



Kund: Eskilstuna kommun

Projekt: Riskanalys för detaljplan Odlarvallen 5, Odlarvallen 1:93 m.fl

Projektnummer: 783565

Riskanalys

Handläggare
Oscar Lindén
Telefon
010-505 84 94
Mobil
073-074 87 74
E-post
Oscar.linden@afry.com

Datum
04/05/2020
Projekt ID
783565

Kund
Eskilstuna kommun

Riskanalys för detaljplan Odlarvallen 5, Odlarvallen 1:93 m.fl

Uppdragsledare: Niclas Grahn
Handläggare: Oscar Lindén
Intern kvalitetsgranskning: Sohrab Nassiri

Risikanalys

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund och syfte	5
1.2	Avgränsningar	5
2	Metod	5
2.1	Programvara	6
2.2	Styrande lagstiftning och riktlinjer	6
2.3	Kvantitativa riskmått	7
2.3.1	Individrisk	7
2.3.2	Samhällsrisk	8
2.4	Risikvärdering	8
3	Skyddsvärda objekt	11
4	Beskrivning av planområde	11
4.1	Persontäthet	13
4.1.1	Nollalternativ	13
4.1.2	Utvecklingsalternativ	15
5	Riskobjekt	17
5.1	Svealandsbanan	17
5.1.1	Trafikuppgifter	19
5.1.2	Fördelning av farligt gods och transporterade mängder	19
5.1.3	Olycksscenario	22
5.1.4	Sammanfattning olycksscenario farligt gods	26
6	Risikanalys	26
6.1	Individrisk	27
6.2	Samhällsrisk	29
6.3	Worst-case scenario	30
6.4	Mest troliga scenario	30
7	Osäkerhet- och känslighetsanalys	31
7.1	Känslighetsanalys	31
7.2	Osäkerhetsanalys.....	32
8	Risikvärdering och riskreducerande åtgärder	34
9	Slutsatser.....	35
10	Referenser.....	36
	Beräkningsbilaga	

Riskanalys

Dokumenthistorik

Ver.	Status	Datum
A	Granskningshandling	2020-02-24
B	Slutversion	2020-05-04

Riskanalys

Sammanfattning

I Eskilstuna kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheterna Odlaren 1:93 m.fl. Dagens markanvändning inom fastigheten utgörs av skogsmark, men efter fastställelse kommer en mer sammanhängande bostadsbebyggelse att medges. Då planområdet är beläget invid Svealandsbanan, där farligt gods transporteras, genomförs en riskutredning kopplade till personrisker avseende transport av farligt gods.

Individriskberäkningar visar att planområdet ligger på tillräckligt långt avstånd från järnvägen för att individrisknivån med marginal är att betrakta som acceptabel. Samhällsriskberäkningarna visar att samhällsrisknivån hamnar helt inom acceptabla nivåer för både nollalternativet och utvecklingsalternativet. Detta betyder att inga säkerhetshöjande åtgärder eller planbestämmelser behöver vidtas ur endera individ- eller samhällsriskperspektiv.

Det beräknade värsta scenariot som kan inträffa är ett stort utsläpp av giftig gas, vilket kan medföra uppemot 26 omkomna för områdets utvecklingsalternativ. För nollalternativet är motsvarande antal 6 omkomna. Vid extraordinära tillfällen kan persontätheten utomhus vara underskattad, såsom vid högtider som spenderas utomhus eller liknande. Detta har inte inkluderats i analysen, istället har konservativa skattningar gjorts av den grundläggande persontätheten för att ta höjd för dessa osäkerheter.

Det mest troliga olycksscenario som kan inträffa längs aktuell sträcka av Svealandsbanan är en pölbrand till följd av utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. Avståndet till planerad bebyggelse är emellertid med god marginal för långt för att värmestrålning ska kunna medföra någon livshotande skada.

Genomförda beräkningar har konservativt inte tagit hänsyn till att Svealandsbanan går i skärning och har banvallar på ömse sidor om järnvägen längs med studerat planområde. Detta innebär att järnvägen går i ett lägre höjdläge än omgivande bebyggelse, vilket tillsammans med banvallarna är positivt ur risksynpunkt och kan reducera konsekvenser avseende exempelvis värmestrålning och tryckvågsverkan ytterligare. Även spridning av tunga gaser (giftiga såväl som brandfarliga) torde också minska, och/eller fördröjas.

Det närmast planerade bostadshuset ligger vidare ca 75 meter från Svealandsbanan, vilket också överensstämmer med Länsstyrelsen Södermanlands läns riktlinjer avseende rekommenderat skyddsavstånd för denna typ av markanvändning (enfamiljshus, vk 3A).

I och med avståndet till närmaste planerade bostadshus samt den skärning och banvallar som finns kopplat till Svealandsbanan, kan mekanisk påverkan i form av urspårade tåg på järnvägen helt försummas.

Sammantaget bedöms detaljplanen kunna genomföras utan några särskilda säkerhetshöjande åtgärder eller planbestämmelser avseende risker med avseende på transporter av farligt gods. Föreslagen markanvändning inom detaljplanen bedöms därmed som lämplig med hänsyn tagen till människors liv och hälsa.

Riskanalys

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Eskilstuna kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheterna Odlaren 1:93 m.fl. Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av skogsmark. Den nya detaljplanen kommer medge en mer sammanhängande bostadsbebyggelse med större enfamiljshus.

Fastigheterna är belägna invid Svealandsbanan, där farligt gods transporteras. Då föreslagen markanvändning inom planområdet ligger närmare järnvägen än vad Länsstyrelsen Södermanlands riktlinjer föreslår genomförs en riskutredning kopplade till transport av farligt gods. Syftet med denna riskutredning är därför att undersöka personrisker inom planområdet kopplat till farligt gods, och om det bedöms krävas föreslå åtgärder för att reducera riskerna. Detta för att slutligen bedöma om föreslagen markanvändning inom planområdet är lämpligt med hänsyn tagen till människors liv och hälsa.

1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planärendet för fastigheten Odlaren 1:93 m.fl.

Riskanalysen avgränsas till att beakta påverkan på människors hälsa från oavsiktliga olyckor med farligt godstransporter på Svealandsbanan. De kvantitativa beräkningarna omfattar tågagnar med farligt gods och som resulterar i olyckor med påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej. Med olyckor menas i denna rapport händelser som resulterar i en konsekvens där människors hälsa kan påverkas negativt, men där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där istället avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området (om inte dessa i sin tur kan innebära en personrisk).

2 Metod

Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

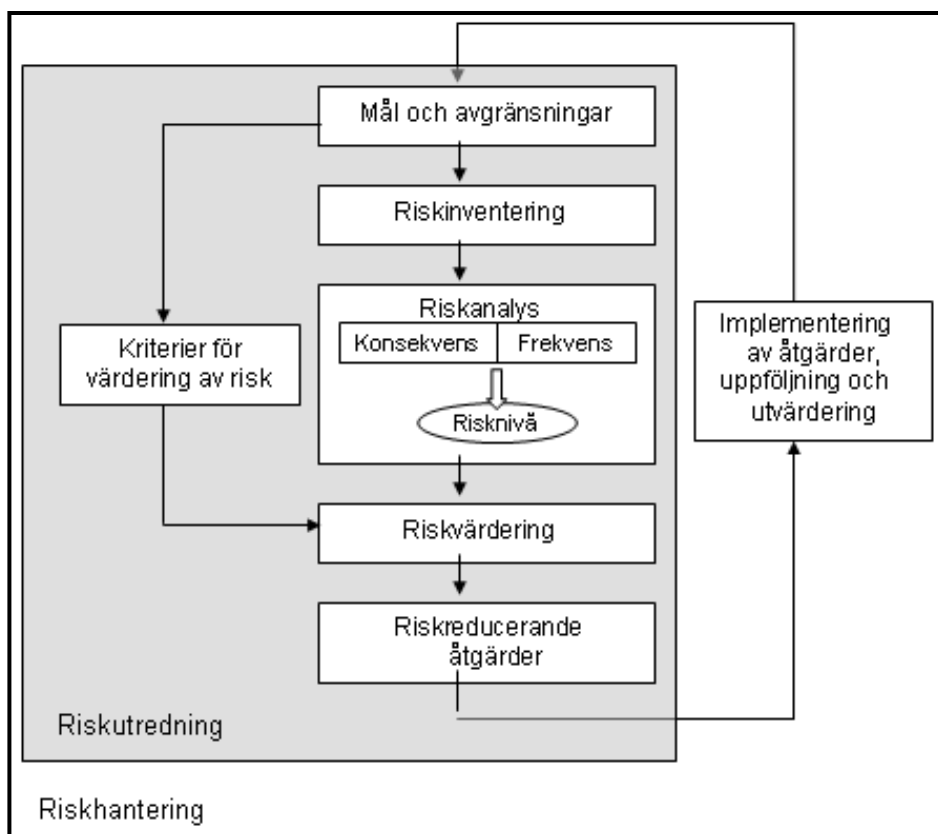
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenarioerna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen.

Riskanalys

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 2-1 nedan.



Figur 2-1. Riskhanteringsprocessen.

2.1 Programvara

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i Riskcurves använder vetenskapliga spridnings- och effektmodeller enligt 'Yellow Book' (TNO, 2005a) samt vägledande riktlinjer för kvantitativ riskanalys från 'Purple book' (TNO, 2005b).

2.2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras. Plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen framgår det

Risikanalys

att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I Miljöbalken anges att när val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

Det anges i lagtext inte i detalj hur risikanalys ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har därför riktlinjer, kriterier och rekommendationer givits ut av länsstyrelser och myndigheter gällande vilka typer av risikanalys som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika markanvändning som kan användas vid planering.

Länsstyrelsen Södermanland rekommenderar skyddsavstånd för olika markutnyttjande enligt Figur 2-2. Om planområdet ligger på kortare avstånd än de avståndsrekommendationer som redovisas från led för farligt gods skall risker kopplat till farligt gods tas hänsyn till i planarbetet.



Figur 2-2 Riktlinjer i aktuell utredning (Länsstyrelsen i Södermanland, 2015).

2.3 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering kan kvantitativ risikanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs ovan inte finns eller om sådana riktlinjer på något sätt frångås. En kvantitativ risikanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmått är individrisk och samhällsrisk. Riskmått skiljer sig på så sätt att individriskkriterier syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker. Samhällsrisk å andra sidan syftar till att säkerställa att ett område (allt ifrån ett bostadsområde till samhället i stort) som en helhet inte utsätts för oacceptabla risker.

2.3.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ som kontinuerligt befinner sig på en plats ska omkomma på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus (Räddningsverket, 1997). Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med

Riskanalys

rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individriska beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad \text{formel 1a, 1b}$$
$$IR_{x,y,i} = f_i * p_{f,i}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . $p_{f,i}$ är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summera individriska för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individriska för området presenteras.

2.3.2 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området, i form av persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsriska är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsriska beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} * p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{x,y}$ är antalet individer i punkten x, y och $p_{f,i}$ definieras enligt individriska ovan.

Samhällsriska redovisas normalt i F/N -kurvor.

$$F_N = \sum_i F_i \quad \text{för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor.

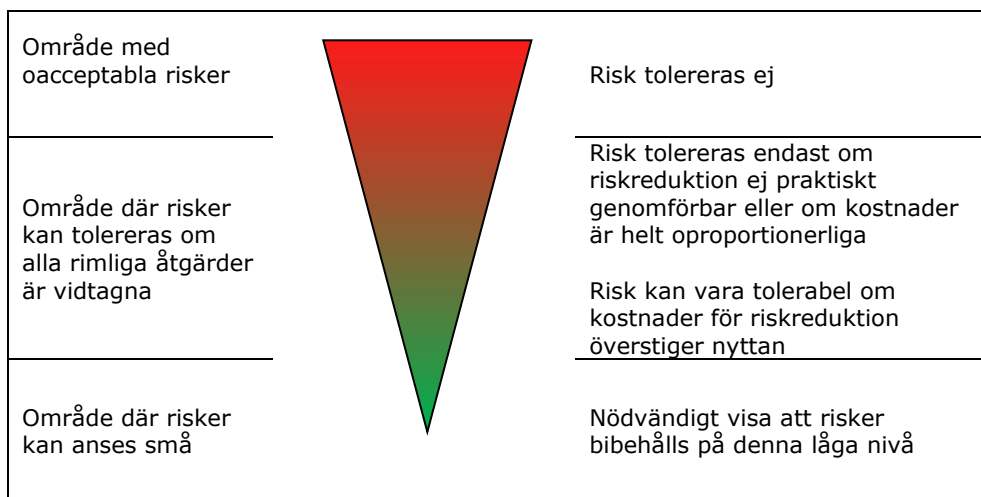
F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.

