

HALLSBERG - STENKUMLA
NYTT DUBBELSPÅR
417, 419 och 522

PM Olycksrisker – Bilaga
Underlagsrapport MKB Järnvägsplan Hallsbergs -
Stenkumla Bilaga 01
JÄRNVÄGSPLAN

GRANSKNINGSHANDLING
Projektnummer: 132909

Datum: 2020-02-24
Rev datum:

Handling nr
7044-131-889_Bilaga_01

Bilaga A. Metod för riskhantering

Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering samt de metoder som använts.

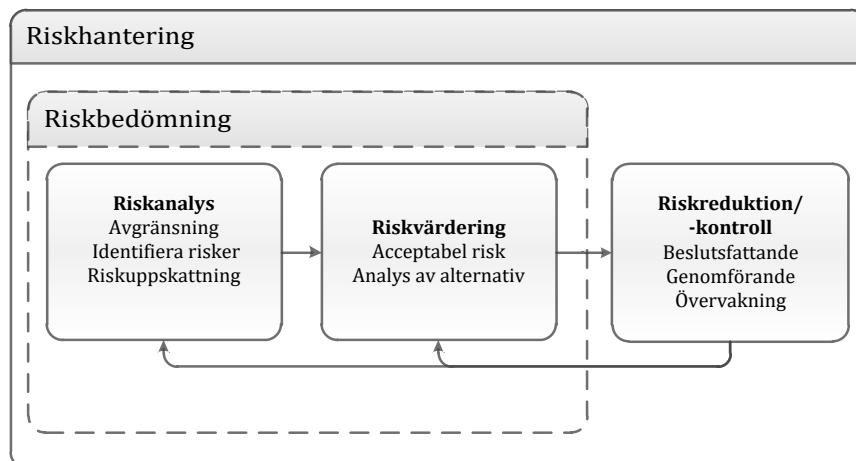
A.1. Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd. Konsekvens anger möjlig negativ påverkan på människa och miljö. Risk är det som i en MKB innebär påverkan till följd av olyckshändelser.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (1) (2), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 1.

Riskidentifieringen omfattar en inventering av riskobjekt samt en identifiering av scenarier som kan medföra oönskade konsekvenser för det som definierats som skyddsvärt, dvs. det som påverkas. Identifieringen visar vad som är av betydelse att behandla i MKB:n och fungerar således som ett sällningsverktyg för att avgöra vad som genererar betydande påverkan.

Riskuppskattning utgör en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

Riskvärdering ingår tillsammans med riskanalysen i det som kallas **riskbedömning**.

Riskvärderingen innebär att avgöra om uppskattade risker kan accepteras. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ.

Riskreduktion/kontroll utgör tillsammans med riskbedömningen det som avses med riskhantering. Riskreduktion/kontroll innebär att utifrån riskvärderingen fatta beslut kring riskreducerande åtgärder och kontrollera att de genomförs och följs upp. Dessutom ingår att bevaka eventuella förändringar i systemet som kan föranleda behov av ny riskanalys.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

Nedanstående begrepp berör transport av farligt gods:

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport eller vid olycka.

Farligt gods-klasser, Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. För närmare beskrivning av respektive klass, se Bilaga C i denna bilaga. De nio klasserna är:

Klass 1: Explosiva ämnen och föremål

Klass 2: Gaser (giftiga, brännbara samt övriga gaser)

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Klass 4: Brandfarliga fasta ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten samt självantändande ämnen

Klass 5: Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Klass 6: Giftiga ämnen och smittförande ämnen

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Klass 8: Frätande ämnen

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

A.1.1 Riskanalysmetoder

Vad gäller riskanalysmetoder skiljer man ofta på kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder enligt nedan:

I **kvalitativa** metoder används beskrivningar av typen *stor*, *mellan* eller *liten*. Eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra, görs inget försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall (3). Inom de kvalitativa metoderna ryms även logiska resonemang.

De **semi-kvantitativa** metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ (3).

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis *förväntat antal omkomna per år* (4). Kvantitativa metoder för riskanalys relaterat till transport av farligt gods innefattar ofta uppskattning av riskmåten *individrisk* och *samhällsrisk*.

För arbetet med underlagsrapporten har både kvalitativa och kvantitativa riskanalysmetoder använts. Riskbedömningen med avseende på urspårning och transport av farligt gods på järnväg och väg genomförs med kvantitativa metoder, där det huvudsakliga angreppssättet är uppskattning av riskmåten *individrisk* och *samhällsrisk*.

A.2. Riskhanteringsprocessen

A.2.1 Metod för inventering av skyddsvärda objekt

Som ett första steg i processen genomförs en översiktlig inventering av skyddsvärda objekt genom kartstudier för vilka påverkan till följd av olyckor kommer att utredas närmare. Skyddsvärda objekt som beaktas är främst människors hälsa och säkerhet, men till viss del även miljön och eventuella samhällsviktiga verksamheter.

A.2.1.1. Samhällsviktig verksamhet

Enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) definieras samhällsviktig verksamhet på följande vis: (5)

”En samhällsviktig verksamhet utgörs av en verksamhet som uppfyller minst ett av följande villkor:

1. Ett bortfall av eller en svår störning i verksamheten kan ensamt eller tillsammans med motsvarande händelser i andra verksamheter på kort tid leda till att en allvarlig kris inträffar i samhället.
2. Verksamheten är nödvändig eller mycket väsentlig för att en redan inträffad kris i samhället ska kunna hanteras så att skadeverkningarna blir så små som möjligt.”

Exempel på samhällsviktiga verksamheter är: skolor, vårdcentraler, sjukhus, banker, apotek, räddningstjänst, polis, infrastruktur, energiförsörjning och livsmedelsdistribution.

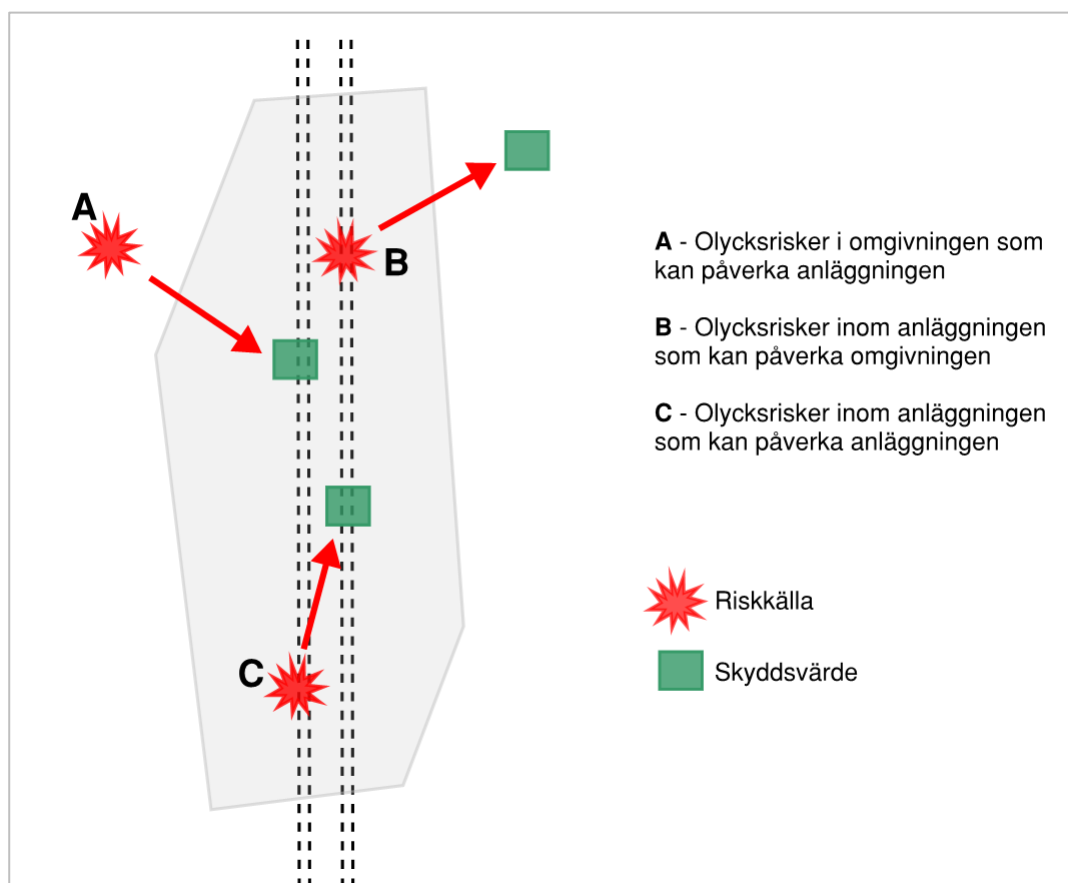
Järnvägsanläggningen utgör därmed i sig en samhällsviktig verksamhet men beaktas separat.

Med skydd av en samhällsviktig verksamhet avses åtgärder och aktiviteter som behöver vidtas för att säkerställa förmåga och kontinuitet hos en samhällsviktig verksamhet, det vill säga aktiviteter som bidrar till förmågan till resiliens, att motstå eller begränsa konsekvenserna av allvarliga störningar, samt förmågan att återhämta sig från sådana störningar. Med allvarlig störning i samhällsviktig verksamhet avses en störning som innebär att verksamheten inte kan upprätthållas ens på lägsta acceptabla nivå. (6)

A.2.2 Metod för riskidentifiering

Som ett andra steg genomförs en riskidentifiering, vilket innefattar en systematisk genomgång av de riskkällor som förekommer i järnvägsanläggningen samt i anläggningens närområde.

För att uppfylla intentionerna i miljöbalken har riskidentifieringen utgått från nedanstående typer av riskpåverkan, se Figur 2.



Figur 2. Schematisk illustration av olika typer av risker som behöver hanteras i MKB.

A.2.3 Metod för riskuppskattning

Det tredje steget blir att avgöra vilken risknivå som olyckshändelser kan generera. Detta omfattar det delmoment i riskhanteringsprocessen som avser riskuppskattning. Risknivån

bestäms genom att frekvens och konsekvens (skador på skyddsvärt objekt) skattas för de scenarier som bedömts kunna medföra betydande påverkan på skyddsvärda objekt.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (7) beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För farligt gods-olyckor på väg har VTI-modellen använts. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C och Bilaga D.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga E och Bilaga F. Riskmåttet individrisk och samhällsrisk används för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter samt mekaniska skador genererade av urspårning.

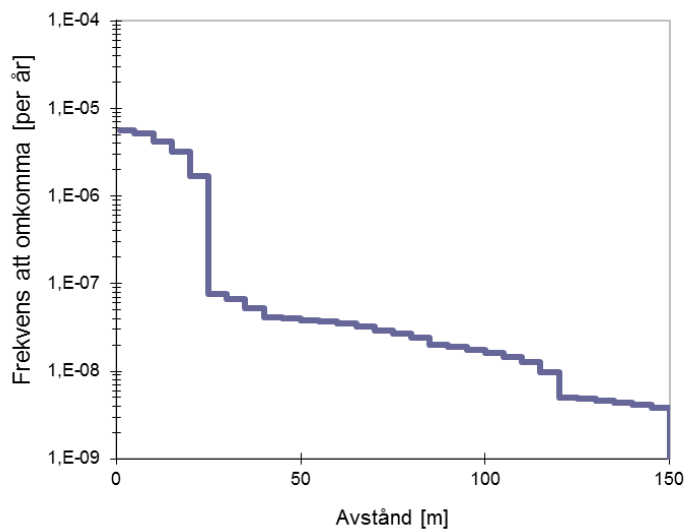
Vid uppskattning av risknivån avseende påverkan på människa används kvantitativa metoder. För samhällsviktig verksamhet och naturmiljö görs riskuppskattningen med semi-kvantitativa och kvalitativa metoder.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmått, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsperspektiv).

