40 | 0,017 | 2,0E-11 |
| 50 | 0,014 | 1,7E-11 |
| 60 | 0,011 | 1,3E-11 |
| 70 | 0,008 | 9,6E-12 |
| 80 | 0,004 | 4,8E-12 |
| 90 | 0,002 | 2,4E-12 |
| 100 | 0,0003 | 3,6E-13 |

F.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario (se avsnitt 4.1.3) som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten. Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.

F.2.1 Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.

Befolkningstäthet

Befolkningstätheten utmed transportleden karakteriseras med schablonvärdet 5000 invånare/km² (stadsbebyggelse). Detta är ett konservativt antagande för Höör, och möjliggör därför för ytterligare förtätning i framtiden.



När befolkningstätheten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten¹. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

Påverkansområde

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. De finns tre olika typer av påverkansområde:

- ♦ Cirkulär utbredning, t.ex. bränder och explosioner.
- ♦ Konformad utbredning, t.ex. utsläpp av giftig gas.
- ♦ Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m^2) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ($A = \pi r^2$) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln² ($A = \varphi \pi r^2$).

F.2.2 Beräkning av samhällsrisk

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 3. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 3 besvaras.

Tabell 3. Modell för beräkning av samhällsrisk.

| Fråga | Svarsalternativ | Kommentar |
|------------------|---|--|
| Vilken tidpunkt? | Dag Natt | Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga F. |
| Vilket scenario? | Urspårning Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) | Se bilaga C för information om frekvenser. |

¹ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

² Mer information om spridningsvinkeln (φ) finns i bilaga C.



| Fråga | Svarsalternativ | Kommentar |
|------------------|--|---|
| | Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation Klass 6 giftmoln Klass 8 | |
| Riskområde? | 0 - 1 000 m | Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga D. |
| Påverkansområde? | Cirkulärt Konformat Rektangulärt | Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga F. |

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck.

$$\text{Antal döda} = \text{Befolkningstäthet (pers / km}^2\text{)} \cdot \text{Påverkansområde (km}^2\text{)}$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarioer, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en s.k. FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, dvs. då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsrisk för $N = 1$, men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.

Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 4 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{3,4}.

Tabell 4. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

| Skadeverkan | Andel inomhus som omkommer |
|-------------|----------------------------|
| Urspårning | 50 % |

³ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

⁴ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



| | |
|-----------------------|------|
| Tryckskada | 50 % |
| Brännskada (pölbrand) | 0 % |
| Brännskada (övrigt) | 5 % |
| Förgiftning | 10 % |
| Frätskada | 0 % |

Samhällsriskberäkningar utförs för samtliga vägar och järnvägar utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. För vissa transportleder där samhällsriskerna i grundfallet ligger i området där risker inte kan beaktas som små görs kompletterande samhällsriskberäkningar för att undersöka effekten av ytterligare säkerhetshöjande åtgärder.

Bilaga G

Känslighetsanalys



Utredning i samband med planarbetet för Rävén 1,
del av Västra stationsområdet i Höörs kommun

2017-12-12



G. Känslighetsanalys

Riskanalysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM)¹ och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

G.1 Olycksfrekvenser

G.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från basprognosen för år 2030. Basprognosen är den trafikering som Trafikverket utgår från i bl.a. kapacitetsbedömningar. Någon ytterligare ökning bedöms inte vara motiverad.

G.1.2 Uppdelning i olika ADR-klasser

De finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. Den första källan är nationell statistik som publiceras årligen² och den andra källan är en undersökning som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag precision för att kunna användas i riskbedömningen. Därför använder riskanalysen nationell statistik för att dela upp det farliga godset i olika ADR-klasser.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Det är nödvändigt att känna till andelen massexplodiva varor, andelen giftiga och brandfarliga gaser, etc. Denna information finns inte dokumenterad i några källor, utan riskanalysen bygger på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer.

För transport på järnväg står utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador för 45 % av antalet olyckor och utsläpp av vätskor i RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 54 %. Tillsammans utgör dessa två olyckstyper 99 % av de tänkbara olyckorna.

G.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

G.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den s.k. FOA-handboken³. I stort är det samma modeller som Länsstyrelsen i Skåne läns "RIKTSAM"⁴ bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bl.a.

¹ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

² Trafikanalys, Bantrafik 2012, Statistik 2013:28.

³ Fischer, S. m.fl., Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

⁴ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

G.2.2 Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är t.ex. hålstorlek vid utsläpp.

Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för resp. stabilitetsklass.

Generella indata och ämnesspecifika uppgifter

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI⁵:

- ♦ Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- ♦ Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- ♦ Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket⁶ där håldiametrar på 3, 9 resp. 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie⁷ använder 2 resp. 35 kg/s i sina beräkningar.

Skadekriterier

Riskanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utsläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i enlighet med metodik redovisad i CPQRA⁸ är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

⁵ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

⁶ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

⁷ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

⁸ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.



Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC₅₀-värde. LC₅₀-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E⁹ har använts som inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 min för giftig gas och 30 s för brännskada.

G.2.3 Beräkningsresultat

Eftersom flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka kan redovisas med medelvärde, standardavvikelse och ett konfidensintervall.

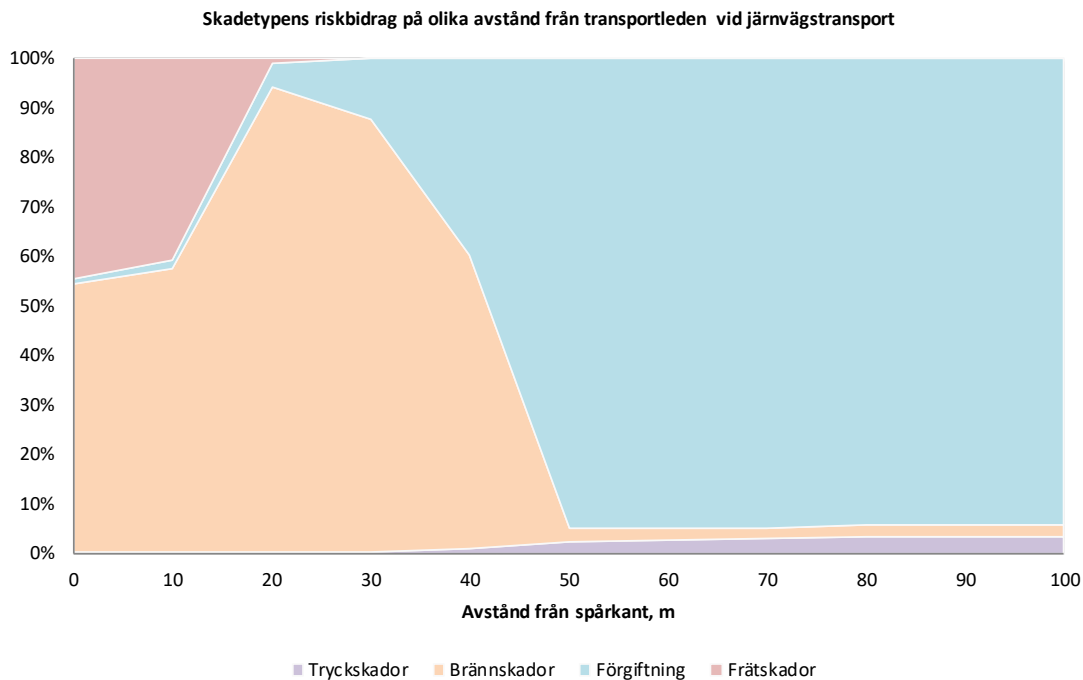
Tabell 1 Medelvärde och konfidensintervall för konsekvensberäkningarna.

| Scenario | Medel | 5 % | 95 % |
|--|-------|-------|-------|
| Klass 1 detonation → tryck | 35 m | 20 m | 77 m |
| Klass 2 BLEVE → brännskada | 308 m | 268 m | 352 m |
| Klass 2 jetflamma → brännskada ¹⁰ | 15 m | 6 m | 57 m |
| Klass 2 UVCE → brännskada | 63 m | 17 m | 240 m |
| Klass 2 giftmoln → förgiftning | 187 m | 42 m | 800 m |
| Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada | 15 m | 7 m | 26 m |
| Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada | 24 m | 10 m | 41 m |
| Klass 3 giftmoln → förgiftning | 42 m | 15 m | 77 m |
| Klass 5 detonation → tryck | 42 m | 31 m | 52 m |
| Klass 6 giftmoln → förgiftning | 12 m | 5 m | 18 m |
| Klass 8 → frätskada | 10 m | 10 m | 10 m |

Tabellen ovan visar att några av scenarierna har ett relativt stort konfidensintervall där 95 %-värdet avviker stort från medelvärdet. För att kunna göra ett urval av de variabler som har störst betydelse för beräknat konsekvensområde studeras resp. olycksscenarioets betydelse för risknivån, se Figur 1.

⁹ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

¹⁰ Notera att nivåskillnaden mellan väg E 22 och planområdet gör att konsekvenserna av en jetflamma inte kan påverka intilliggande bebyggelse.



Figur 1. Olycksscenariots betydelse för risknivån. Figuren inkluderar inte risker med urspärning.

Figur 1 visar att det i huvudsak är två scenarier som bestämmer individriskens värde i det studerade avståndsintervallet (upp till 40 m). Dessa är brännskador till följd av utsläpp av brandfarlig vätska samt förgiftning till följd av utsläpp av giftig vätska eller gas. Således är det osäkerheter förknippade med dessa olyckor som är av störst betydelse för fortsatt analys.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålstorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålstorleken har drygt 5 ggr så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver iväg med vinden – hålstorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålstorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

G.3 Slutsatser

De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålstorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledningar och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.