2.4 Riskvärdering

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier (Räddningsverket, 1997) gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given

Risikanalys

konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2-3.



Figur 2-3. Princip för värdering av risk. Fritt från Räddningsverket (1997).

Följande förslag till tolkning föreslås:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nyttanalyser (CBA).
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

De förslag till kriterier för värdering av risk för industrier och transportleder har med tiden blivit vedertagna vid riskutredningar i Sverige. De liknar de kriterier som finns i flera andra länder i Europa. Kriterierna utformas som ett intervall med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

Riskanalys

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

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

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

- 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 anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

I motsats till individrisk beräknas samhällsrisk med avseende på de i undersökt område som faktiskt utsätts för risken. För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket (Räddningsverket, 1997) gälla för en sträcka av 1 km.

Även följande fyra vägledande principer är allmänna utgångspunkter för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Riskanalys

3 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på olycksrisker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som vistas inom planerad markanvändning, dvs. i de planerade fastigheterna, både i och utanför byggnader.

4 Beskrivning av planområde

I Eskilstuna kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheterna Odlaren 1:93 m.fl. Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av skogsmark med spridda gårdar. Den nya detaljplanen kommer medge en mer sammanhängande bostadsbebyggelse med större enfamiljshus.

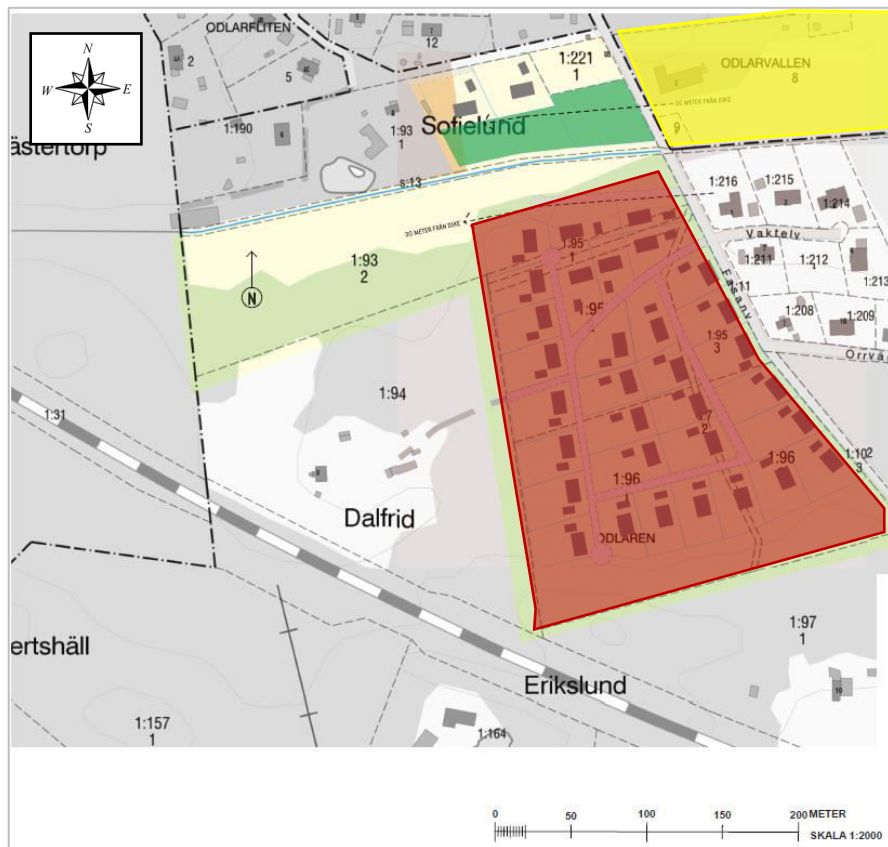
Fastigheterna är belägna invid Svealandsbanan, där transport av farligt gods sker. Planområdet är topografiskt högre beläget än järnvägen även om marken sannolikt kommer att sänkas något i samband med bebyggelse. I Figur 4-1 syns ortofoto med plangränserna.



Figur 4-1 Ortofoto med planområdets avgränsning. I söder skymtas Svealandsbanan

I Figur 4-2 syns mer detaljerat den planerade bebyggelsen för området väster om Fasanvägen. I rött markeras planerad bebyggelse. Inom detta område planeras 32 enfamiljshus i två plan. Det närmast planerade bostaden ligger ca 75 meter från Svealandsbanan. I det vitmarkerade området öster om Fasanvägen ligger 9 befintliga småhus. Området Odlarvallen (gulmarkerat område norr om det vitmarkerade området) tillhör östra delen av planområdet och visas i Figur 4-3.

Riskanalys



Figur 4-2 Skiss över planerad bebyggelse för området väster om Fasanvägen har markerats med rött.

I Figur 4-3 syns planerad bebyggelse för delen öster om Fasanvägen. Inom detta område planeras 43 bostäder i varierande storlekar.

Risikanalys



Figur 4-3 Planerad bebyggelse för Odlarvallen öster om Fasanvägen.

4.1 Persontäthet

För att kunna beräkna samhällsrisiknivån används områdets persontäthet. I utredningen kommer samhällsrisiken att beräknas för två olika scenarier. Dels för befintlig utformning (härefter kallat nollalternativ), och dels för fullt vidtagen detaljplan och planerad bebyggelse (härefter kallat utvecklingsalternativ). Av denna anledning behöver persontätheten i området uppskattas för båda beräkningsscenarierna.

Grundläggande antaganden är att det i snitt bor 2,7 personer per bostad i småhus (Statistiska Centralbyrån, 2020). Avseende persontäthet likställs i denna utredning radhus med småhus. Vidare antas att 100 % av de boende vistas inom planområdet på natten och 60 % på dagen.

4.1.1 Nollalternativ

I beräkningsprogrammet Riskcurves definieras persontätheter med hjälp av befolkningspolygoner, vilka redovisas i Figur 4-4 och Tabell 4-1 för nollalternativet. I nollalternativet innefattas endast befintlig bebyggelse.

Riskanalys



Figur 4-4. Definition av befolkningspolygoner för nollalternativet.

Riskanalys

I Tabell 4-1 presenteras indata till respektive befolkningspolygon.

Tabell 4-1: Personbelastning för respektive befolkningspolygon i nollalternativet.

Befolkningspolygon	Personbelastning (dag/natt)	Nyttjandegrad	Fraktion inomhus (dag/natt)
Befintliga bostäder öster	15/25	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintliga bostäder söder	11/17	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintliga bostäder väster	7/11	365 dagar/år	0,93/0,99
Dalfrid	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintlig gård	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99

4.1.2 Utvecklingsalternativ

I utvecklingsalternativet tillkommer, nya småhus och radhus. I beräkningsprogrammet Riskcurves definieras persontätheter med hjälp av befolkningspolygoner, vilka redovisas i Figur 4-5 och Tabell 4-2 för utvecklingsalternativet.

Riskanalys



Figur 4-5. Definition av befolkningspolygoner för utvecklingsalternativet

Tabell 4-2: Personbelastning för respektive befolkningspolygon i utvecklingsalternativet. De fetstilta raderna tillkommer i utvecklingsalternativet i jämförelse med nollalternativet.

Befolkningspolygon	Personbelastning (dag/natt)	Nyttjandegrad	Fraktion inomhus (dag/natt)
Befintliga bostäder öster	15/25	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintliga bostäder söder	11/17	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintliga bostäder väster	7/11	365 dagar/år	0,93/0,99
Dalfrid	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99
Befintlig gård	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99
Nya radhus	71/117	365 dagar/år	0,93/0,99
Nya småhus	53/87	365 dagar/år	0,93/0,99

Riskanalys

5 Riskobjekt

I detta kapitel görs en inventering över de riskobjekt med riskkällor som kan orsaka olyckor med konsekvenser som kan påverka planområdet.

5.1 Svealandsbanan

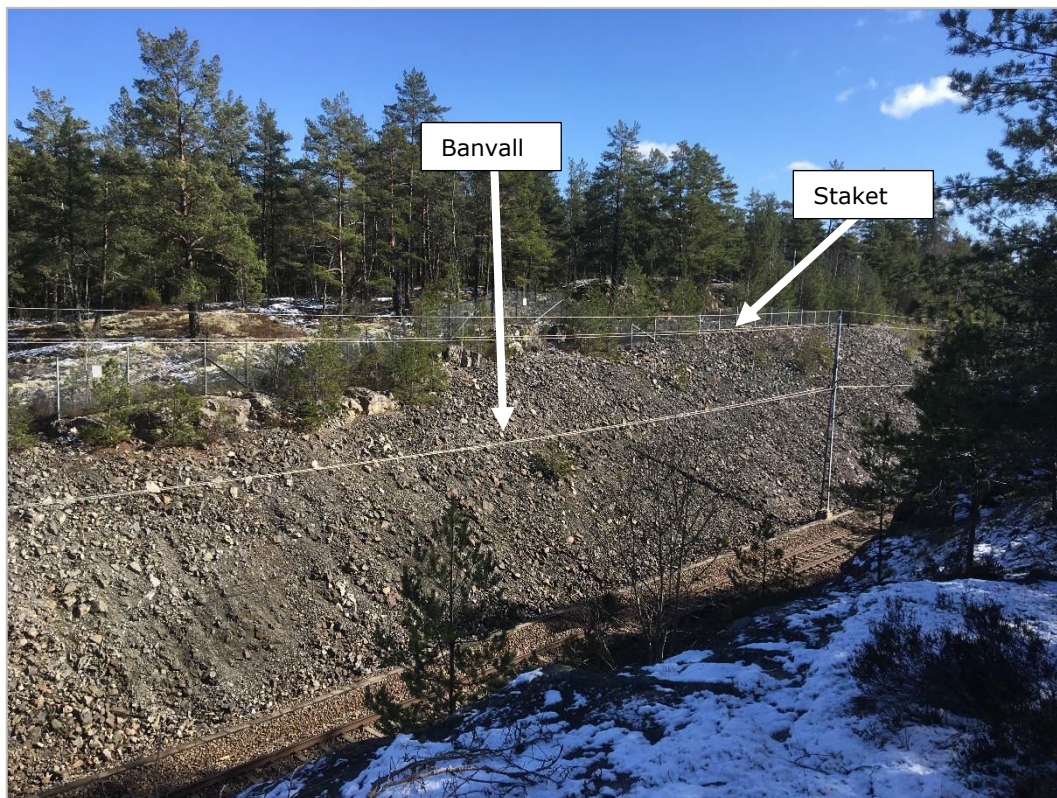
Strax sydväst om planområdet löper Svealandsbanan som del av sträckan mellan Eskilstuna och Strängnäs. Svealandsbanan är utpekad som riksintresse för kommunikationer och invigdes 1997 och går mellan Södertälje syd och Valskog via Eskilstuna. Till största delen är sträckan enkelspårig, så är också fallet förbi planområdet.

Förbi aktuellt område går tågrälsen i skärningsdjup med höga banvallar (3-4 meter) på vardera sida, se Figur 5-1 och Figur 5-2. Detta medför att mekanisk påverkan från urspårande tåg inte kommer att påverka kringliggande bebyggelse, varför detta exkluderas i analysen.

Även om mekanisk påverkan av urspårande tåg inte påverkar planområdet kan urspårande tåg med farligt gods innebära en riskpåverkan för området. Transport av farligt gods kan förutsättas på sträckan eftersom inga restriktioner om detta finns.