A.2.4 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten för att en enskild individ på en specifik plats (exempelvis på ett visst avstånd från en industri eller transportled) under en viss tidsperiod ska omkomma (8). För beräkning av sannolikheter för respektive scenario används händelseträdsanalys. Konsekvenserna beräknas med hjälp av bland annat olika kemikaliespridnings- och strålningsmodeller. Individrisken tar ingen hänsyn till hur många personer som kan förväntas omkomma till följd av en olycka och är därför oberoende av hur många människor som vistas i området. Individrisken kan sägas vara platsspecifik och ger ett mått på hur farligt det är för en enskild individ att vistas på ett visst avstånd från riskkällan. Individrisken är därmed samma längs en hel järnvägssträcka. Syftet med riskmålet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan.



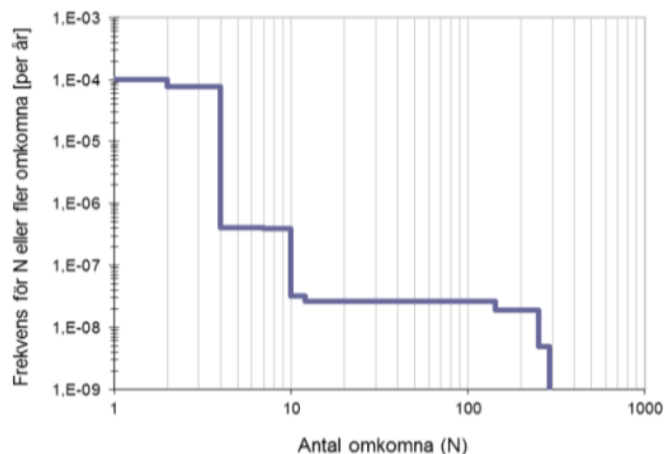
Figur 3. Exempel på individriskprofil.

A.2.5 Samhällsrisk

Samhällsrisk avser risken för att en grupp människor inom ett visst område ska omkomma. Jämfört med individrisk beaktar riskmättet samhällsrisk även hur stora konsekvenserna kan bli ur ett samhällsperspektiv, med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningsmängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), som visar den totala frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna. I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

Eftersom axlarna i grafen är logaritmiska är det svårt att avgöra hur stor skillnaden mellan två (eller flera) givna kurvor är. Därför kan samhällsrisk även presenteras som ett förväntat antal omkomna per år. Detta tal kan ses som ett medelvärde av hur många som förväntas omkomma per år och utgör ett mått på farligheten ur ett samhällsperspektiv.



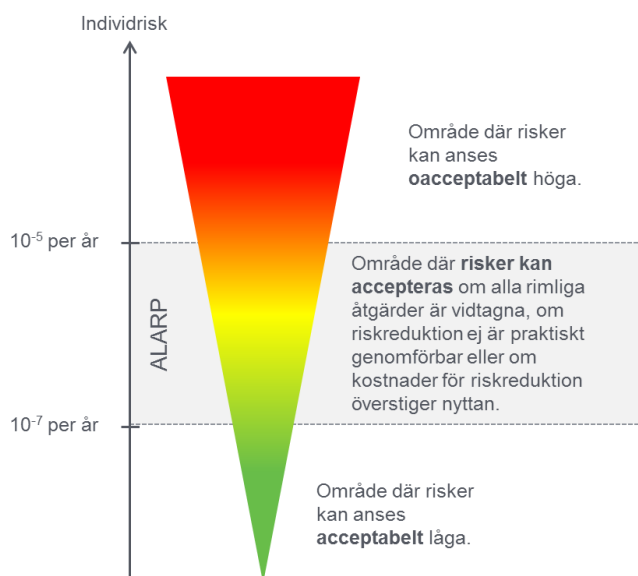
Figur 4. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

A.3. Värderingsprincip

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planläggningsprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk (8).

Länsstyrelsen i Stockholm har tagit fram regionala riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods (9), där det rekommenderas att DNV:s kriterier bör gälla. Dessa värderingskriterier har därför valts och använts för att beskriva och utvärdera risk för tredje man. Observera dock att för resenärer i tunnel gäller istället Trafikverkets ambitionsnivå enligt TDOK 2016:0231.

Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; *acceptabla*, *risker som kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna* eller *oacceptabla*.



Figur 5. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras därmed ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna, dvs. om inte kostnaden för åtgärden är helt oproportionerlig i förhållande till den erhållna riskreduktionen. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.
- De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock bör möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

A.3.1 Acceptanskriterier individrisk

För individrisk föreslår 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

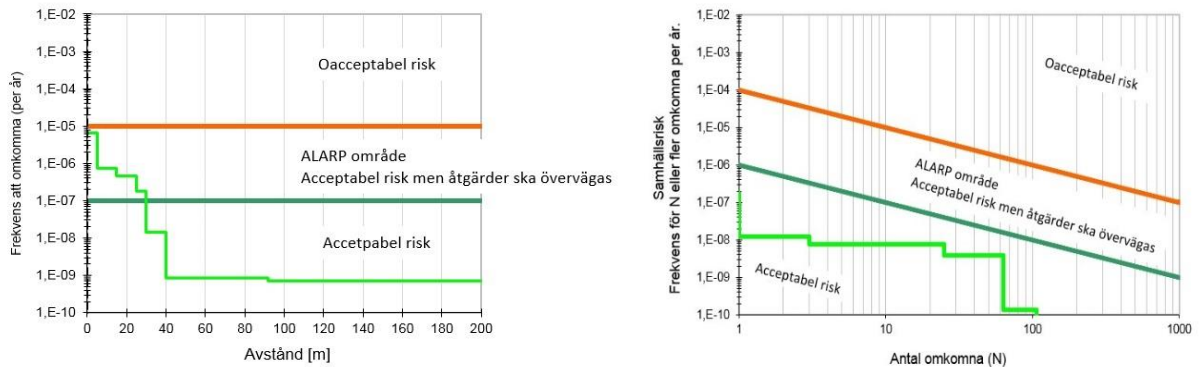
Den övre gränsen för område där risker kan kategoriseras som låga motsvarar, eller är lägre än, risken att omkomma till följd av naturolyckor (risk att omkomma till följd av träff av blixn anges ofta till 10^{-7} per år, samlad risk relaterad till naturolyckor anges ofta till 10^{-6} per år). En beräknad risknivå på 10^{-7} per år bör därför, även med hänsyn till osäkerhet i analysen, innebära att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Det förefaller inte rimligt att kräva att större resurser skall satsas utöver detta. Den övre gränsen för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras motsvarar cirka en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de grupper i samhället som har den lägsta totala dödsfallsrisken.

A.3.2 Acceptanskriterier samhällsrisk

För samhällsrisk föreslår 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

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med orange linje och den undre gränsen med grön linje, se Figur 6.



Figur 6. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisik enligt DNV (8).

A.3.3 Övriga acceptanskriterier

Där acceptanskriterier saknas (exempelvis vad gäller värdering av möjlig påverkan på samhällsviktiga verksamheter) sker riskvärdering i stället utifrån kvalitativa bedömningar. Det är dock viktigt att värderingen samråds med exempelvis berörda kommuner och Länsstyrelsen. Samråd med kommuner och länsstyrelser ökar förutsättningarna för att bedömningen görs utifrån lämplig detaljeringsgrad, lämpligt planeringsunderlag med hänsyn till lokala förutsättningar och med lämplig omfattning.

De **kvalitativa bedömningarna** utgår ifrån huruvida de olika olycksscenarierna kvarstår efter byggnationen eller inte. Om risken kvarstår utvärderas huruvida risknivån för olycksscenariot ökar eller minskar. Eftersom bedömningsgrunder saknas utgår analysen ifrån att risknivån inte ska öka jämfört med nuläget, men att ytterligare riskreduktion ska undersökas, och åtgärder som med hänsyn till kostnad anses rimliga att genomföra ska genomföras.

A.3.4 Metod för värdering av miljörisk

Vid värderingen av naturmiljön har bedömningen utgått från Naturvårdsverkets interaktiva karta *Skyddad natur* (10) för att identifiera skyddsvärd natur. För de aktuella området har det skyddsvärda identifierade naturvärdena utgjorts av vattenskyddsområden. Detta områden har sedan riskbedömts enligt Trafikverkets handbok för Yt- och grundvatten (11). Denna riskbedömning (11) utgörs av en semikvantitativ riskbedömning där först värdet på vattenområdet värderas och viktas med den bedömda sårbarheten för samma vattenområde (både värdet av vattenområdet och sårbarheten bedöms enligt en fördefinierad femgradig skala). Värdet och sårbarheten av vattenområdet plottas in i en konsekvensmatris som i sin tur ger en konsekvensklass som definieras av handboken (11) och delas in i en femgradig skala. I handboken finns även fem sannolikhetsklasser definierade (11), sannolikhetsklassen tillsammans med konsekvensklassen pottas till sist ut i en riskmatris för respektive vattenområde.

A.4. Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (12), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-, effekt-, eller kostnadsnyttoanalys användas, detta genomförs dock ej i denna utredning. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras. För att riskreducerande åtgärder ska vara juridiskt bindande är det viktigt att de förs in i juridiskt bindande dokument (exempelvis järnvägsplan, planbestämmelser i intilliggande detaljplaner eller genom exploateringsavtal eller liknande). I denna utredning särskiljs inte i vilket dokument föreslagna åtgärder är mest lämpade att regleras. Detta bör dock beaktas i samband med detaljutformning av valda åtgärder samt framtagande och fastställelse av järnvägsplan samt intilliggande detaljplaner.

Bilaga B. Riskidentifiering

I detta kapitel presenteras den riskidentifiering som utförts inom projektet.

Som kan ses i Figur 2 i början på Bilaga A så utgår riskidentifieringen från nedanstående typer av olycksrisker:

- Risker i omgivningen som kan påverka anläggningen
- Risker inom anläggningen som kan påverka omgivningen
- Risker inom anläggningen som kan påverka anläggningen

En initial identifiering av olycksrisker genomfördes genom en workshop 2018-06-13, vid vilken ett antal sakkunniga konsulter medverkade.

De medverkande fick instruktionerna att identifiera olyckshändelser som kan resultera i en eller flera av nedanstående konsekvenser:

- Minst en person omkommer eller skadas allvarligt.
- Kostnad på minst 1,4 MSEK (vid skador på miljö, egendom eller infrastruktur).
- Totalt trafikstopp i minst 6 timmar.

Under projektets gång har löpande nya risker identifierats och inkluderats i hanteringen. De identifierade riskerna presenteras nedan och har delats upp i interna och externa olycksrisker. Interna olycksrisker är de risker från järnvägsanläggningen som får konsekvenser inom själva järnvägsanläggningen och/eller på omgivningen. Externa olycksrisker är de risker och yttre händelser som kan få konsekvenser på järnvägsanläggningen. Nedan presenteras de interna respektive externa olycksrisker som identifierats.

Interna olycksrisker

- Urspårning
- Brand i persontåg
- Brand i godståg
- Farligt gods-olyckor
- Personpåkörning
- Suicid

Externa olycksrisker

- Ras och skred
- Översvämningar
- Flygplansstörtning
- Extremväder (kyla, värme, vind)
- Blixtnedslag
- Bortfall av inkommande el (strömlös spårledning)
- Plankorsningar (kollision med värfordon)
- Jordbävningar
- Meteoritnedslag
- Antagonistiska hot (cyberattack, terrorattentat)

- Missiler (flygande föremål i hög hastighet, behöver inte vara vapen)
- Farligt gods-olyckor på närliggande infrastruktur
- Viltolycka
- Tsunami
- Olycka på omkringliggande riskobjekt
- Solstormar (elektromagnetiska fält)
- Luftföroreningar (löv på spåret)
- Lavin
- Vulkanutbrott
- Skogsbrand

B.1. Interna olycksrisker

B.1.1 Urspårningar

Urspårningar kan medföra att människor förolyckas antingen utomhus, i intilliggande byggnader, eller på spårnära broar som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor, byggnader, eller på spårnära broar är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar.

Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret (22).

Risken för mekanisk påverkan på omgivningen vid händelse av urspårning bedöms endast föreligga på de sträckor där spåren ligger i nivå med eller på högre höjd än omgivningen. På de sträckor där spåren går i tunnel bedöms risken för mekanisk påverkan på omgivningen vara försumbar.

Sammanstötningar

Sammanstötning mellan tåg kan uppstå mellan tåg på samma spår i form av upphinnandelyckor eller mellan tåg på olika spår till följd av urspårning.

Frontalkollisioner mellan mötande tåg på samma spår bedöms inte vara aktuella då planerad järnvägsanläggning omfattar två spår med ett spår i vardera riktning. Däremot kan en urspårning längs något av spåren leda till kollision med mötande tåg om det urspårade tåget hamnar inom det fria rummet för ett angränsande spår. Kollision mellan två tåg bedöms, precis som vid urspårning, medföra skador upp till ett avstånd av maximalt 30 meter från spåret.

Plankorsningar

Inga plankorsningar kommer att finnas för utbyggnadsalternativet. Plankorsningsolyckor är därmed inte aktuella för de kvantitativa bedömningarna avseende utbyggnadsalternativet.

B.1.2 Brand i person- eller godståg

Brand i person- eller godståg (ej farligt gods) kan medföra att personresande och personal skadas eller förolyckas. Dessa olyckor bedöms ej medföra konsekvenser för tredje man. I *PM Säkerhetsanalys tunnel* har dessa scenarier hanterats och analyserats kvantitativt. Brand i godståg med farligt gods kan påverka tredje man och detta scenario innefattas i riskgruppen "Farligt gods-olyckor" som beskrivs nedan.

B.1.3 Farligt gods-olyckor

Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (13) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Bilaga C redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid en olycka.

Baserat på konsekvensbeskrivningarna samt statistik över transporterade mängder (per transport), behandlas följande olycksscenarier avseende transporter med farligt gods vidare i analysen:

- Farligt gods-olycka med explosiva ämnen (klass 1).
- Farligt gods-olycka med gas (klass 2): Brandfarlig gas (klass 2.1) och giftig gas (klass 2.3).
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3).
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och/eller organiska peroxider (klass 5).

Övriga klasser transporteras endast i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser utöver olycksfordonets omedelbara närhet och behandlas därmed inte vidare i analysen.

B.2. Externa olycksrisker

Externa olycksrisker/yttre händelser omfattar scenarier med konsekvenser på järnvägsanläggningen men som sker oberoende av anläggningen och dess verksamhet.

Med hjälp av utvärderingskriterier har en kvalitativ analys av yttre händelser genomförts.

Externa olycksrisker har delats in i delats in i tre huvudkategorier som följer:

- luftburna
- markbundna
- vattenburna

Dessa tre kategorier delas sedan in beroende på ursprung i:

- naturligt orsakade, eller
- orsakade av människa

Relevansen av de identifierade yttre händelserna under respektive kategori definierat ovan värderas mot funktionerna som framgår ur Tabell 1.

Tabell 1. Funktioner som identifierade yttre händelsers relevans värderas mot.

Funktioner
Strukturpåverkan (tunnlar, stationer, spårområden etc)
Kraftförsörjning
Yttre brand
Översvämning
Påverkan på signalsystem
Annan typ av påverkan som medför att ingen kan befinna sig i järnvägsanläggningen (tex luftutsläpp)

I Tabell 2 nedan anges kriterier för värdering av huruvida de identifierade yttre händelserna kan medför en konsekvens som kan resultera i en allvarlig händelse. Ett eller flera kriterier kan vara giltigt för den värderade yttre händelsen. Om ett kriterium medför att händelsen inte längre är relevant (till exempel att händelsen inte kan medföra en allvarlig händelse) så görs ingen vidare analys av händelsen, även om det är fler kriterier som också är uppfyllda.

Tabell 2. Utvärderingskriterier för värdering av yttre händelser.

Utvärderingskriterier
U1. Styrka. Påverkan på järnvägsanläggningen är likvärdig eller mindre än en händelse/olyckstyp som analyseras.
U2. Frekvens. Påverkan på järnvägsanläggningen är likvärdig eller mindre än en händelse/olyckstyp som analyseras. Frekvensen är dock lägre. Alternativt frekvensen för händelsen är så låg att den betraktas som restrisk och beaktas inte.
U3. Avstånd. Händelsen uppstår som närmast på ett sådant avstånd att den saknar betydelse på järnvägsanläggningen

Utvärderingskriterier
U4. Tid finns för att vidta åtgärder. Händelsen utvecklas så långsamt att det finns möjlighet att förbereda åtgärder för att mildra konsekvensen.
U5. Inte relevant för järnvägsanläggningen. Konsekvensen från händelsen saknar betydelse för järnvägsanläggningen.
U6. Inkluderas i annan händelse. Händelsen ingår som del i en annan definierad händelse. Den finns därmed beaktad i analysen.

I Tabell 3 till och med Tabell 8 nedan presenteras de olika identifierade yttre händelserna med värdering av relevans.

Tabell 3. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som ***händelse med naturlig orsak, påverkan via luft***, med värdering av relevans.

Yttre händelse	Relevans	Kommentar
Vind	Hanteras i projekteringen.	Vindstyrkan varierar med återkomstfrekvens. Exempel på vindstyrkor med låg återkomstfrekvens är tromb inkl. eventuella missiler ¹ .
Extrema temperaturer (hög, låg)	Hanteras i projekteringen.	Extrem temperatur varierar med återkomstfrekvensen.
Luftfuktighet	Hanteras i projekteringen, U5	Exempelvis dimma, torrt. Signalsystemet medför att detta saknar påverkan på anläggningen.
Nederbörd	Hanteras i projekteringen/ U4	Nederbörds mängden varierar med återkomstfrekvens. Typ av nederbörd varierar med temperaturen d.v.s. händelsen omfattar nederbörd i form av regn, snö, isstorm, hagel. Hanteras i projekteringen ner till återkomstfrekvenser på 10 ⁻² . I vissa fall krävs beredskap och insatser.
Elektromagnetiska (blix, solstorm)	Hanteras i projekteringen	Hantering i projektering för att minimera påverkan. Det kan dock inte uteslutas att den kan medföra konsekvensen "allvarlig försening". Solstorm har låg frekvens och beaktas inte.
Lufttryck	Hanteras i projekteringen	I tunneln kan lufttrycket potentiellt medföra konsekvenser i samband med passerande transport. Detta hanteras i projekteringen.
Luftföroreningar	U4	Exempelvis löv som kan skapa trafikstörningar till följd av blöta löv på spåren. Ställer krav på beredskap och insatser.
Meteorit	U2	Har låg frekvens och beaktas inte.

¹ Missiler används ofta för att beskriva luftburna objekt/föremål med hög hastighet.

Tabell 4. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som ***händelse orsakade av människa, påverkan via luft***, med kommentar på hur de har hanterats i denna underlagsrapport.

Yttre händelse	Relevans	Kommentar
Explosion	U1	En inventering har genomförts av närområdet med avseende på risken för explosion. Hanteras i definierade olyckstyper.
Utsläpp	U4	Avser alla typer av luftburet utsläpp. Exempelvis toxiskt, biologiskt, korrosivt etc. Ställer krav på beredskap och insatser.
Elektromagnetisk	U5	Exempelvis starka magnetfält. Inga sådana har identifierats i genomförd inventering.
Flygplans-/satellitstörning	U2	Förutsättning vid val av sträcka för järnvägsanläggningen. Frekvensen för satellitstörning är låg.
Cyber-attack	U5	Skulle potentiellt kunna påverka tex. kraftmatning och signalsystem. Inget tillkommande bidrag för denna anläggning utan samma som generellt i Sverige.

Tabell 5. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som ***markbundna händelser med naturlig orsak*** med kommentar på hur de har hanterats i denna underlagsrapport.

Identifierat scenario	Relevans	Kommentar
Markrörelse (jordbävning)	U1	Amplituden för jordbävning vid återkomsttider som järnvägsanläggningen dimensioneras för (järnvägens drifttid) är inte dimensionerande för järnvägsanläggningen.
Långsam markrörelse (landhöjning, tjäle)	Hanteras i projekteringen	Hanteras i den övriga projekteringen.
Lösgående djur	Hanteras i projekteringen	Förebyggande åtgärder såsom stängsel.
Markorsakade (skred, ras, lavin, vulkanutbrott)	Hanteras i projekteringen	Kontinuerlig riskuppföljning görs i projektet kring denna typ av risker.
Yttre brand	U1	Yttre brand täcks in av analyserad brand i järnvägsanläggningen.

Tabell 6. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som ***markbundna händelser orsakade av människa*** med kommentar på hur de har hanterats i denna underlagsrapport.

Identifierat scenario	Relevans	Kommentar
Explosion (farligt gods-olycka, sprängningsarbeten, trafikolycka)	Hanteras i projekteringen	Hanteras via definierad olyckstyp.

Identifierat scenario	Relevans	Kommentar
Missiler (farligt gods-olycka, trafikolycka, militäraktivitet, anläggningsplatser i närområdet)	Hanteras i projekteringen	Missiler i samband med farligt gods-olycka samt trafikolycka ingår som olyckstyp. Militäraktivitet har låg frekvens. Inventering av anläggningsplatser i närområdet vilken skulle kunna generera missil har genomförts och konsekvenslindrande åtgärder införts.
Tunga lyft	Hanteras i projekteringen	Tunga lyft får ske maximalt ca 5 m från strömförande ledning. I samband med tunga lyft stängs trafiken planerat av. Ställer krav på planering.
Yttre brand	U1	Yttre brand täcks in av analyserad brand i järnvägsanläggningen.
Undermarksarbeten (nybyggnation, ombyggnation infrastruktur)	Hanteras i projekteringen	Säkerhetsavstånd kring järnvägsanläggningen är definierad. Ställer krav på planering.
Markarbeten (schaktning, spontning)	Hanteras i projekteringen	Hanteras i den övriga projekteringen.