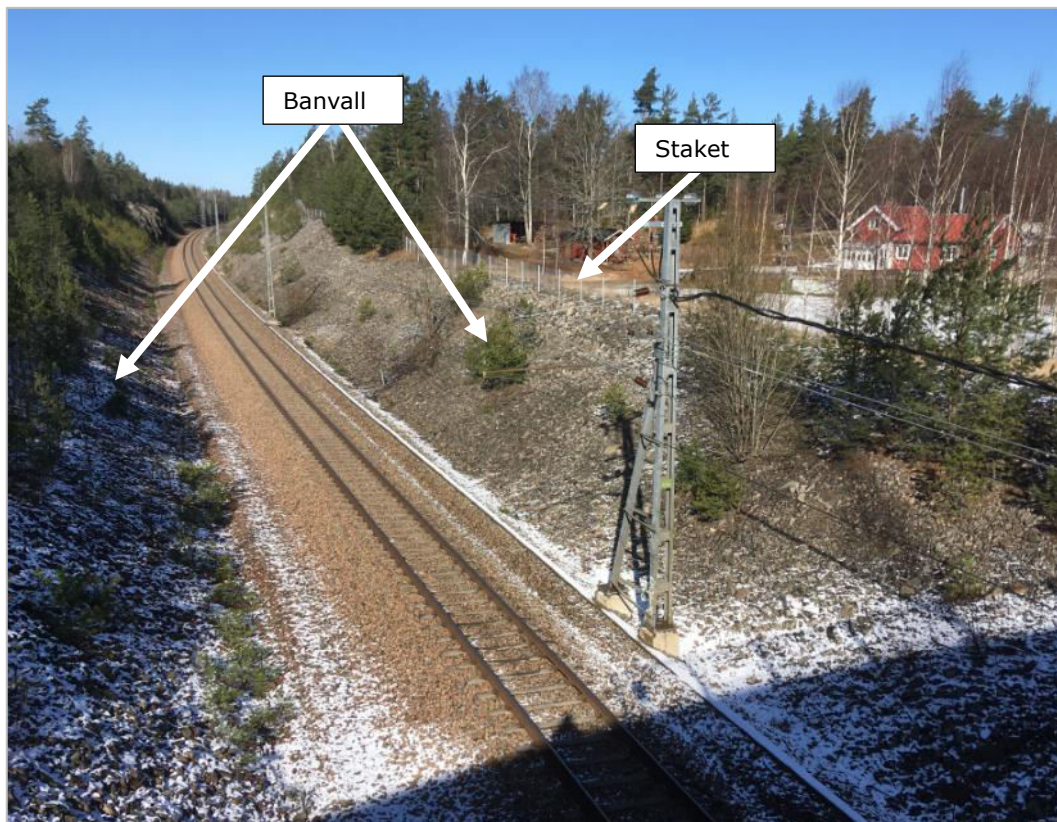
Största tillåtna hastighet (STH) på berörd sträcka är 200 km/h. (Trafikverket, 2018)
Godståg förväntas dock inte framföras rent allmänt snabbare än mellan 70 – 160 km/h.
Sträckan är vidare fjärrstyrd från driftcentralen i Norrköping och sträckan är försedd med ATC (Automatic Train Control) – systemet.

Riskanalys



Figur 5-1. Foto som visar del av Svealandsbanan förbi studerat område inklusive banvall och staket. Källa: Eskilstuna kommun.

Riskanalys



Figur 5-2. Foto som visar del av Svealandsbanan förbi studerat område inklusive banvall och staket. Källa: Eskilstuna kommun.

5.1.1 Trafikuppgifter

Enligt Trafikverkets framtidsprognos för år 2040 kommer ungefär 7 godståg per dygn trafikera sträckan, vilket ger ett totalt antal om 2555 per år. Antalet transporter år 2040 enligt Trafikverkets utvecklingsprognos avrundas uppåt till närmsta hundratal (2600) för att ta höjd för osäkerheter i prognosen.

Frekvensen för olycka med farligt gods på sträckan förbi området beräknas sedan enligt metod som beskrivs i separat Beräkningsbilaga. Enligt metoden beräknas frekvens för olycka med farligt gods på sträckan till en grundfrekvens av $2,47 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär var 4050:e år.

5.1.2 Fördelning av farligt gods och transporterade mängder

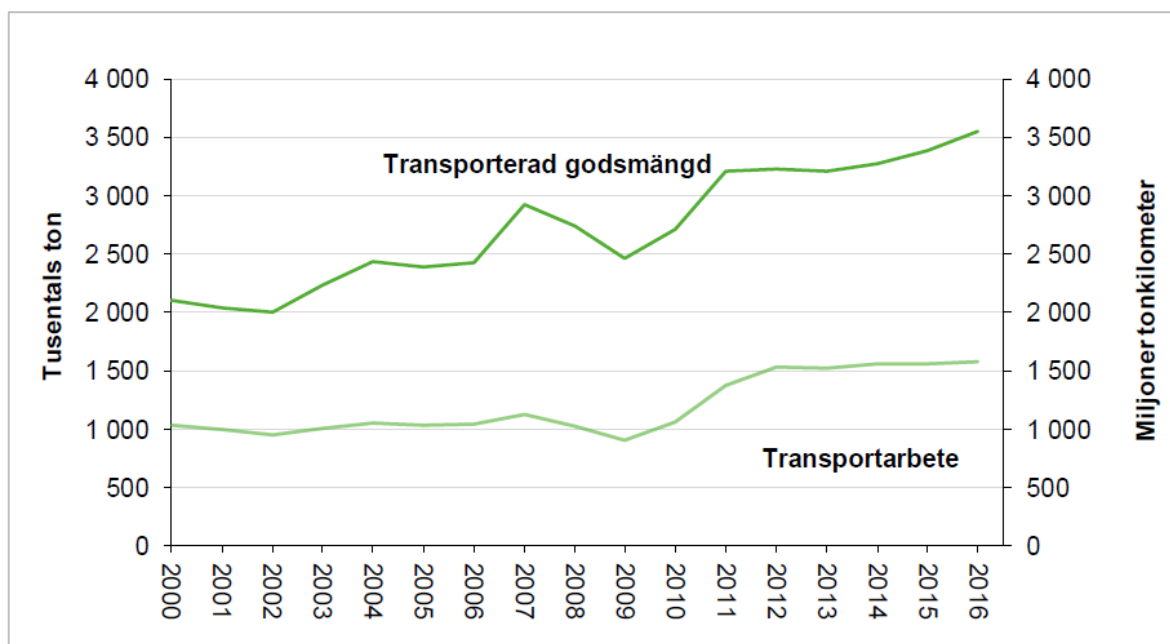
Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterna in i dessa klasser även i denna rapport.

Riskanalys



Figur 5-3: Exempel på skyltning för några RID-klasser: 2.1 Brandfarlig gas, 1 Explosiva ämnen, 2.3 Giftig gas, 3 Brandfarlig vätska, 5.1 Oxiderande ämnen.

I Figur 5-4 redogörs den svenska nationella statistiken avseende transporterade mängder och transportarbete för farligt gods på svenska järnvägar. Statistiken från 2017 och framåt saknas i diagrammet.



Figur 5-4. Transporterad mängd farligt gods i tusentals ton och transportarbete för farligt gods i miljoner tonkilometer på järnväg i Sverige, 2000-2016. (Trafikanalys, 2017)

Den senaste tillgängliga statistiken avser 2017 då totalt 3,6 miljoner ton farligt gods transporterades. Detta är en ökning på 1 % jämfört med 2016 och en ökning med 11 % jämfört med 2010. Av det totala transporterade godset utgör farligt gods ca 5 %. Utifrån farligt godsklasser har det sedan 2007 varit brandfarliga vätskor följt av gaser som är de vanligaste förekommande på det svenska järnvägsnätet (Trafikanalys, 2018).

Den senast officiellt framtagna statistiken som visar hur fördelningen av farligt godsklasser ser ut på det svenska järnvägsnätet avser 2017. Ett genomsnitt på fördelningen utifrån transporterad godsmängd redovisas i Tabell 5-1 avseende perioden 2007-2017.

Riskanalys

Tabell 5-1 Inrikes farligt godstransporter fördelat på RID-S (Trafikanalys, 2018).

Klass	Typ av farligt gods	Transporterad godsmängd (tusen ton) 2017	Andel 2007-2017 [%]	Andel 2017 [%]
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	-	-	-
Klass 2	Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)	1021	26,5%	28,4%
Klass 3	Brandfarliga vätskor	1341	38,9%	37,4%
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	7	0,2%	0,2%
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0	0,7%	0,0%
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	73	3,5%	2,0%
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	399	13,4%	11,1%
Klass 5.2	Organiska peroxider	16	0,5%	0,4%
Klass 6.1	Giftiga ämnen	58	1,9%	1,6%
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	-	-	-
Klass 7	Radioaktiva ämnen	0	0,0%	0,0%
Klass 8	Frätande ämnen	668	13,6%	18,6%
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	7	0,4%	0,2%
Totalt		3590	99,7%	100%

Dessvärre redovisas inte indelningen i de olika underklasserna till klass 2 i den svenska officiella statistiken från Trafikanalys. MSB (dåvarande Räddningsverket) har, mer platsspecifikt, undersökt flödet av farligt gods i Sverige. Detta gjordes i september månad år 2006. Farligt godstransporter identifierades ej, eller kartlades ej för Svealandsbanan. Detta betyder dock inte att det inte förekommer då det finns flera brister i Räddningsverkets kartläggning. Dels undersöktes transporter endast under en månad och dels svarade inte alla undersökta företag på enkäterna (Statens Räddningsverk, 2006).

Riskanalys

För att erhålla fördelningen mellan de tre underklasserna av klass 2 gjordes antagandet att 13, 10 respektive 3 %-enheter av de totalt 26 % som utgjordes av gaser består av klass 2.1 (brandfarlig gas); 2.2 respektive 2.3 (giftig gas).

Andelen klass 3 (brandfarlig vätska) och klass 5.1 (oxiderande ämnen) har i utredningen skattats högre än rikssnittet för att ta höjd för osäkerheter i den antagna fördelningen.

En sammanställning av de olika farligt godsklassernas fördelning redovisas i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Fördelning av järnvägstransporter med farligt gods som används i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Andel [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	-
2.1	Brandfarliga gaser	13%
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	10%
2.3	Giftiga gaser	3%
3	Brandfarliga vätskor	45%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0%
4.2	Självantändande ämnen	1%
4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	1%
5.1	Oxiderande ämnen	14%
5.2	Organiska peroxider	0%
6.1	Giftiga ämnen	1%
6.2	Smittsamma ämnen	0%
7	Radioaktiva ämnen	-
8	Frätande ämnen	11%
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1%

5.1.3 Olycksscenario

Explosiva ämnen (klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter, upp till 200 m. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut mm. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels till direkta tryckskador men även värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dyl. som flyger iväg från olycksplatsen (VTI, 1994).

Riskanalys

Bedömning: Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt och transporter av explosivt gods är mycket sällsynt på järnväg bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg och exkluderas därav i beräkningarna.

Brandfarlig gas (klass 2.1)

Klass 2 (gaser) kan transporteras i olika fysikaliska former enligt nedan:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid -50°C)
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över -50°C)
- Kylta och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

(MSB, 2018)

Ibland kan samma ämne transporteras i olika fysikaliska former beroende på transportkärl och mängd.

Brandfarliga gaser är sådana gaser som vid rumstemperatur (20°C) och normalt lufttryck (101,3 kPa) kan antändas i en luftblandning med högst 13 volymprocent eller har ett brännbarhetsområde i luft om minst 12 procentenheter (oberoende av den undre brännbarhetsgränsen. (MSB, 2018)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på en brandfarlig gas. Gasol transporteras oftast såsom kondenserad gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE

Jetbrand:

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken (FOA, 1998).

Gasmolnsbrand/explosion:

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning (FOA, 1998).

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i det flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria

Riskanalys

gasmolnsexplosioner är ovanliga. En gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom både till följd av värmestrålning och direkta samt indirekta skador av tryckvågen.

BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Bedömning: Brandfarlig gas transporteras förbi planområdet, och om en olycka skulle ske är det troligt att detta leder till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

Giftig gas (klass 2.3)

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka och kan påverka områden hundratals meter från källan. De två gaser som vanligtvis brukar involveras i riskutredningar är ammoniak och klorgas.

Ammoniak

Generellt är ammoniak tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Vattenfri ammoniak transporteras tryckkondenserad och kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, livsfarlig effekt för känsliga individer) på 2700 ppm under 10 minuter exponering (EPA, 2016). Motsvarande koncentration LC50 har i studier funnits vara mellan ungefär 5000- 10000 ppm för mycket kort exponering (HHS1, 2004). I riskberäkningarna används därför också 5000 ppm LC50 som gränsvärde för effekt.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 50 ppm under 10 minuter exponering. Samma effekt (död, känsliga individer) har också angivits till 173 ppm LC50 (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

Bedömning: En olycka med kondenserad giftig gas kan ha konsekvenser in i planområdet, varför ovan nämnda olycksscenarioer undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks vidare.