Tabell 7. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som **vattenburna händelser naturligt orsakade** med kommentar på hur de har hanterats i denna underlagsrapport.

Yttre händelse	Relevans	Kommentar
Vattenhastighet	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.
Vattennivå (inkl. dammbrott, tsunami)	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.
Grundvattennivå	Hanteras i projekteringen	Hanteras i den övriga projekteringen.
Vattentemperatur	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.
Isbildning (isbarriärer)	U4	Hanteras via beredskap och insatser.
Vattenkvalitet (organiskt material, korrosion)	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.

Tabell 8. Identifierade yttre/externa händelser som klassificeras som **vattenburna händelser orsakade av människa** med kommentar på hur de har hanterats i denna underlagsrapport.

Yttre händelse	Relevans	Kommentar
Utsläpp i vatten (kemiskt)	U2	Analyser är genomförda med avseende på händelsen urspårning som kan leda till ett utsläpp av farligt gods.

Yttre händelse	Relevans	Kommentar
Vattenledningar/Vattendrag som kan vattenfylla tunneln	Hanteras i projekteringen.	Åtgärder erfordras. Dessa definieras under projekteringen
Antagonistiskt hot (påverkan på vatten)	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.
Fartygsutsläpp	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.
Direktpåverkan från fartygskollision	U5	Ej relevant för den aktuella järnvägsanläggningen.

Utöver ovanstående finns det en tillkommande händelse vilket vanligen behandlas separat; bortfall av nät d.v.s. elavbrott. Elavbrott kan orsakas av ett större antal riskkällor med olika ursprung. De kan ha sitt ursprung också på mycket långt avstånd med komplex händelsesekvens (jämför exempelvis de stora avbrotten 1983 med överhettning i ställverk i Hamra som påverkade hela södra Sverige liksom avbrottet 2003 vilket orsakades av snabbstopp på Oskarshamn 3 i kombination med efterföljande överlastning då produktionsbortfallet komparerades via vattenkraftsproduktion i norr och import från Norge och Finland). För elavbrott har händelsen utifrån personskada och allvarlig materiell skada hanterats. Dock går det inte att bortse från att händelsen i sig kan medföra en allvarlig försening.

I vissa fall kan den yttre händelsen ge upphov till en följdhändelse som i sin tur kan ge upphov till ytterligare en följdhändelse osv. Detta benämns som en s.k. dominoeffekt. Ett tydligt återkommande exempel på en dominoeffekt är Fukushimakatastrofen, där den inledande händelsen var en jordbävning i havet vilket orsakade en följdhändelse i form av tsunami. Ett av motiven till användande av de definierade olyckstyperna är att fånga upp även dominoeffekter som i vissa fall kan vara svåra att identifiera. Ett exempel på sådant område där dominoeffekter är vanligt förekommande är vid bortfall av kraftmatning. Här används den yttre händelsen "bortfall av kraftmatning" som ett samlingsbegrepp för samtliga riskkällor inklusive dominoeffekter som påverkar funktionen "kraftmatning".

Ur bedömningen framgår att vissa av de yttre händelserna kräver beredskap och insatser för att förhindra allvarlig händelse i form av allvarlig försening. Detta gäller exempelvis händelser såsom kraftig nederbörd/isbildning samt bortfall av el.

Åtgärder vidtas i samband med projekteringen för att minimera konsekvenser av blixtnedslag. Det kan dock inte uteslutas att blixtnedslag i exempelvis ställverk kan medföra kraftiga trafikstörningar på sträckan.

Bilaga C. Frekvensberäkningar för järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (14). Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

C.1. Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km i samtliga grundberäkningar.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) har i beräkningarna varit 43 tåg för nollalternativet, 56 tåg för utbyggnadsalternativet, och 196 tåg för västra stambanan.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år) har i beräkningarna varit 216 229 vagnar för nollalternativet, 301 697 vagnar för utbyggnadsalternativet, och 676 078 vagnar för västra stambanan.
- Antal vagnaxlar per vagn har i samtliga beräkningar antagits till 3 st (15).
- Antal växlar på den studerade sträckan har i beräkningarna varit 1 i samtliga grundberäkningar.
- Antal plankorsningar för nollalternativet har varit 1 i beräkningarna, medan för både utbyggnadsalternativet och västra stambanan har inga plankorsningar beaktats i beräkningarna.

C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 9 (14).

Tabell 9. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

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

C.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant (14) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

C.1.3 Plankorsningsolyckor

I nuläget finns en plankorsning med ett kryssmärke. I beräkningarna har denna antagits vara kvar för nollalternativet. För både utbyggnadsalternativet samt västra stambanan finns inga plankorsningar.

C.1.4 Växling och rangering

Inget växlingsarbete eller rangering är aktuellt för varken nollalternativet eller utbyggnadsalternativet.

C.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

$$\text{Urspårningsfrekvens (per år)} \cdot \frac{\text{Godståg (st)}}{\text{Totalt antal tåg (st)}} = \text{Frekvens, godstågsolycka (per år)}$$

C.1.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar, nollalternativet

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. (14) I Tabell 10 till och med Tabell 12 redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar enligt:

- 33 % persontåg och 67 % godståg för nollalternativet,
- 25 % persontåg och 75 % godståg för utbyggnadsalternativet, och
- 66 % persontåg och 34 % godståg för västra stambanan.

Tabell 10. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar för nollalternativet.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	72,67%	19,19%	4,44%	2,21%	1,48%

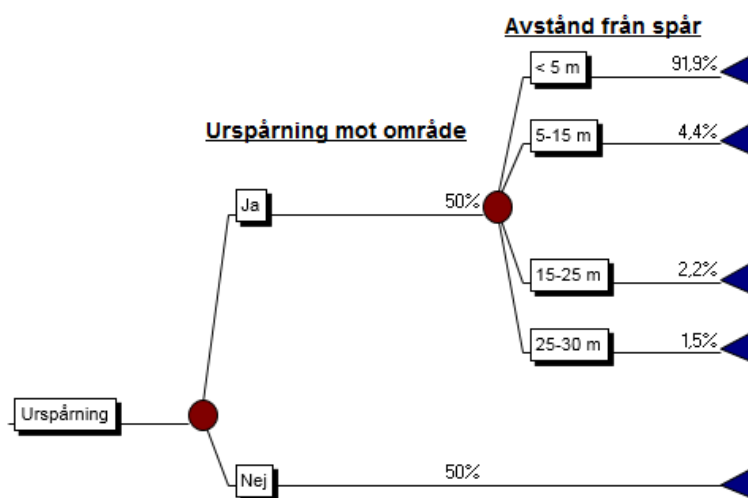
Tabell 11. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar för utbyggnadsalternativet.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	72,13%	19,33%	4,68%	2,21%	1,65%

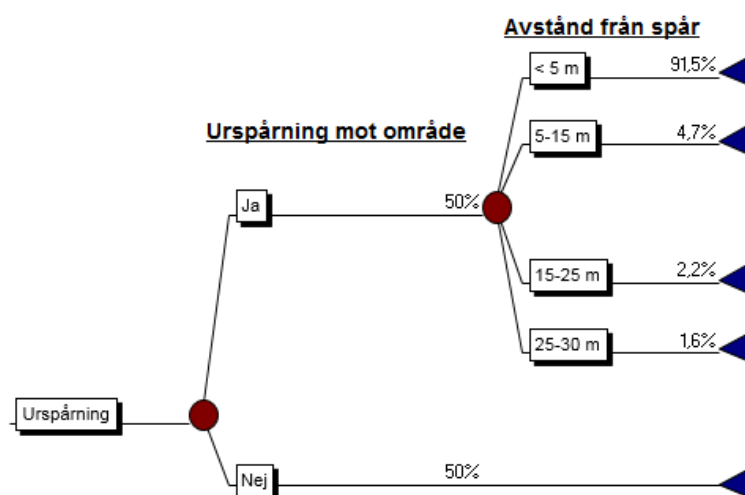
Tabell 12. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar för nollalternativet.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	75,07%	18,59%	3,36%	2,23%	0,75%

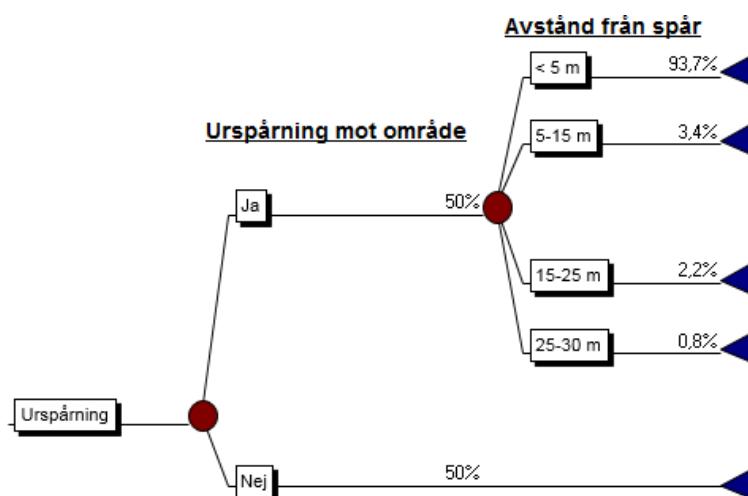
Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten (16). Enligt Tabell 10 till och med Tabell 12 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 7 till och med Figur 11.



Figur 7. Händelseträd med sannolikheter för urspåringar för nollalternativet.



Figur 8. Händelseträd med sannolikheter för urspåringar för utbyggnadsalternativet.



Figur 9. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar för västra stambanan.

C.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (13) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 13 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 13. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

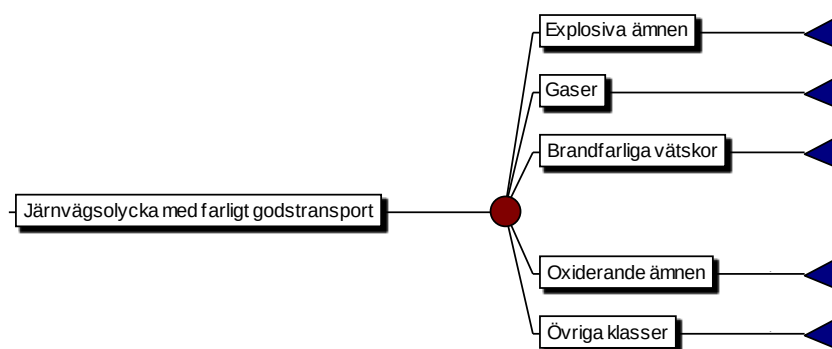
RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (13). Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton används som maximal transportmängd på järnväg.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m (17).
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (18). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass

2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Underlaget angående transporter av farligt gods som har använts i beräkningarna har erhållits av Trafikverket och utgör konfidentiell information (19). Detta medför att informationen inte kommer redovisas i tabellform eller liknande, men har likväl använts som underlag i de genomförda beräkningarna.

I händelseträdet, se Figur 10, illustreras det inledande händelseträdet för olycka med farligt gods vid transporter av de aktuella farligt gods-klasserna.



Figur 10. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

C.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

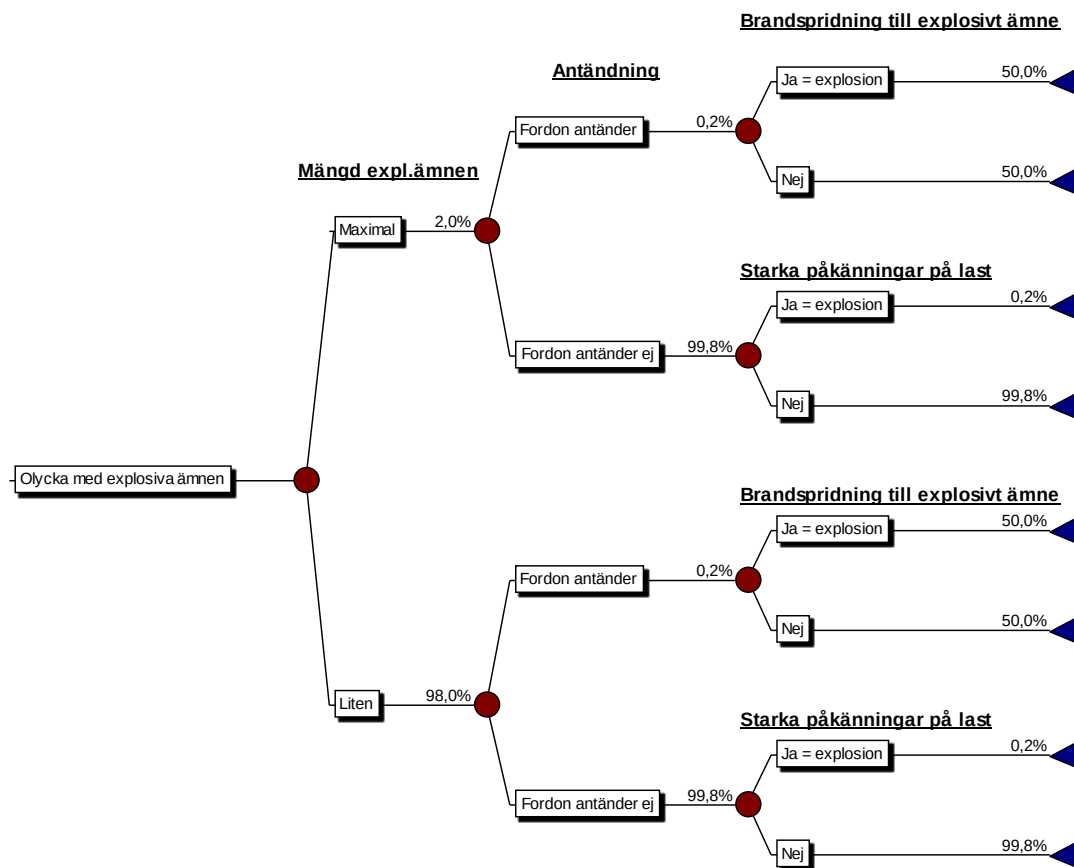
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods (20). Denna siffra gäller för Sverige i helhet, och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade det endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne (21).

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka (22) (23). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (15).

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (24). Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO (25) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 11 redovisas möjliga scenarier.



Figur 11 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 (26), antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen (14). Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

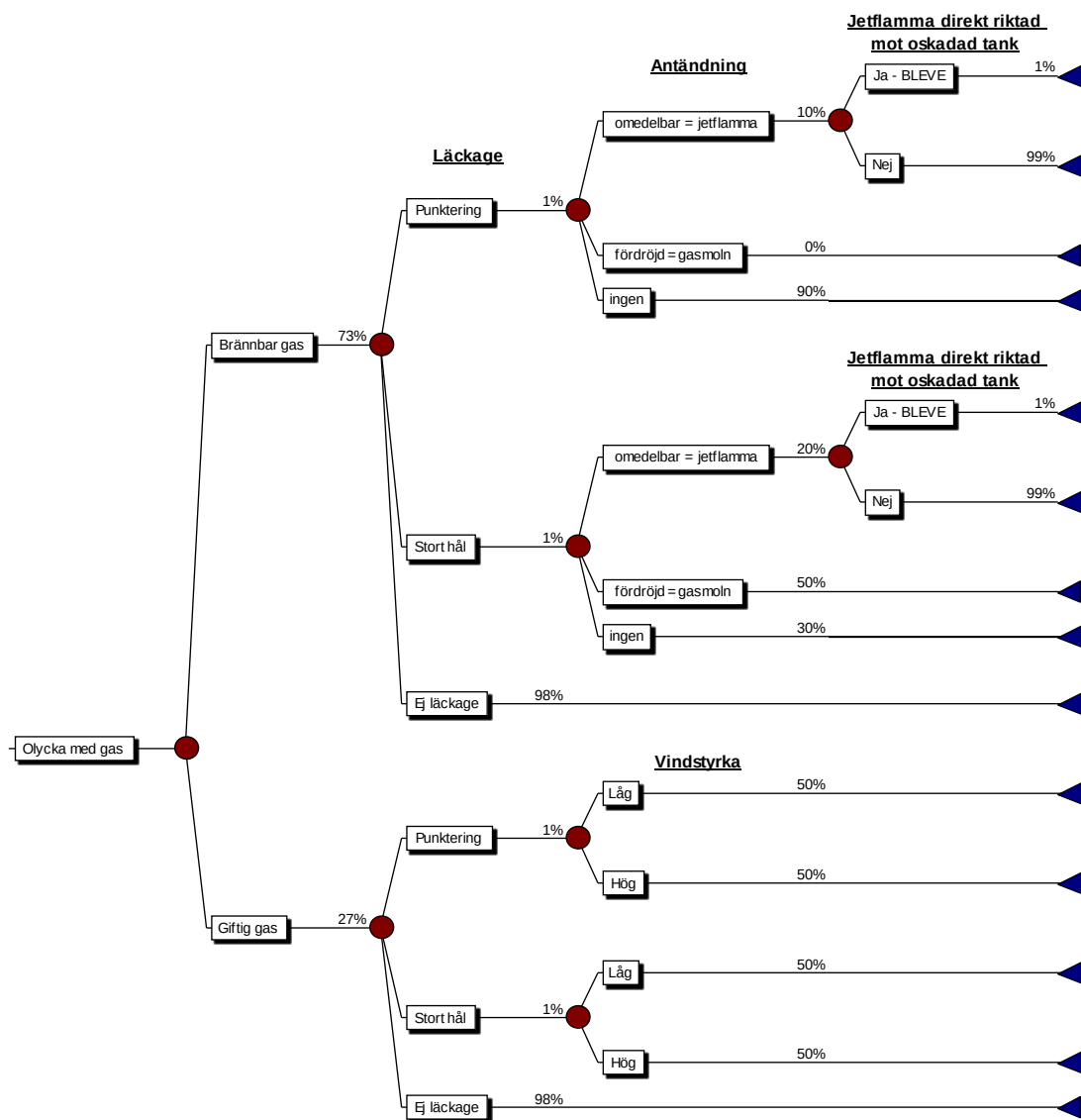
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln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

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (27) för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0 %
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % (27). En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 12 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

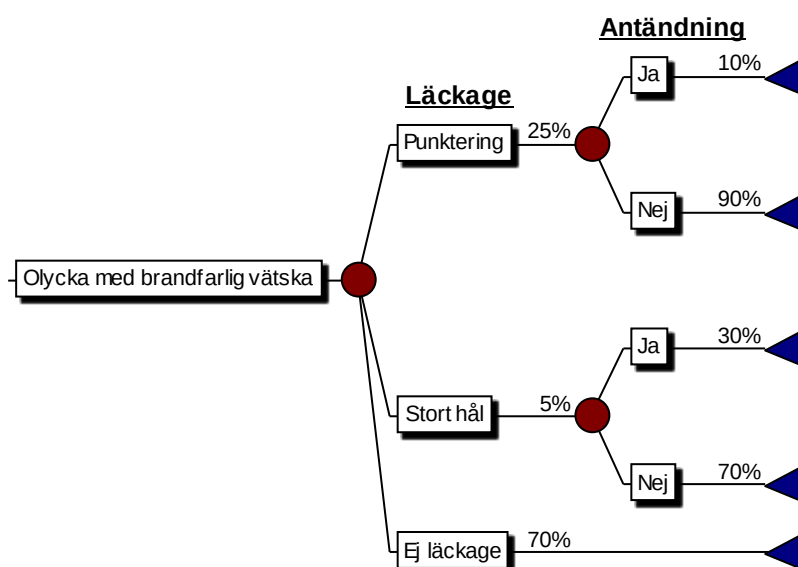


Figur 12. Händelsesträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

C.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % (14). I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % (14). I Figur 13 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 13. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

C.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

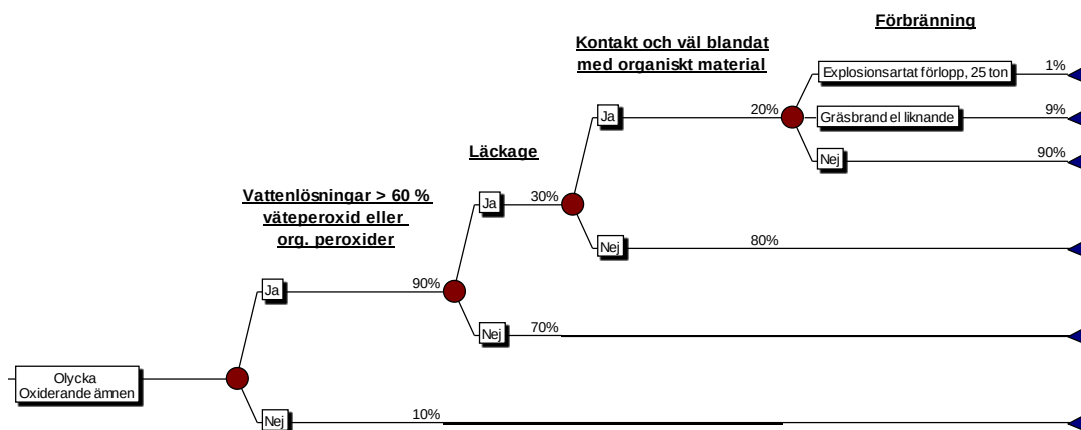
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensen, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända.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

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

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

Transportstatistik (20) anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt C.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % (15). Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 14 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 14. Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

C.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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

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

Bilaga D. Frekvensberäkningar för väg

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods på väg som utgjort grund för genomförda bedömningar och beräkningar. I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

D.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport (28) presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och-transportforskningsinstitutets rapport (18) och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I beräkningarna har det andra av dessa alternativ används. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 14. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2050.

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{A}TD_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$
$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left(\frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Tabell 14. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt Farligt gods – riskbedömning vid transport.