Brandfarlig vätska (klass 3)

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand.

Riskanalys

Människor kan påverkas av en sådan på flera sätt: strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig, inandning av giftiga brandgaser.

Bedömning: Brandfarlig vätska transporteras förbi planområdet, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheten, varför klassen undersöks vidare.

Brandfarligt fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen (klass 4)

Exemplen på ämnen inom klass fyra är metallpulver (t.ex. kisel- magnesium och aluminiumpulver), tändstickor, aktivt kol och fiskmjöl. Konsekvenserna av en olycka med dessa ämnen är brand med påföljande strålning och giftig rök.

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. För att t.ex. brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) ska leda till brandrisk krävs att det t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Mängden brandfarlig gas som bildas står i proportion till mängden tillgängligt vatten.

Bedömning: Eftersom konsekvenserna vid en olycka med klass 4 begränsas till området på olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i absolut närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

Oxiderande ämne (klass 5)

Klass fem består av underklasserna 5.1 Oxiderande ämnen och 5.2 Organiska peroxider.

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan det sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. Syrgas kan förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Organiska peroxider innehåller förutom oxidationsmedel även ett bränsle, vilket adderar ett extra riskelement till denna delklass. Ämnena kan reagera med flertalet metaller, syror, baser och andra kemiska föreningar.

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska verkställas under transporten. Den så kallade kontrolltemperaturen är ca 10-20 grader under ämnets självaccelererade sönderfallstemperatur SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature). Transport av dessa organiska peroxider måste därför ske under kylda förhållanden, i form av kylcontainers eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion i meningen att den frigjorda energin underhåller sig själv. Kraftiga och svårstoppade brand- och explosionsförlopp kan då bli följden. För dessa ämnen finns därför också en så kallad nödtemperatur på ca 5-10 grader under SADT som innebär att nödgärder då måste sättas in under transporten. (PLASTICS, 2017) & (MSB, 2014) & (MSB, 1999) & (MSB, 1996)

Riskanalys

Bedömning: För att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa krävs att en serie av händelser ska inträffa vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna.

Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Identifierade olycksscenarioer bedöms inte vara relevanta för aktuellt planområde, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

Radioaktiva ämnen (klass 7)

Ämnen som räknas till klass sju kan vara medicinska preparat, mätinstrument, pacemakers och kärnavfall. Konsekvenserna är oftast väldigt begränsade till närområdet, men om stora mängder transporteras, t.ex. kärnavfall, kan konsekvenserna bli större.

Bedömning: Mängden radioaktiva ämnen som transporteras förbi planområdet bedöms begränsas till mindre mängder med begränsade konsekvenser vid olycka, varför det inte bedöms som motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Frätande ämne (klass 8)

Olycka med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om individer får ämnet på huden.

Bedömning: Eftersom konsekvenserna begränsas till närområdet precis intill olyckan/utsläppet, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att individer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

Bedömning: Det bedöms inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvenserna avgränsas till närområdet precis kring olyckan.

5.1.4 Sammanfattning olycksscenarioer farligt gods

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenarioer bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen: explosion och brand

I separat Beräkningsbilaga redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

6 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier.

Riskanalys

Genomförda beräkningar har konservativt inte tagit hänsyn till att Svealandsbanan går i skärning och har banvallar på ömse sidor om järnvägen längs med studerat planområde. Detta innebär att järnvägen går i ett lägre höjdläge än omgivande bebyggelse, vilket tillsammans med banvallarna är positivt ur risksynpunkt och kan reducera konsekvenser avseende exempelvis värmestrålning och tryckvågsverkan ytterligare. Även spridning av tunga gaser (giftiga såväl som brandfarliga) torde också minska, och/eller fördröjas.

6.1 Individrisk

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

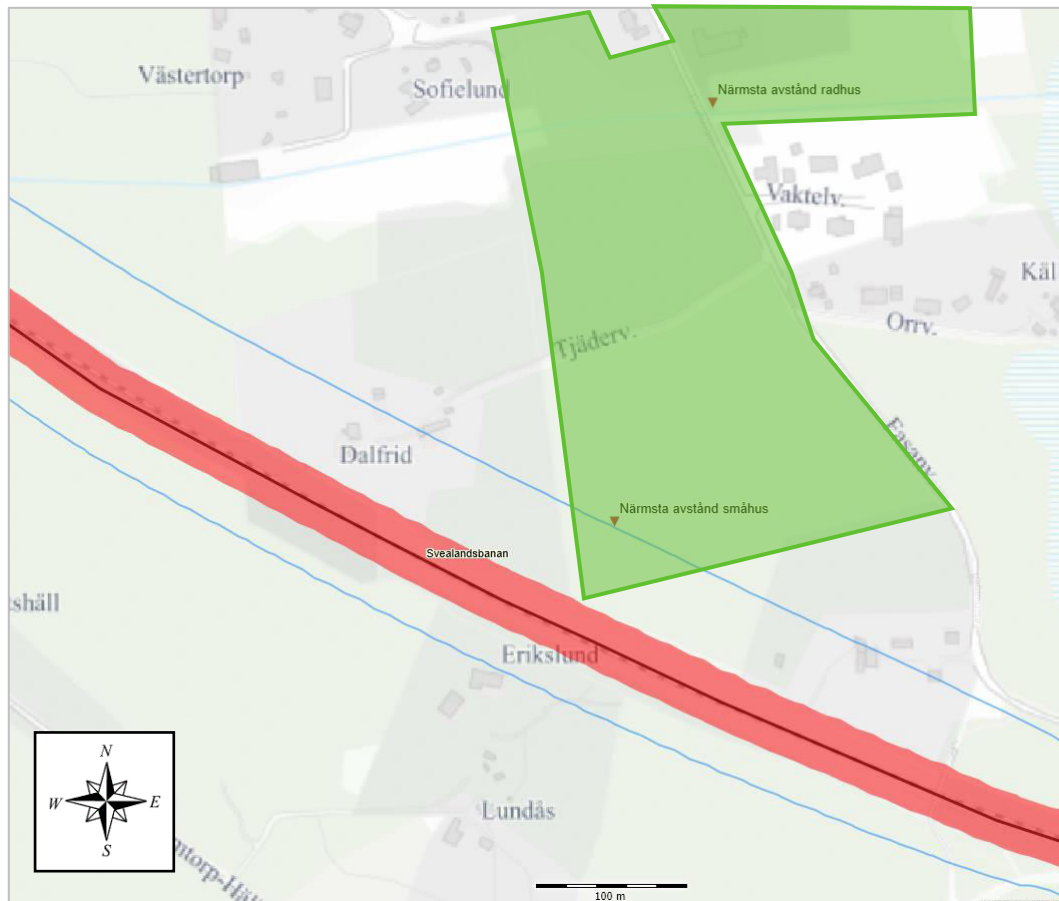
Acceptabel risk $<10^{-7}$ per år **<ALARP** $<10^{-5}$ per år **<Oacceptabel risk**

Då avstånden till acceptabel risk är delvis beroende på vind- och väderparametrar skiljer sig avståndsangivelser mellan nordöstra, och sydvästra sidan om riskobjektet. Då planområdet är beläget nordöst om järnvägen är det dessa avståndsangivelser som redovisas nedan.

På avstånd kortare än 21 meter från järnvägen är individrisknivån mer än 10^{-7} per år (se röd konturkurva i Figur 6-1 och svart kurva i Figur 6-2). En individriskkontur för 10^{-8} per år, dvs. där helt acceptabel risk råder, redovisas även i Figur 6-1 för att ytterligare visa på hur risknivåerna ser ut.

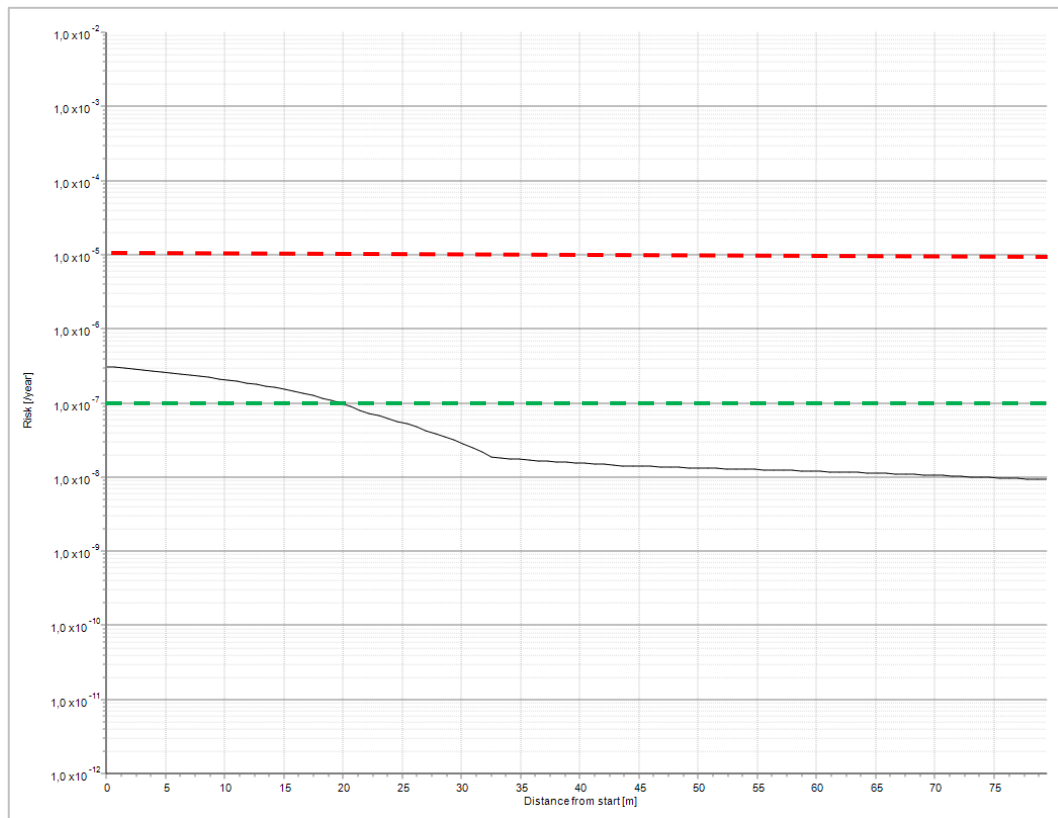
På avstånd längre än 21 meter är individrisknivån att betrakta som acceptabel, vilket betyder att planområdet ligger helt inom acceptabel individrisknivå utan att åtgärder behöver vidtas, där närmaste planerade bostad ligger som närmast ca 75 meter från Svealandsbanan, se även svart kurva i Figur 6-2.

Riskanalys



Figur 6-1. Individriskkonturer längs riskobjektet. Acceptabel risk råder på avstånd längre än 21 meter från järnvägen (se rödmarkerat område). Grön markering visar ungefärliga planområdesgränser för utvecklingsalternativet. Blå linje markerar individriskkontur för 10^{-8} per år, dvs. helt acceptabel individrisknivå. Beräkning involverar ej mekanisk avåkning.