Indataparameter	Riksväg 50	Riksväg 50 södra
ÅDT _{total}	15 384 stycken	11 821 stycken
ÅDT _{FG}	89 stycken	71 stycken
Hastighetsgräns	100 km/h	100 km/h
Olyckskvot (OK)	0,28	0,28
Andel Singelolyckor (SiO)	0,5	0,5
Index	0,34	0,34
Frekvens FG-olycka	$1,35 \cdot 10^{-2}$ per år	$1,08 \cdot 10^{-2}$ per år

D.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (13) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 15 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 15. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (13).	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m (17).
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (18). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009-2015. I Tabell 16 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFI mellan åren 2009-2015 för hela landet (29). Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 16. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

	Riksväg 50	Riksväg 50 södra
ÅDT _{FG}	89 stycken	71 stycken
ADR-S klass 1	0,72 %	0,72 %
ADR-S klass 2.1	6,74 %	6,74 %
ADR-S klass 2.3	0,04 %	0,04 %
ADR-S klass 3	46,95 %	46,95 %
ADR-S klass 5	2,41 %	2,41 %
ADR-S övriga	43,14 %	43,14 %

D.3. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

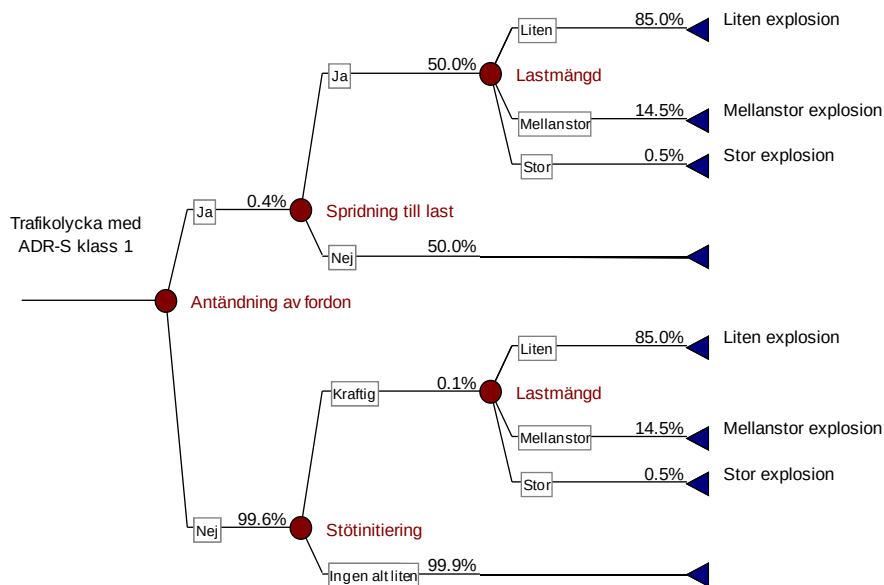
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (13). Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

D.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (30) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

D.3.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 15 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

D.3.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (31). Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % (22) (23).

D.3.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlrar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats (32), med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan (33), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

D.3.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (24). Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade

godset. HMSO (25) anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

D.3.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen (34) (35).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (36) anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor (37). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens (38) tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 17, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 17. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

D.4. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) (13). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

D.4.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga². Brandfarliga gaser är ofta luktfria (39). Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val (33).

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

D.4.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (40). Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 (28).

D.4.1.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i (28) utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % (28).

D.4.1.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % (41), varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

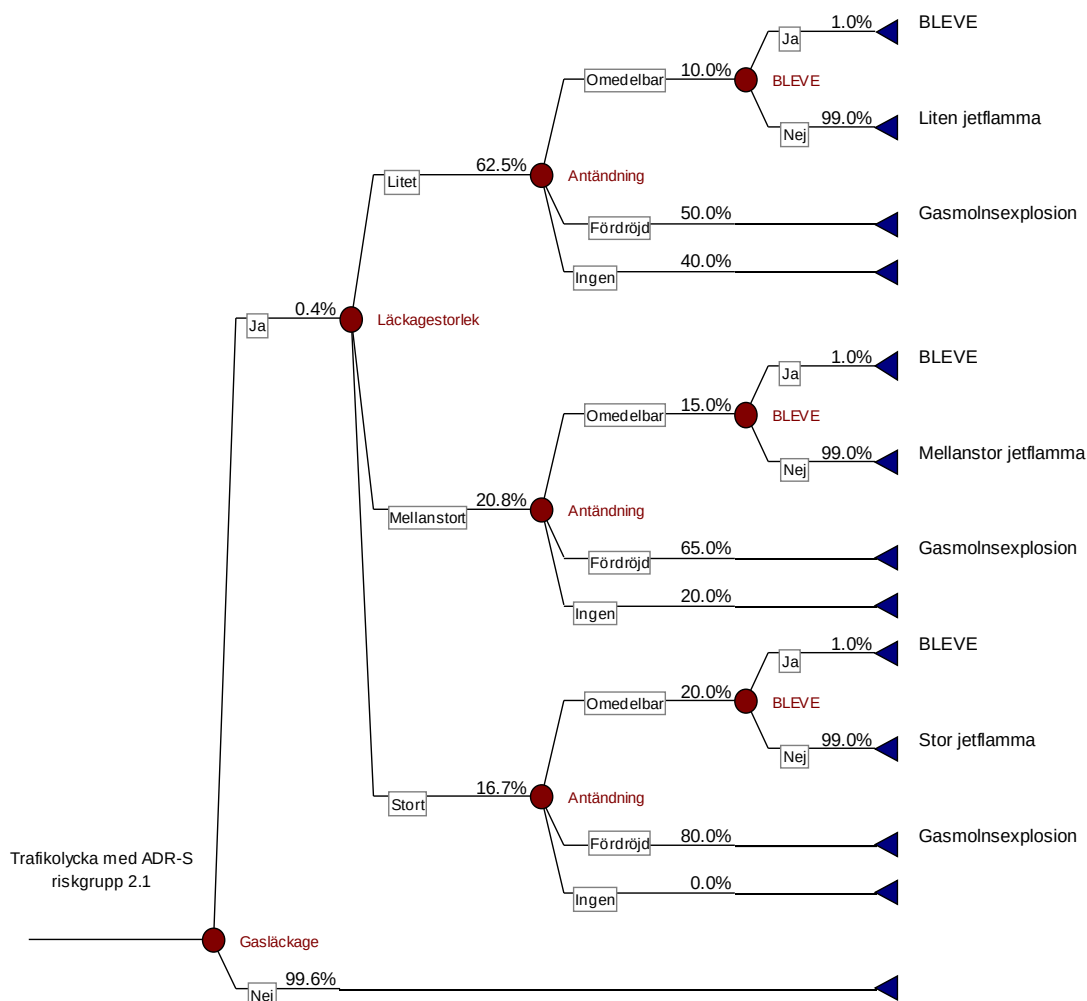
² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

D.4.1.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

D.4.2 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 16 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas.



Figur 16. Händelsesträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

D.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

D.4.3.1. Representativt ämne

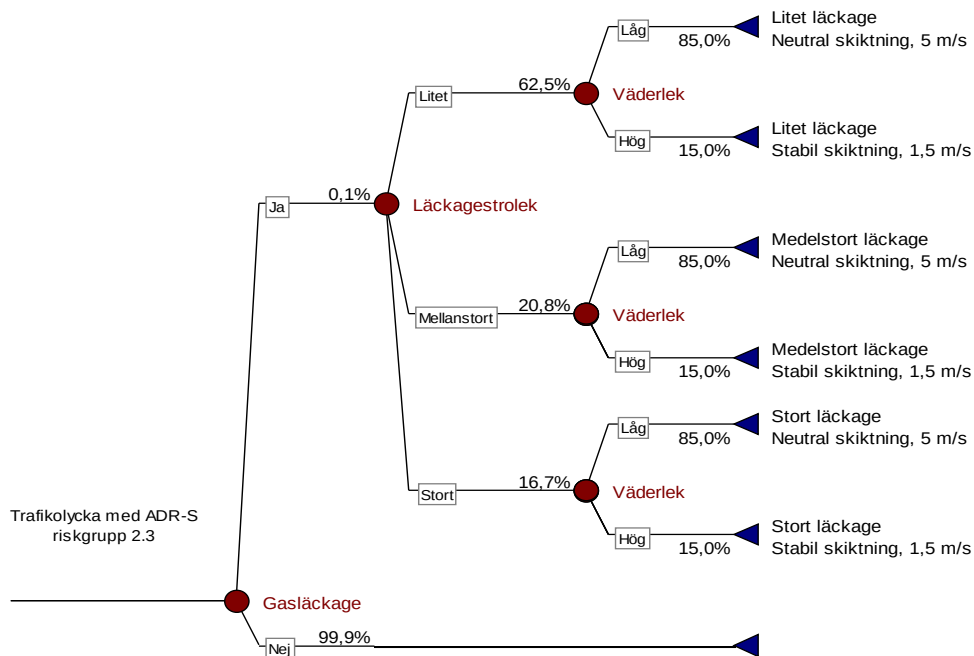
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

D.4.3.2. Toxikologiska gränsvärden

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC_{50} som dimensionerande gränsvärde. LC_{50} är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

D.4.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas.



Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

D.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (28). Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet (40). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 (28).

D.4.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % (28).

D.4.4.3. Väderlek

Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varieras gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket

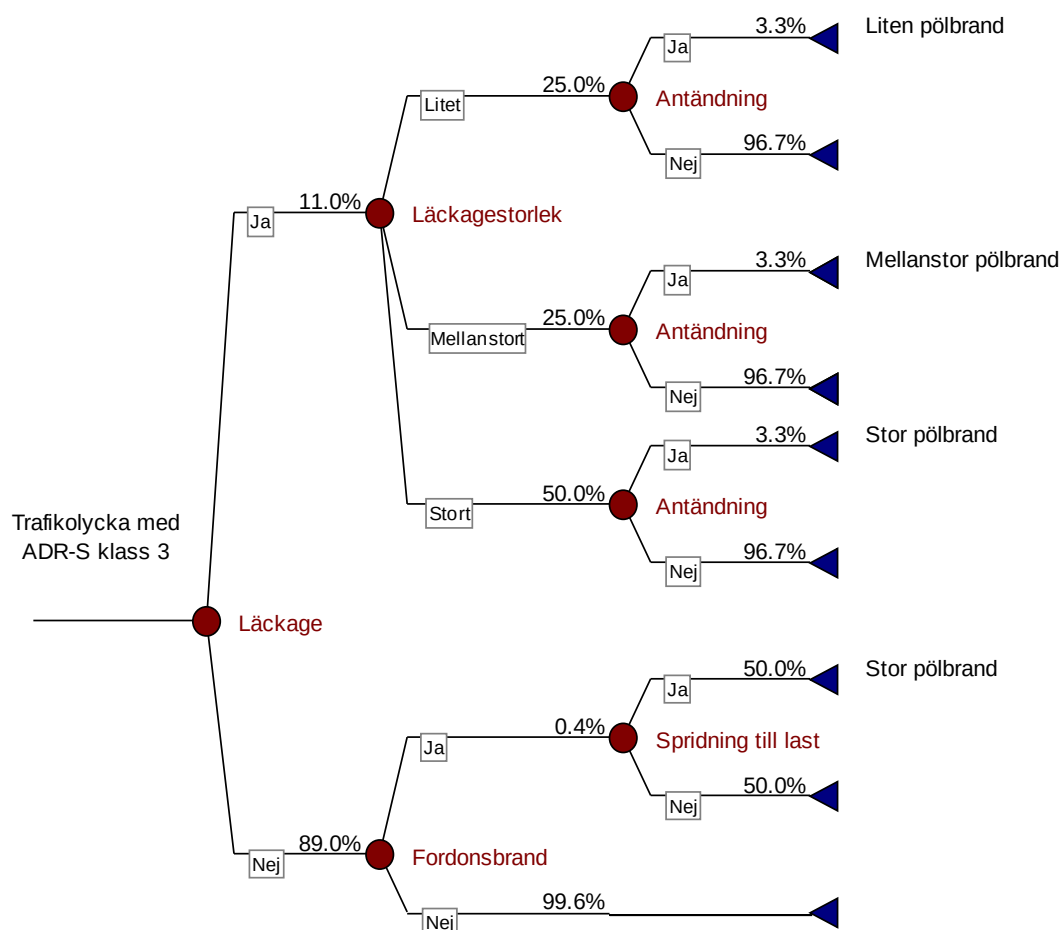
förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

D.5. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

D.5.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 18 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska.



Figur 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

D.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 14.

D.5.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset (42) (43). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (28). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

D.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (44). Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % (25).

D.5.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt D.3.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

D.6. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

D.6.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera (13).

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckupbyggnad, eller om det blandas med organiskt material (45). Baserat på uppgifter från Yara i Köping (46) och FOI (47) kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper (48).

D.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

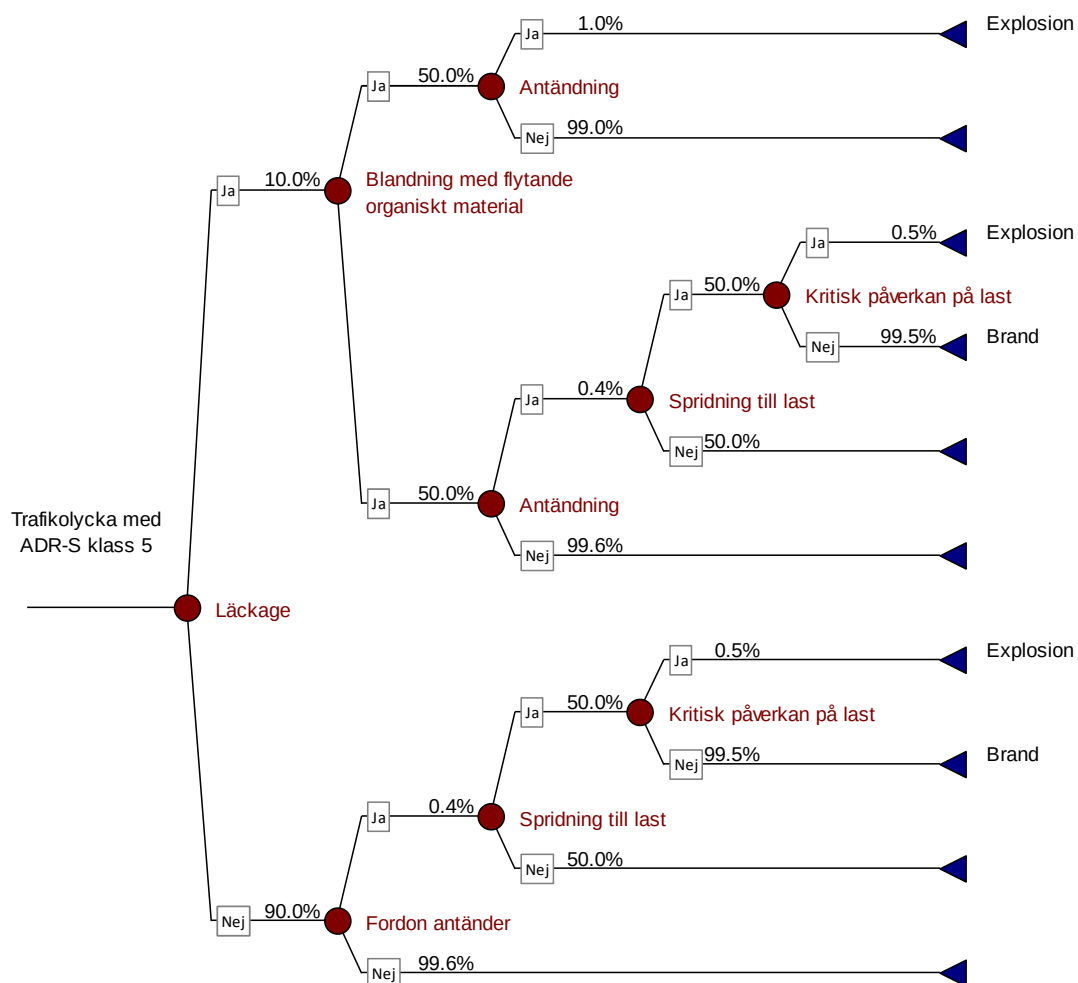
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne (39). I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

D.6.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter (49), bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

D.6.2.2. Händelseträdd med sannolikheter

Figur 19 redovisar ett händelseträdd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka.



Figur 19. Händelseträdd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

D.6.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton (50). Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

D.6.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitraten blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till följd av begränsat statistiskt

underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

D.6.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

D.6.2.6. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt D.3.2) är denna cirka 0,4 %.

D.6.2.7. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

D.6.2.8. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C (46). Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett själv-underhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas (45). Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

D.7. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga E).

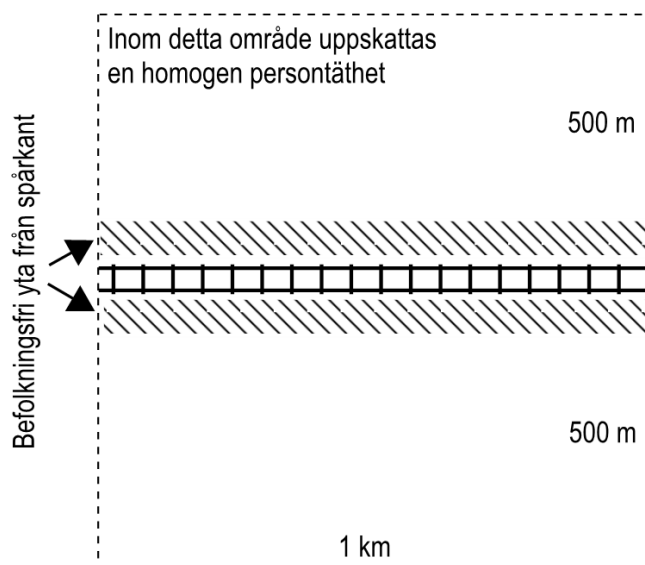
Bilaga E. Konsekvensberäkningar, järnväg

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

E.1. Persontäthet och skyddsfaktor vid inomhusvistelse

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 20.



Figur 20. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast spår. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till järnväg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna.

För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmåttet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

E.2. Mekanisk skada vid 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.

E.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

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

E.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) (51).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa (52). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då cirka 120 meter för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter (15).

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg (15) anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

E.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

Brännbar gas, RID-S-klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton (53).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (54). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* (55), dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m² (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

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

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

I Tabell 18 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas

ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 18. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

Giftig gas, RID-S-klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* (56) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^3) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (56). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (56).

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 19.

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

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

³ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Tabell 19. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Källstyrka	Vindstyrka	Konsekvensavstånd
Punktering	0,45 kg/s	3 m/s	38 m
		8 m/s	34 m
Stort hål	112 kg/s	3 m/s	755 m
		8 m/s	880 m

E.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (54).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (57).

I Tabell 20 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 20. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

E.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till

förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor (15), se vidare avsnitt C.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt C.3.3.

Tabell 21. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

E.4. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

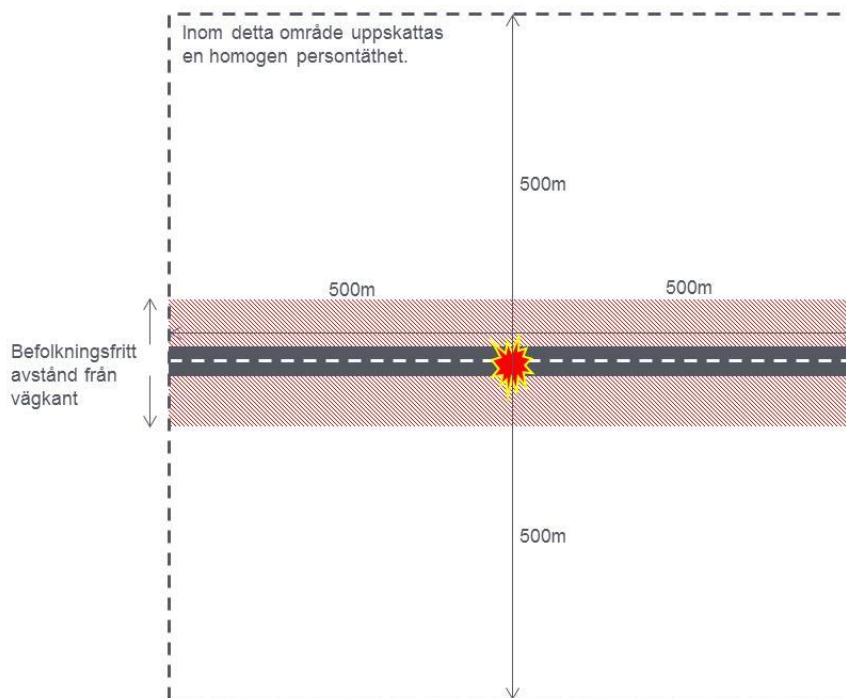
För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt C.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt E.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt E.1. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

Bilaga F. Konsekvensberäkningar, väg

I denna bilaga beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

F.1. Persontäthet

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 21.



Figur 21. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna.

För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmåttet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

F.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

Om det finns en mittbarriär eller avståndet mellan två körriktningar är stort används ett differentierat konsekvensavstånd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en,

där det ena körfältets konsekvensavstånd korrigerats för att gälla för det ökade avståndet från vägkanten.

F.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

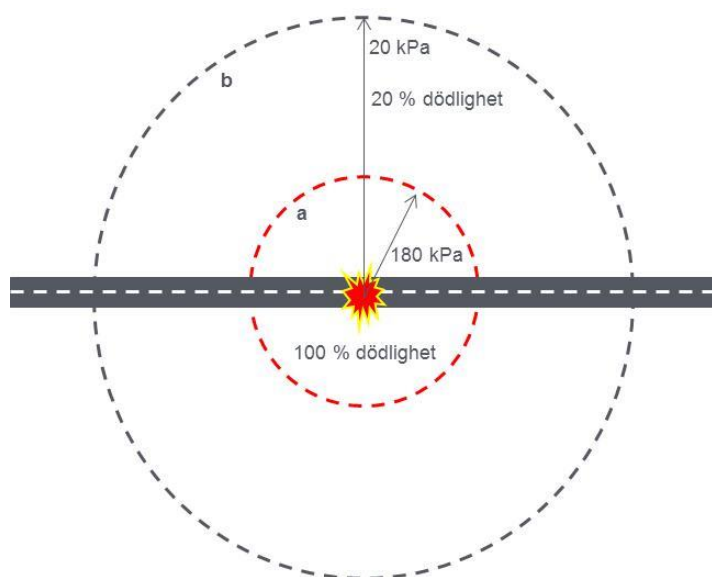
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) (58).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa (59). Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 22.