Riskanalys



- - Övre acceptansgräns
- - Undre acceptansgräns
- Individrisk

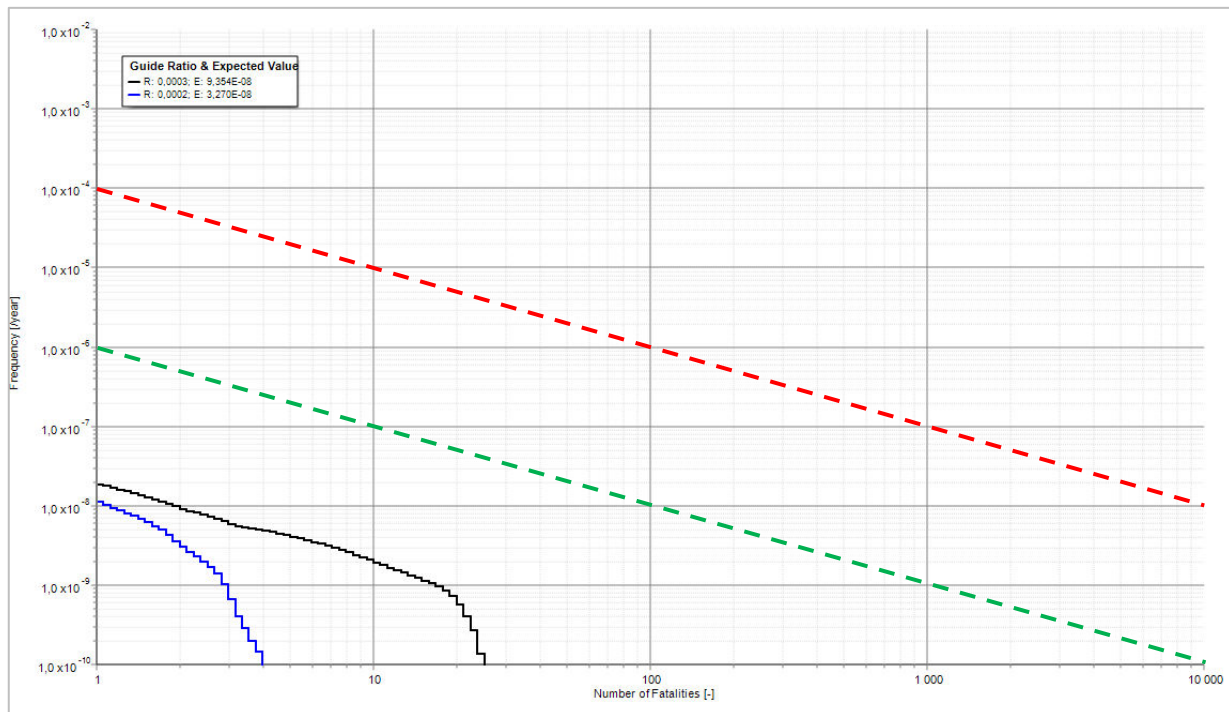
Figur 6-2. Individrisk som funktion av avståndet från spårmittpunkt av Svealandsbanan i höjd med närmast placerat småhus inom utvecklingsalternativet. Beräkning involverar ej mekanisk avåkning.

6.2 Samhällsrisk

Samhällsrisikberäkningarna visar på att samhällsrisiknivån med god marginal hamnar helt inom acceptabla nivåer både för nollalternativet och utvecklingsalternativet, se Figur 6-3. Detta betyder att inga säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas ur ett samhällsrisikperspektiv.

Genom att, för samtliga olycksscenarioer summera produkten av konsekvens och frekvens beräknas respektive scenarios andel av den totala riskbilden. Efter sammanvägningen syns att giftig gas (72 %) och brandfarlig gas (28 %) är de skadehändelser som bidrar mest till samhällsrisiken. Övriga analyserade klasser av farligt gods medför inte några konsekvensavstånd som kommer påverka den nya bebyggelsen.

Riskanalys



- - - Övre acceptansgräns
- - - Undre acceptansgräns
- Utvecklingsalternativ
- Nollalternativ

Figur 6-3. Kurva över samhällsrisknivån för undersökt område.

6.3 Worst-case scenario

Det värsta scenariot som kan inträffa är ett stort utsläpp av en mycket giftig gas (som simulerats som klor i denna utredning) med svag vind mot planområdet från olycksplatsen. Klor är en tung gas och sprids initialt längs med marken. I beräkningarna har den topografiska skillnaden och banvallarnas riskreducerande skydd inte inkluderats. Det sistnämnda i synnerhet har sannolikt en icke-försumbar effekt då banvallen underlättar utspädningen av gasen. I beräkningarna har ett värsta fall om 26 omkomna erhållits för utvecklingsalternativet, med en emellertid extremt låg frekvens. ($<10^{-9}$). Samma scenario för nollalternativet medför 6 omkomna. I Beräkningsbilaga finns scenarier med giftig gas beskrivna och även en visuellt presenterad konsekvensberäkning av ett stort klorutsläpp.

6.4 Mest troliga scenario

Det mest troliga (ca 10^{-5}) olycksscenario som kan inträffa är en pölbrand till följd av utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. Beroende på utsläppets storlek, topografiska och meteorologiska förutsättningar kan värmestrålningsnivån variera. Avståndet till planerad bebyggelse är emellertid med god marginal för långt för att värmestrålning ska

Riskanalys

kunna medföra någon livshotande skada. I Beräkningsbilaga finns scenarier med brandfarlig vätska beskrivna och även en visuellt presenterad konsekvensberäkning av en pölbrand på 30 m³ med pentan (bensin).

7 Osäkerhet- och känslighetsanalys

I känslighetsanalysen beskrivs hur känsligt analysresultatet är för antaganden/indata på vissa särskilt viktiga parametrar. I osäkerhetsanalysen beskrivs osäkerheterna i indataparametrar och hur detta har hanterats i analysen.

7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med 10 % att olycksfrekvensen ökar med 10 %.

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsriskens känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i persontäthet innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar i form av bränder och utsläpp av gaser och syror är beroende av en rad olika parametrar, exempelvis bland annat hålstorlek, vindstyrka och utetemperatur. Varierande väderparametrar (såsom vindstyrka, vindriktning och stabilitetklass) har hanterats i analysen, liksom varierande hålstorlekar. Dessa är de parametrar som av erfarenhet kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd, tillsammans med en parameter som kallas för ytråhet som kan efterliknas en effektiv amplitud och som beskriver topografin i området. Ett konservativt val av ytråhet har gjorts för att ta höjd för osäkerheter vid spridning av gaser. Ytråhet som motsvarar skogsmark eller stadsmiljö bidrar till ökad mekanisk turbulens och således snabbare utspädning av ett gasmoln. Andra parametrar som utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har av erfarenhet mindre påverkan på konsekvensavstånd.

Riskanalys

7.2 Osäkerhetsanalys

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende antalet transporter är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

Osäkerheten avseende persontäthet kan bedömas som liten utifrån nuvarande utformning och planerade aktiviteter i området. Inga större händelser såsom evenemang med stort personantal (tex. konserter) bedöms planeras inom planområdet även på längre sikt. Vid beräkning av värsta scenariot som kan inträffa är antaganden om persontäthet grundläggande. Vid extraordinära tillfällen kan persontätheten utomhus vara underskattad, såsom vid högtider som spenderas utomhus eller liknande. Detta har inte inkluderats i analysen, istället har konservativa skattningar gjorts av den grundläggande persontätheten.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämplande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller. Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Den säkerställda trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid tidpunkten för framtagande av de modeller som används, vilket ger en högre frekvens än den som idag är aktuell.
- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Exempel på

Risikanalys

detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppsåtligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärds inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.

- RID-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.
- statistik visar att klortransporter på järnväg har minskat markant de senaste åren, vilket medför att antaganden kan vara mycket konservativa (Trafikverket, 2013).

Riskanalys

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

Individriskberäkningarna visar att planområdet ligger på tillräckligt långt avstånd från järnvägen att individrisknivån med marginal är att betrakta som acceptabel.

Samhällsriskberäkningarna visar att samhällsrisknivån med god marginal hamnar helt inom acceptabla nivåer för både nollalternativet och utvecklingsalternativet. Detta betyder att inga säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas ur endera individ- eller samhällsriskperspektiv.

Det beräknade värsta scenariot som kan inträffa är ett stort utsläpp av giftig gas, vilket kan medföra uppemot 26 omkomna för områdets utvecklingsalternativ. För nollalternativet är motsvarande antal 6 omkomna. Vid extraordinära tillfällen kan persontätheten utomhus vara underskattad, såsom vid högtider som spenderas utomhus eller liknande. Detta har inte inkluderats i analysen, istället har konservativa skattningar gjorts av den grundläggande persontätheten för att ta höjd för dessa osäkerheter.

Det mest troliga olycksscenariot som kan inträffa är en pölbrand till följd av utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. Avståndet till planerad bebyggelse är emellertid med god marginal för långt för att värmestrålning ska kunna medföra någon livshotande skada.

Genomförda beräkningar har konservativt inte tagit hänsyn till att Svealandsbanan går i skärning och har banvallar på ömse sidor om järnvägen längs med studerat planområde. Detta innebär att järnvägen går i ett lägre höjdläge än omgivande bebyggelse, vilket tillsammans med banvallarna är positivt ur risksynpunkt och kan reducera konsekvenser avseende exempelvis värmestrålning och tryckvågsverkan ytterligare. Även spridning av tunga gaser (giftiga såväl som brandfarliga) torde också minska, och/eller fördröjas.

Det närmast planerade bostadshuset ligger vidare ca 75 meter från Svealandsbanan, vilket också överensstämmer med Länsstyrelsen Södermanlands läns riktlinjer avseende rekommenderat skyddsavstånd för denna typ av markanvändning (enfamiljshus, vk 3A).

I och med avståndet till närmaste planerade bostadshus samt den skärning och banvallar som finns kopplat till Svealandsbanan, kan mekanisk påverkan i form av urspårade tåg på järnvägen helt försummas.

Sammantaget bedöms detaljplanen kunna genomföras utan några särskilda säkerhetshöjande åtgärder eller planbestämmelser avseende risker med avseende på transporter av farligt gods.

Riskanalys

9 Slutsatser

Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Transporter av giftig och brandfarlig gas bidrar mest till risknivån inom området.
- Bebyggelse planeras inom områden där individrisknivån med god marginal är acceptabel.
- Samhällsrisknivån för såväl nollalternativ och utvecklingsalternativ är acceptabel med god marginal.
- Det värsta scenariot som kan inträffa är ett stort utsläpp av tung giftig gas, vilket kan medföra uppemot 26 omkomna.
- Det mest troliga olycksscenariot som kan inträffa är en pölbrand till följd av utsläpp och antändning av brandfarlig vätska. Avståndet till planerad bebyggelse är emellertid med god marginal för långt för att värmestrålning ska kunna medföra någon livshotande skada.
- Det närmast planerade bostadshuset ligger vidare ca 75 meter från Svealandsbanan, vilket också överensstämmer med Länsstyrelsen Södermanlands läns riktlinjer avseende rekommenderat skyddsavstånd för denna typ av markanvändning (enfamiljshus, vk 3A).

Sammantaget bedöms detaljplanen kunna genomföras utan några särskilda säkerhetshöjande åtgärder eller planbestämmelser avseende risker med avseende på transporter av farligt gods. Föreslagen markanvändning inom detaljplanen bedöms därmed som lämplig med hänsyn tagen till människors liv och hälsa.

Riskanalys

10 Referenser

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2010). *Toxicological profile for chlorine*. Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services.
- EPA. (den 29 08 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Hämtat från EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*. Försvarets forskningsanstalt (FOA).
- HHS1. (2004). *Toxicological Profile for Ammonia*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Länsstyrelsen i Södermanland. (2015). *Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods*. Nyköping: Länsstyrelsen i Södermanland.
- MSB. (1996). *SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider*.
- MSB. (1999). *SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid*.
- MSB. (2014). Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen. <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandfarligt--explosivt/Brandreaktiva-varor/Databas-Organiska-peroxider/>.
- MSB. (2018). *MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019*.
- PLASTICS. (2017). *Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices*. Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS).
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad.
- Statens Räddningsverk. (2006). *Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006*. Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap).
- Statistiska Centralbyrån. (2020). *Antal personer per hushåll efter region och boendeform. År 2012 - 2018*. Hämtat från SCB: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende/>
- TNO. (2005a). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- TNO. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. The Hague.
- TNO Riskcurves. (2018). RISKCURVES 10.1.9.12276. Utrecht, Nederländerna.
- Trafikanalys. (2017). *Bantrafik 2016*. Publiceringsdatum: 2017-10-13: Statistik 2017:21.
- Trafikanalys. (2018). *Bantrafik 2017*. Publiceringsdatum: 2018-09-13.

Risikanalyt

Trafikanalyt. (2018). *Bantrafik 2017*. Statistik 2018:17.

Trafikverket. (2013). *Risikbedömning avseende farligt gods mm, underlagsrapport till MKB*.
Kristianstad: Trafikverket.

Trafikverket. (2018). *Norrköpings linjebok. 111 Södertälje Syd till Valskog*. Version 2018-11-19.

VTI. (1994). *Konsekvensanalyt av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4*. Väg- och trafikforskningsinstitutet.