Figur 22. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (60) har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i

Tabell 22. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 22. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter

F.4. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

F.5. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* (61) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (28) för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 23. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, $\varnothing$	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm ²
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm ²

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

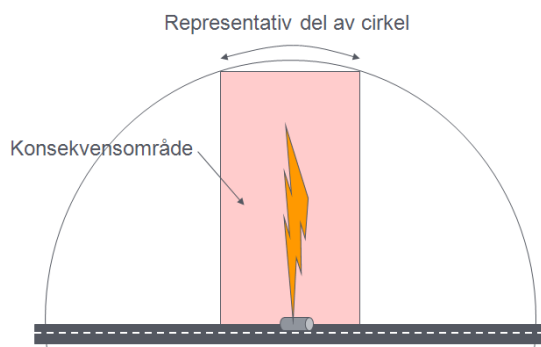
F.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (59). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

F.7. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (59), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (62) används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 23.



Figur 23. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

F.8. Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft (61) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 23.

F.9. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

- BLEVE 170 meter
- Liten jetflamma 5 meter
- Medelstor jetflamma 17 meter
- Stor jetflamma 73 meter
- Gasmolnexplosion 42 meter

F.10. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenarierna enligt Tabell 24. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga D och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 24. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC _{50@30 min}	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

F.11. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (33) (63).

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar (33). I Tabell 25 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 25. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m ² från pölkant
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	23 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

F.12. ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

F.12.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl (48). Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

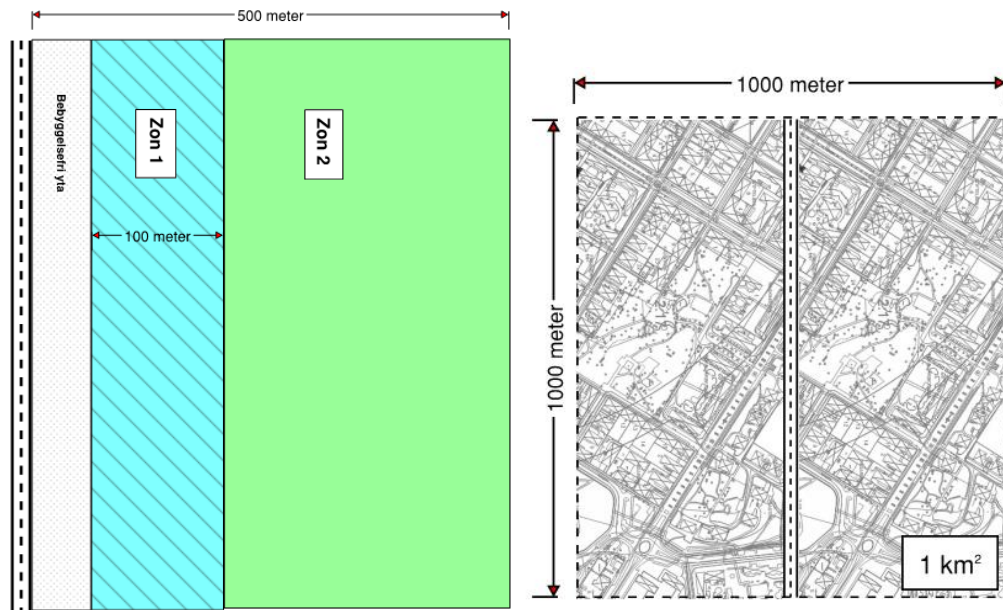
F.12.2 Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

Bilaga G. Skyddseffekter

I denna bilaga beskrivs de skyddseffekter som antagits för olika befintliga omständigheter och riskreducerande åtgärder vid olika scenarier. Skyddseffekter har enbart ingått i samhällsriskberäkningarna.

I Figur 24 syns den zonindelning som används vid beräkningarna av samhällsrisken kring respektive transportled.



Figur 24. (T.v.) Illustration av zonindelning vid beräkning av samhällsrisken. (T.h.) Beräkning av samhällsrisk för ett 1 km² stort område med transportleden placerad i mitten.

Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningar så som CPR 18E (64). I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Urspårningar:

Mekanisk påverkan på omgivande bebyggelse från urspårade tåg antas kunna medföra fortskridande ras av byggnader. Kollaps av moderna byggnader till följd av jordbävningar uppskattas kunna medföra ett skadeutfall på 20-50 % omkomna och 50-80 % skadade (65). I samhällsriskberäkningarna antas 50 % av individerna som befinner sig inomhus inom urspårningens konsekvensområde förolyckas till följd av fortskridande ras.

Explosioner:

Tryckvågor från större explosionslaster kan medföra omfattande skador på byggnader belägna långt ifrån olyckans centrum. Inom Zon 1 antas ingen skyddsfaktor vid inomhusvistelse om explosionslasten är större än 150 kg. Om explosionslasten understiger 150 kg antas en 50 %-ig skyddsgrad vid inomhusvistelse inom Zon 1. Byggnader inom Zon 2 kommer delvis vara skyddade från tryckpåverkan av framförvarande byggnader inom Zon 1. Skyddsgraden vid inomhusvistelse inom Zon 2 till följd av explosionslaster större än 150 kg antas uppgå till 50 %.

Pölbränder:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på utfallande strålning från pölbränder. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. På grund av detta används en 90 %-ig skyddsgrad vid inomhusvistelse med avseende olycksscenarioer som medför pölbrand.

Olycksscenarioer med brännbara gaser:

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på utfallande strålning från jetflammar. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. Gasmolnsexplosioner kan utöver strålningspåverkan även medföra tryckskador på omgivningen. Skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarioer med brännbara gaser antas i beräkningarna uppgå till 50 % inom Zon 1 och Zon 2.

Utsläpp av giftig gas:

I CPR 18E bedöms individer som befinner sig inomhus i princip vara helt skyddade (avseende risken att omkomma) vid ett utsläpp av giftig gas (66). För byggnader som ligger i direkt anslutning till transportleden och olycksplatsen bedöms dock föregående antagande vara alldeles för optimistiskt. Skyddsfaktorn vid inomhusvistelse inom Zon 1 avseende utsläpp av giftig gas antas i beräkningarna endast uppgå till 50 %. Skyddsfaktorn vid inomhusvistelse inom Zon 2 antas uppgå till 95 % med avseende på utsläpp av giftig gas.

Sammanfattning:

Nedan i Tabell 26 sammanfattas de ovan redovisade skyddsgaderna för respektive zon för de olika olycksscenarierna.

Tabell 26. Ansatta skyddsgader vid inomhusvistelse

Olycksscenario	Skyddsgrad vid inomhusvistelse Zon 1	Skyddsgrad vid inomhusvistelse Zon 2
Mekanisk påverkan från urspårning	50 %	-
Stora explosionslaster (>150 kg)	0 %	50 %
Mindre explosionslaster (<150 kg)	50 %	50 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflammar, gasmoln, BLEVE)	50 %	75 %
Utsläpp av giftig gas	50 %	95 %
Pölbränder	90 %	-

Bilaga H. Referenser

1. **International Electrotechnical Commission (IEC).** *International Standard 60300-3-9, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems.* Genève : u.n., 1995.
2. **International Organization for Standardization (ISO).** *Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards. Guide 73.* Genève : u.n., 2002.
3. **Mattsson, B.** Riskhantering vid skydd mot olyckor. *Problemlösning och beslutsfattande.* Karlstad : Räddningsverket, 2000.
4. **Nystedt, Fredrik.** Riskanalysmetoder. Lund : Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
5. **Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).** *Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om kommuners och landstings risk- och sårbarhetsanalyser.* 2015. MSBFS 2015:5.
6. —. *Vägledning för samhällsviktig verksamhet - Att identifiera samhällsviktig verksamhet och kritiska beroenden samt bedöma acceptabel avbrottstid.* u.o. : Avdelningen för risk- och sårbarhetsreducerande arbete, Enheten för skydd av samhällsviktig verksamhet, Publ.nr: MSB620 - januari 2014. ISBN: 978-91-7383-392-9.
7. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
8. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
9. **Länsstyrelsen Stockholm.** *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods.* 2016.
10. **Naturvårdsverket.** Skyddad natur. [Online] Naturvårdsverket. [Citat: den 14 05 2019.] <http://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>.
11. **Trafikverket.** *Yt- och grundvattenskydd.* u.o. : Trafikverket, 2014. 2013:135.
12. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
13. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
14. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
15. **Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.** *Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.* 1997.
16. **Banverket och Räddningsverket.** *Säkra järnvägstransporter av farligt gods.* 2004.
17. **Räddningsverket.** Förvaring av explosiva varor. Karlstad : u.n., 2006.

18. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4*. u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
19. **Nilsson, Anders.** Statistiker Trafikverket. *Statistik över farligt gods för Laxå - Hallsberg och Motala - Hallsberg 2013- juni 2015*. den 7 10 2015.
20. **Trafik analys - TRAFa.** *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24*. 2011.
21. **Pettersson, Jan.** Säkerhetsansvarig Green Cargo. *Muntligt*. 2012.
22. **SIKA.** *Vägtrafikskador*. u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
23. **VTI.** Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land*. u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
24. **Lamnevik, Stefan.** Explosivämneskunskap. u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
25. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
26. **MSB.** *Trafikflödet på järnväg – 2006*. . [<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/>] 2013-08-09.
27. **Purdy, Grant.** Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. *Journal of Hazardous materials*, 33. 1993.
28. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport*. u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
29. **TRAFa.** *Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport*. u.o. : Trafikanalys, 2015.
30. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.
31. **Ingasson, Haukur, o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar*. u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.
32. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels*. u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.
33. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92*. u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
34. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.
35. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
36. **MSB.** *Trafikflöde på väg [Elektronisk]*. Hämtad 2010-08-11.
<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/>. u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
37. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30*. 2007.
38. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet*. 2008.
39. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000*. u.o. : Räddningsverket, 2000.

40. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig*. u.o. : Statoil, 2010.
41. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy , G.** 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.
42. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef*. u.o. : Statoil, 2010.
43. **Gammelgåård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning*. u.o. : OKQ8, 2010.
44. **SPI.** Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. <https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
45. *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers.* **Marlair, G och Kordek, M-A.** 2005, Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.
46. **Karlsson, Lars-Håkan.** Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.
47. **Magnusson, Johan.** Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan*. u.o. : FOI, Tumba, 2008.
48. **Forsén, Rickard.** *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.
49. **VROM.** *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.
50. **Havai, Jan.** Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen*. u.o. : Yara AB, Köping, 2008.
51. **Stefan Lamnevik AB.** *Verkan av explosioner i det fria*. 2010.
52. **Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker.* Tumba : u.n., 1997.
53. **Svenska gasföreningen.** *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter*. 2004.
54. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4.* 1994.
55. **Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.** *Datorprogrammet Gasol*.
56. **RIB, Statens räddningsverk.** *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
57. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken, Rapport 3161.* Lund : u.n., 2012.
58. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** *Verkan av explosioner i det fria*. u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
59. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
60. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner*. u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
61. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.

62. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
63. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.
64. **Ministry of Transport and Water Management.** *CPR 18E: Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book'.* Haag : Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1999.
65. —. *CPR 14E: Methods for the calculation of physical effects.* Haag : Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1996.
66. **Advisory Council on Dangerous Substances .** *Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E.* u.o. : Ministry of Transport (NL), 2005.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