Beräkningsbilaga

Handläggare
Oscar Lindén
Telefon
010-505 84 94
Mobil
073-074 87 74
E-post
Oscar.linden@afry.com

Datum
04/05/2020
Projekt ID
783565

Kund
Eskilstuna kommun

Beräkningsbilaga till Riskanalys för detaljplan Odlarvallen 5, Odlarvallen 1:93 m.fl

Uppdragsledare: Niclas Grahn
Handläggare: Oscar Lindén
Intern kvalitetsgranskning: Sohrab Nassiri

Beräkningsbilaga

Innehållsförteckning

1	Bilaga A – Frekvensberäkning.....	3
1.1	Väderdata.....	3
1.1.1	Vindhastighet	3
1.1.2	Stabilitetsklass.....	4
1.1.3	Vindriktning.....	6
1.2	Trafikolycka järnväg	6
1.3	Olycka brandfarlig gas	9
1.3.1	Jetbrand	9
1.3.2	Gasmolnsbrand/explosion.....	9
1.3.3	BLEVE	10
1.4	Olycka giftig gas	11
1.5	Olycka brandfarlig vätska.....	12
1.6	Olycka med oxiderande ämne.....	16
1.7	Olycka explosiva ämnen.....	17
1.8	Summering frekvensberäkningar.....	17
2	Bilaga B – Konsekvensberäkning.....	19
2.1	Generella skadekriterier	19
2.2	Olycka med explosiva ämnen.....	20
2.3	Olycka brandfarlig gas	23
2.4	Olycka giftig gas	24
2.5	Olycka brandfarlig vätska.....	26
2.6	Olycka med oxiderande ämne.....	27
	Referenser.....	28

Beräkningsbilaga

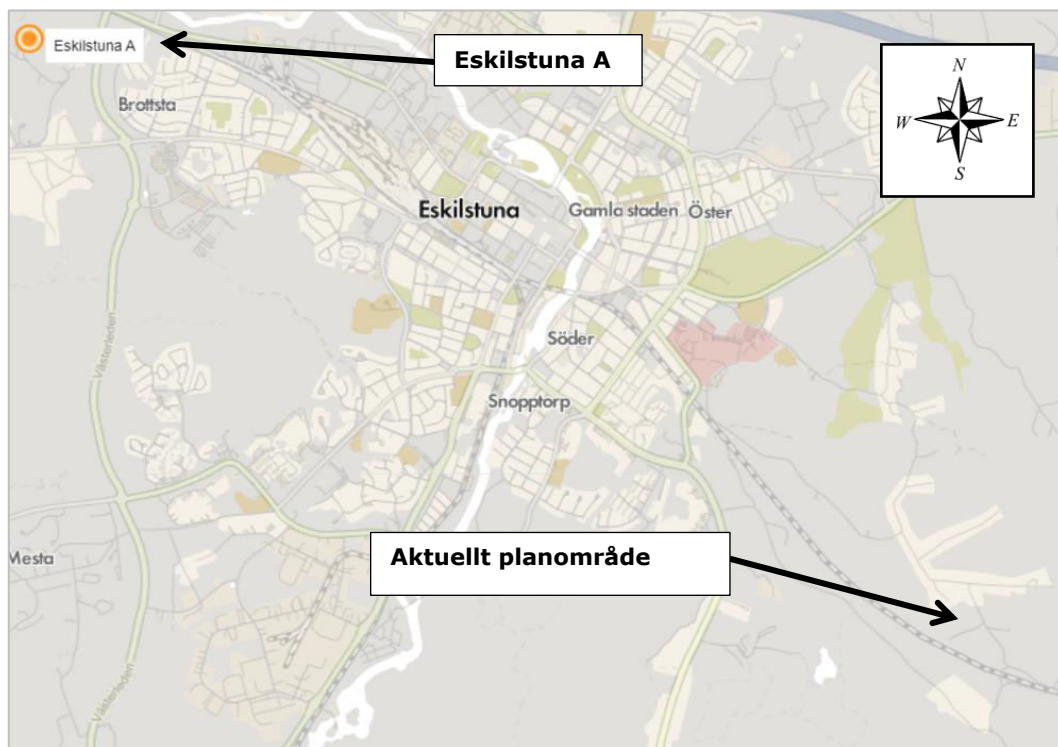
1 Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka för de händelser som tidigare identifierats längs aktuell sträcka och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar studerat skyddsobjekt.

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Purple Book, 2005b). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

1.1 Väderdata

Närmsta väderstation i förhållande till studerade fastigheter är "Eskilstuna A", se Figur 1-1. Data för vind och temperatur har tagits från mätstationen under åren 1990-2019.

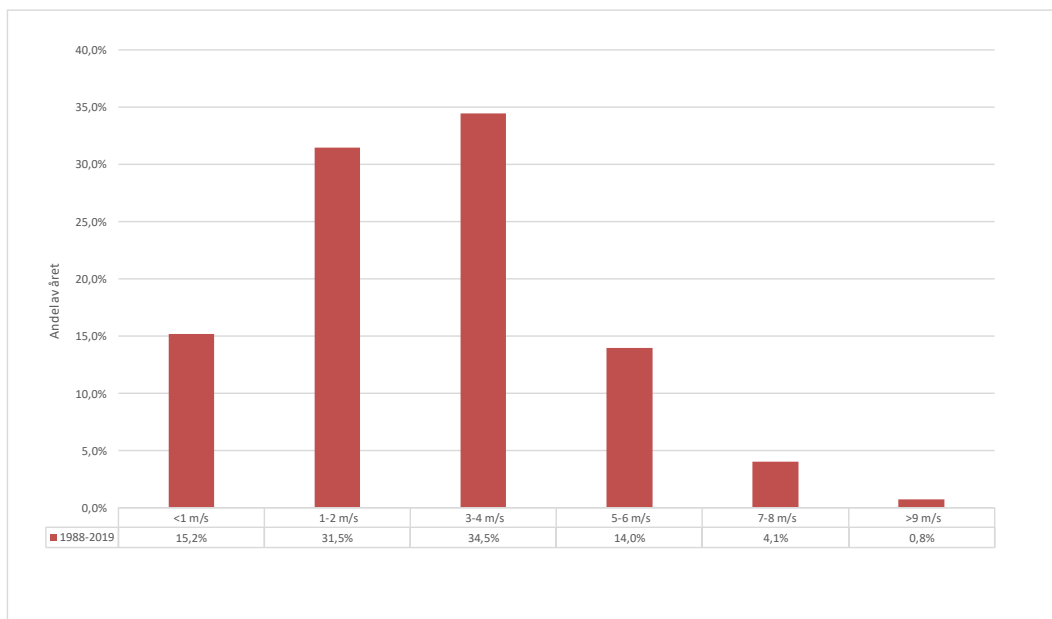


Figur 1-1. Placering av mätstation "Eskilstuna A" i förhållande till utredningsområdet. (SMHI, 2018)

1.1.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningen. Spridningen från en olycka blir värre i olyckans närhet om ett lägre värde på vindhastighet används. I Figur 1-2 visas fördelningen av vindstyrka mellan 1990-2019. Medelvärdet under denna period var 2,7 m/s. Vindstilla förhållanden råder under ca 7 % av året, se Figur 1-2. I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind och 5,0 m/s för normal och stark vind.

Beräkningsbilaga



Figur 1-2. Vindhastighet under 1990-2019 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation "Eskilstuna A".

1.1.2 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen kommer Pasquills stabilitetsklasser att användas. Pasquills stabilitetsklasser beskriver hur instabil eller stabil luftmassan närmast jordens yta är, dvs. turbulensen. Turbulensen i sin tur har stor påverkan för hur ett utsläpp till luft sprids, framförallt i betydelsen av hur koncentrationen beror av avståndet från utsläppskällan. Ju mer turbulens/ju mer stabil luftmassa, desto mindre omblandning och utspädning av utsläppet vilket innebär längre konsvensavstånd. Detta beror främst på mängden solinstrålning, dvs. att ju mer solinstrålning desto mer värms luften närmast marken upp och rör sig uppåt och ökar turbulensgraden i luftskiktet. Således är det främst under natten som luften är stabil, dvs. när det inte finns någon solinstrålning. I Tabell 1-1 görs en beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser (TNO Purple Book, 2005b) & (FOI, 2013).

Turbulens	Beskrivning, väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Instabil	Måttligt till mycket solinstrålning (soligt molnfritt väder, där solen står högt på himlen (större än 60 grader)) och måttliga till svaga vindar gör att atmosfären blir instabil.	A: Extremt instabilt	<2,5
		B: Måttligt instabilt	2,5-4
		C: Svagt instabilt	4<
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning (molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (mellan 15 -35 grader)) är associerade med neutral/måttlig turbulens	D: Neutral	0-15
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under natten.	E: Svagt stabilt	2,5<
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5

För att ta höjd för olika förhållanden av vindstyrka och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer:

- 2F: Stabilitetsklass F, vindhastighet 2 m/s
- 2D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 2 m/s
- 5D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 5 m/s

De valda väderscenerierna bedöms som representativa och rimligt konservativa.

Det görs även skillnad på väderfördelningen mellan dag och natt, där det under natten är mer vanligt med låga vindhastigheter och stabila väderförhållanden. Baserat på ovan data har följande fördelning av väderkombinationer valts:

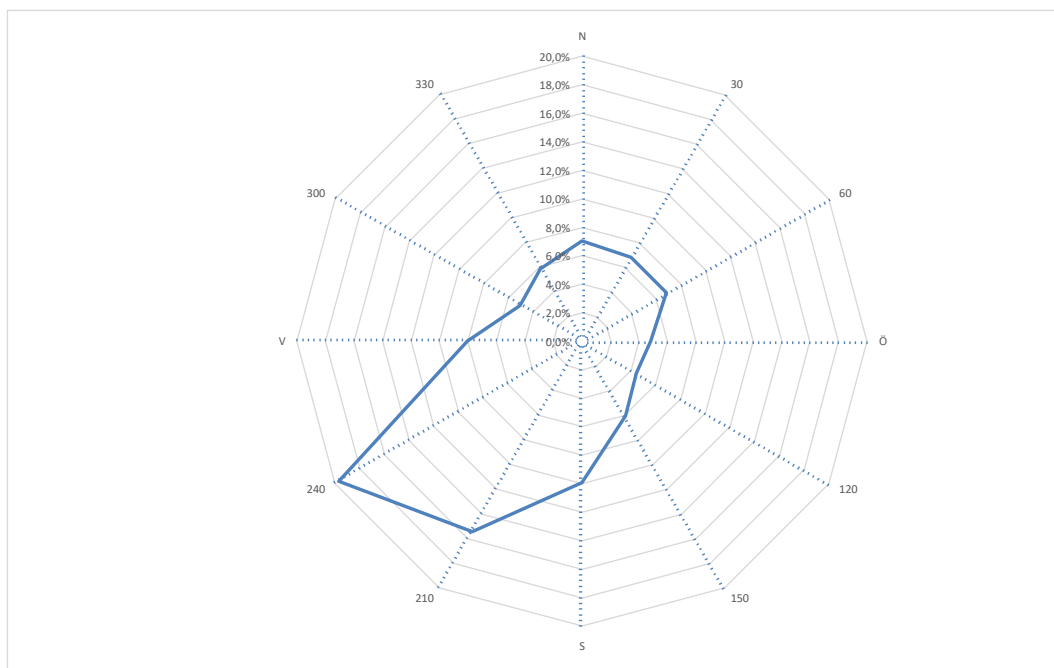
Beräkningsbilaga

Tabell 1-2. Fördelning av väderförhållanden.

	Dag	Natt
2F	5 %	10 %
2D	35 %	30 %
5D	60 %	60 %
Summa	100 %	100 %

1.1.3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig och brandfarlig gas. Förhärskande vindriktningar är sydväst till sydsydväst vilket sker ca 35 % av tiden det blåser > 1 m/s, se Figur 1-3. Vindriktningen anges alltid i det väderstreck som det blåser från.



Figur 1-3. Vindfördelning för mätstation Eskilstuna A, 1990-2019 (SMHI, 2018)

1.2 Trafikolycka järnväg

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" (Fredén, 2001). Modellen bygger på verksamhetens art (W), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka, samt felintensiteter (ξ) för de olika verksamheterna. Följande värden har ansatts som indata:

Beräkningsbilaga

Tabell 1-3. Indata till frekvensberäkning av urspårad vagn med farligt gods längs berörd sträcka.

Indata	
Studerad längd (km)	1
Spårklass	Klass A
Antal växlar på sträckan	0
Antal godståg/år 2040	2600
Genomsnittlig längd godståg (km)	0,450
Längd normalvagn	0,024
Antal godsvagnar per tåg i genomsnitt	18,75
Antal godsvagnar/år	48750
Antal FG-vagnar per godståg	1,8
Andel FG-vagnar per godståg	0,096
Antal FG-vagnar/år	4680
Andel FG-vagnar med 2 axlar	0,03
Andel FG-vagnar med 4 axlar	0,97
Vagnaxelkm godsvagnar (inkl. FG)	106860
Vagnaxelkm FG-vagnar	18440
Tågkilometer (godståg)	2600

För antal godståg har trafikverkets prognoser för 2040 använts (Trafikverket, 2018) och avrundats uppåt till närmsta hundratal (2600 godståg på år).

Förväntade antalet urspårningar beskrivs generellt som: $F(\text{olycka}) = W \cdot \xi$.
 Förväntad frekvens av urspårning av farligt gods-vagnar för respektive olyckstyp beräknas enligt noter i Tabell 1-4. Hänsyn tas till andelen vagnar som är lastade med farligt gods samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka, vilket är 3,5.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-4. Intensitetsfaktorer för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Beroendefaktor	Felintensitet	Godstrafik inkl. FG Frekvens/år	
Rälsbrott (A)	Vagnaxelkm (godståg)	5,00E-11	5,34E-06	
Solkurva (A)	Spårkm	1,00E-05	1,00E-05	
Vagnfel godståg	Vagnaxelkm (godståg)	3,10E-09	3,31E-04	
Lastförskjutning	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	4,27E-05	
Växel sliten, trasig	Antal växelpassager	5,00E-09	0	
Annan orsak	Tågkm (samtliga klasser)	5,70E-08	1,48E-04	
Okänd orsak	Tågkm (godståg)	1,40E-07	3,64E-04	
Spårlägesfel	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	4,27E-05	
		Summa	9,44E-04	
			Summa frekvens urspårning:	9,44E-04
			Sannolikhet urspårad FG vagn givet urspårning:	2,61E-01
			Frekvens urspårning farligt gods	2,47E-04

*Frekvenser beroende av vagnaxelkm har beräknats som $F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A$.

** Frekvenser beroende av spårkm eller tågkm har beräknats som

$F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A \cdot a$.

*** Frekvenser beroende av antal passager genom växel har beräknats som

$F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A \cdot a \cdot v$.

Frekvensen för en urspårningsolycka med en vagn innehållande farligt gods är

2,47E-04 per år. Detta motsvarar en urspårad farligt gods-vagn cirka vart 4050:e år vid området.

För att vidare beräkna frekvensen av en urspårning av ett godståg som transporterar farligt gods av ett visst ämne används fördelningen av transporterade mängder, vilken redovisas i huvudrapporten.

Mekanisk skada till följd av urspårad tåg vagn har ej beräknats då det kan antas inte medföra påverkan för bebyggelsen inom planområdet, vilket är ca 70 meter på kortaste avstånd.

Beräkningsbilaga

Nedan redovisas händelseträden för respektive olycksscenario.

1.3 Olycka brandfarlig gas

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage uppstår. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser med övertryck kan sannolikheten ansättas till 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med olycka (Fredén, 2001). De skadehändelser som kan uppkomma givet ett utsläpp av brandfarlig gas är jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

1.3.1 Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande (Purdy, 1993):

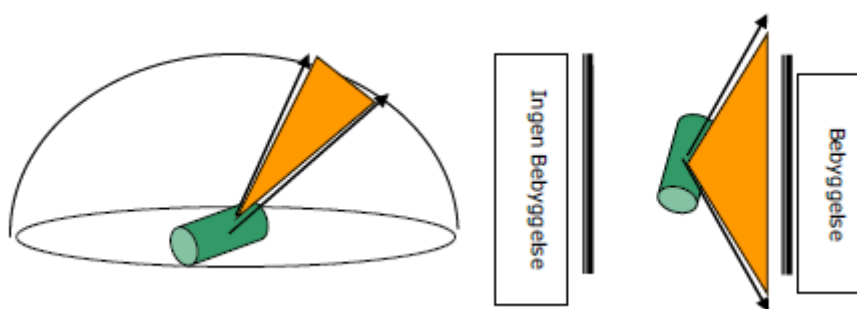
$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

$$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$$

Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både till den vertikala och också den horisontella riktningen. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad mot bebyggelsen antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), Figur 1-4. Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovsida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot området ansätts till:

$$S_{\text{jetbrand mot bebyggelse}} = 20/360 * 135/360 * 0,5 = 0,0104$$



Figur 1-4: Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

1.3.2 Gasmolnsbrand/explosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en

Beräkningsbilaga

explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage (Purdy, 1993) men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

$$S_{\text{sen antändning litet läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{sen antändning stort läckage}} = 0,5$$

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta sker när vindriktningen är mot området. Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i Figur 1-5.

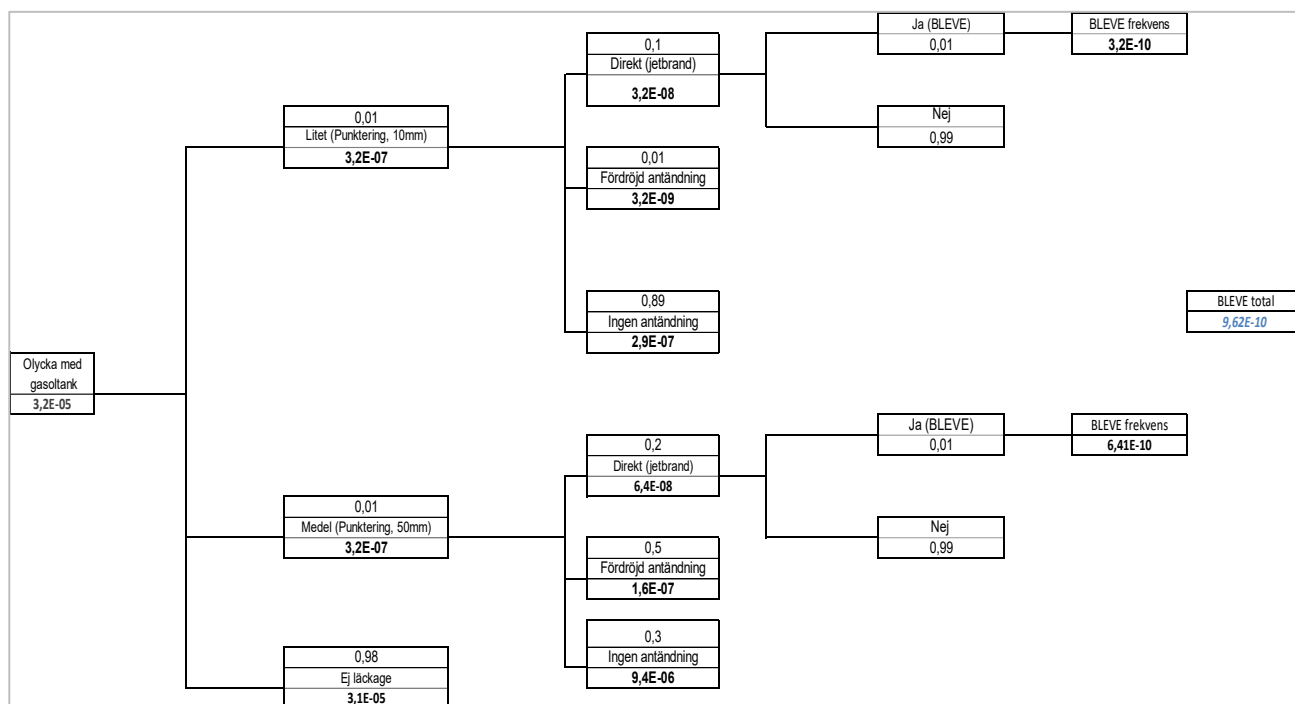
1.3.3 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska. I Tabell 1-5 visas frekvenser som används som indataparametrar i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018). Av beräkningsprogrammets natur behöver BLEVE simuleras med en egen frekvens.

Tabell 1-5. Frekvenser för scenarier som involverar brandfarlig gas som används i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Scenario	Frekvens [år^{-1}]
Litet läckage	3,2E-7
Stort läckage	3,2E-7
BLEVE	9,6E-10

Beräkningsbilaga



Figur 1-5: Händelseträd med frekvenser vid olycksscenario med brännbar gas.

1.4 Olycka giftig gas

Vid ett utsläpp av giftig gas har vindstyrka och riktning en stor inverkan på konsekvenserna. Platsspecifika väderdata presenteras i tidigare avsnitt och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

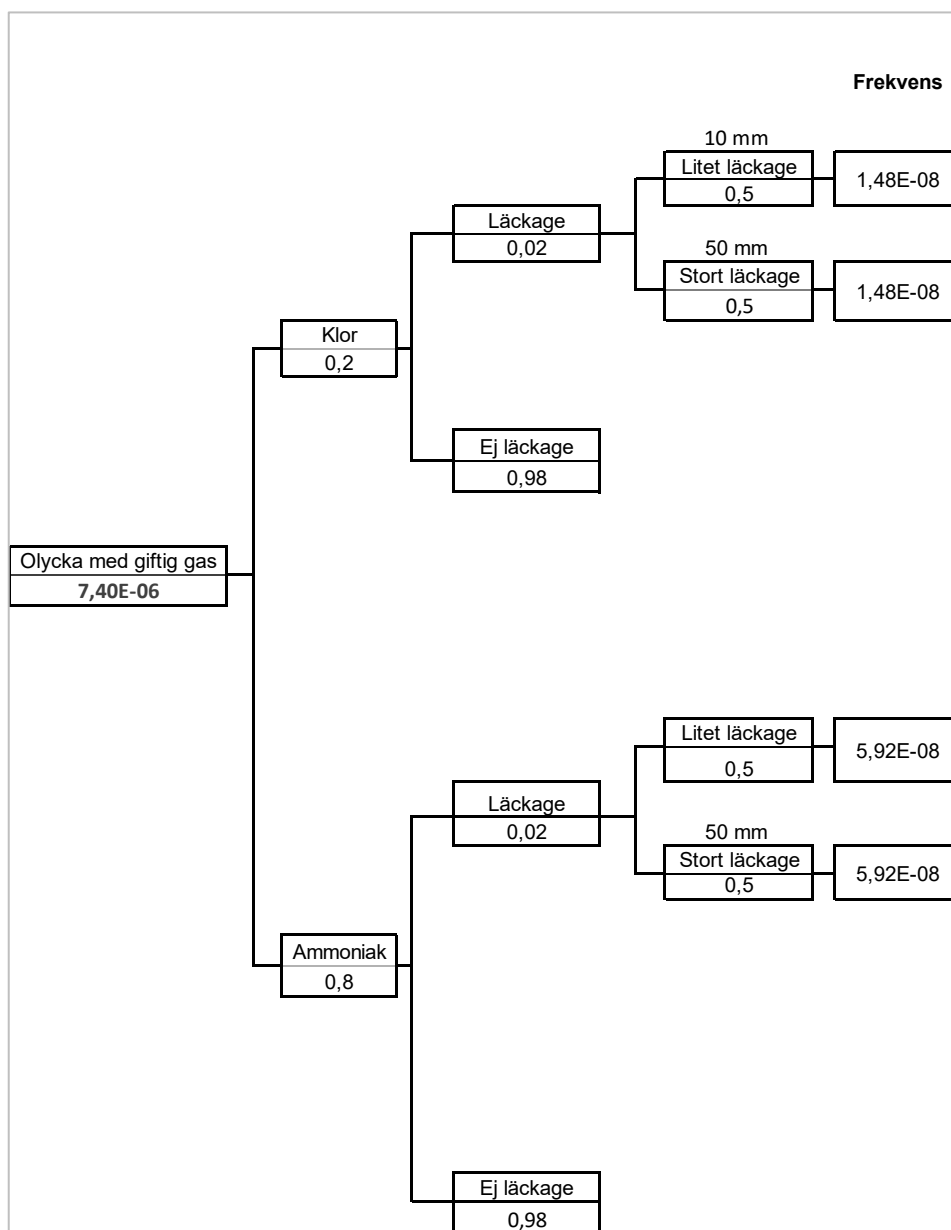
Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter (0,01) som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning då dessa transporteras under liknande förhållanden. Gaserna antas vara ammoniak (80 %) och klor (20 %). Givet ett läckage kan sannolikheten för stort hål (50 mm diameter) respektive liten punktering (10 mm diameter) ansättas till 0,5 för respektive (Fredén, 2001).

$S_{\text{liten punktering}} = 0,01$

$S_{\text{stort hål}} = 0,01$

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 1-6.

Beräkningsbilaga



Figur 1-6: Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas.

1.5 Olycka brandfarlig vätska

Klass 3 består av en rad olika brandfarliga vätskor; dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin, olika typer av eldningsoljor och även förnyelsebara drivmedel, samt dels andra typer av brandfarliga vätskor som exempelvis lösningsmedel, tändvätskor, parfym, alkoholhaltiga drycker (70 procent) och liknande.

Den exakta fördelningen mellan petroleumbaserade drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. Det antas därför att hela klassen utgörs av drivmedel i brist på underlag

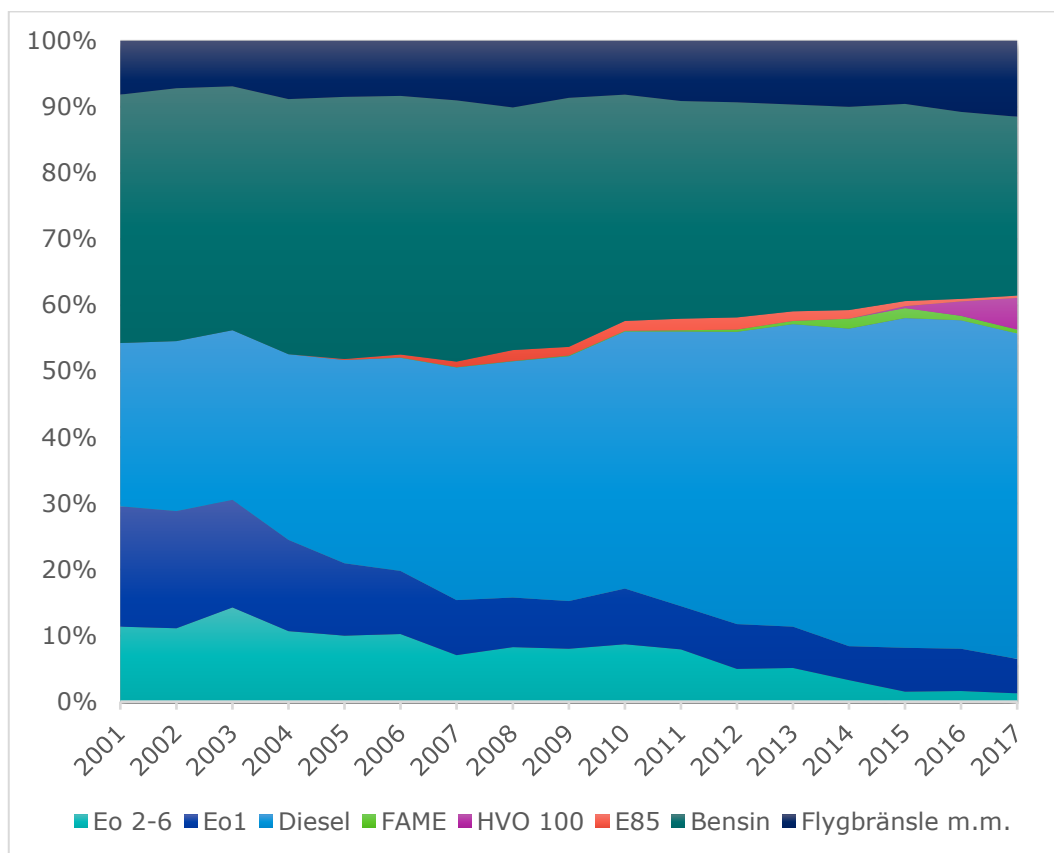
Beräkningsbilaga

om detta. Ett antagande om vilka eller vilket ämnen som kommer att beräknas avseende klass 3 i denna riskutredning, baseras därefter på statistik avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken kommer från Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, som bearbetat statistik från SCB och Energimyndigheten. Denna statistik antas gälla både för transporter på lastbil och järnväg. Fördelningen inom klass 3 visas i Tabell 1-6 och Figur 1-7.

Tabell 1-6. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes). (SPBI, 2018)

Fördelning av petroleumprodukter och förnybara drivmedel								
År	Eo 2-6	Eo1	Diesel	FAME	HVO 100	E85	Bensin	Flygbränsle m.m.
2001	11%	18%	25%	0%	0%	0%	38%	8%
2002	11%	18%	26%	0%	0%	0%	38%	7%
2003	14%	16%	26%	0%	0%	0%	37%	7%
2004	11%	14%	28%	0%	0%	0%	39%	9%
2005	10%	11%	31%	0%	0%	0%	40%	8%
2006	10%	10%	32%	0%	0%	0%	39%	8%
2007	7%	8%	35%	0%	0%	1%	40%	9%
2008	8%	8%	36%	0%	0%	2%	37%	10%
2009	8%	7%	37%	0%	0%	1%	38%	9%
2010	9%	8%	39%	0%	0%	1%	34%	8%
2011	8%	7%	42%	0%	0%	2%	33%	9%
2012	5%	7%	44%	0%	0%	2%	33%	9%
2013	5%	6%	46%	0%	0%	1%	31%	10%
2014	3%	5%	48%	2%	0%	1%	31%	10%
2015	2%	7%	50%	2%	0%	1%	30%	10%
2016	2%	6%	50%	1%	2%	0%	28%	11%
2017	1%	5%	49%	1%	5%	0%	27%	11%

Beräkningsbilaga



Figur 1-7. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes). (SPBI, 2018)

Som framgår av ovan är diesel den vanligaste transporterade drivmedlet och utgörs av ca 48 %. Därefter följer bensin med 27 % och flygfotogen med 11 %. Samtliga avser 2017 års siffror.

Bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet i termer av konsekvenser och avseende lättantändlighet inom drivmedlen. Detta på grund av att ämnet har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av utsläpp. Flygbränslen och diesel hanteras båda under sina flampunkter, fast flygbränslen som fotogen har något kortare kolkedjor än diesel.

I denna utredning förenklas den stora spridningen av olika typer av drivmedlen till att endast bestå av bensin och resterande ämnen (diesel, flygbränsle osv.) Fördelningen utgår från siffror avseende 2017 enligt tabell och diagram ovan men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter och bibehålla konservatism:

Resterande (representeras av n-dodekan): 0,60

Bensin (representeras av pentan): 0,40

Beräkningsbilaga

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker är hastighetsberoende. Med konservatism ansätts denna parameter till 0,10.

Tre olika utsläppsvolymer antas i utredning i enlighet med (TNO Purple Book, 2005b). De tre volymerna ger olika potentiella pölstorlekar.

Tabell 1-7. Utsläppsvolymer med korresponderande pölstorlekar och sannolikheter som används i konsekvensberäkningarna för pölbränder. Indata gäller både pentan och dodekan.

Utsläppsvolym	Pölstorlek	Sannolikhet givet utsläpp
0,5 m³ Motsvarar ett mindre utsläpp	100 m ²	25 %
5 m³ Motsvarar en fackvolym	200 m ²	60 %
30 m³ Motsvarar hela tankvolymen	350 m ²	15 %

Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin, pentan och etanol antänds t.ex. lättare än diesel, dodekan och eldningsolja. Sannolikheter för antändning som används i beräkningsprogrammet är i enlighet med (TNO Purple Book, 2005b):

Tabell 1-8. Antändningssannolikheter i frekvensberäkningarna för pölbrand av pentan respektive dodekan (TNO Purple Book, 2005b).

Brandfarlig vätska	Sannolikhet för direkt antändning	Sannolikhet för fördröjd antändning
Pentan (representerar bensin och andra lättantändliga vätskor)	6,5 %	6,5 %
Dodekan (representerar diesel, eldningsolja och andra svårantändliga vätskor)	0,43 %	-

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 1-8.

Beräkningsbilaga

Olycka	Ämne	Läckage	Pölstrolek	Frekvens RC
Olycka med brandfarlig vätska 1,11E-04	Bensin 40%	Läckage 10%	LITET (0,5m3) 25%	1,3E-06
		Ej läckage 90%	MEDEL (5m3) 60%	2,7E-06
			STORT (30m3) 15%	6,7E-07
	Dodekan 60%	Läckage 10%	LITET (0,5m3) 25%	1,9E-06
		Ej läckage 90%	MEDEL (5m3) 60%	4,0E-06
			STORT (30m3) 15%	1,0E-06

Figur 1-8: Händelseträäd för olycka med brandfarlig vätska.

1.6 Olycka med oxiderande ämne

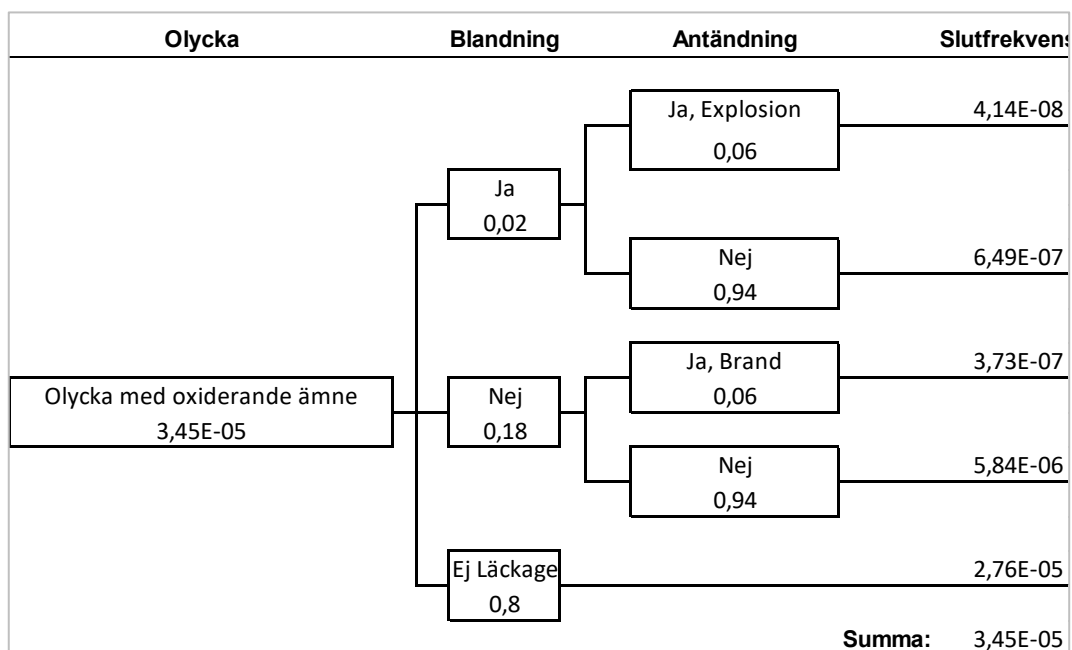
Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2) medföra brand eller explosion. Explosion är främst möjligt vid de fall det oxiderande materialet transporteras i höga koncentrationer och sammanblandas med organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. För väteperoxid kan ämnet sönderfalla i koncentrationer över 20 vikt-% och ämnet är detonerbart vid koncentrationer över 90 %. Väteperoxid med koncentration under 60 % ger normalt inte upphov till några reaktioner som leder till tryckvåg. (MSB, 1999).

Avseende de typer av organiska peroxider (klass 5.2) som kräver kylta förhållanden kan även brand- och explosionsförlopp inträffa om kylningen på något sätt fallerar eller att ämnets SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature) överskrider, exempelvis av en extern brand. (MSB, 1996)

Tyvärr finns inga kända uppgifter om andelen av dessa mer farliga typer av klass 5.2 som andel av hela klass 5. På grund av bristande statistiskt underlag kring detta blir det därför svårt att uppskatta en fördelning delklasserna emellan. En erfarenhetsmässig bedömning är dock att olika koncentrationer av väteperoxid torde var den vanligaste typen av ämne inom denna klass och att de organiska peroxiderna är mindre vanliga. Det antas därför grovt att hela klass 5 består av oxiderande ämnen.

Brandscenarier med oxiderande ämnen antas konservativt ge liknande konsekvenser som för brandfarlig vätska avseende brand och för explosion bedöms ämnet kunna likställas med explosivämnen (se nedan). I frekvensberäkningarna har hälften av andelen oxiderande ämnen adderats till brandfarlig vätska och hälften till explosivämnen, vidare görs samma antaganden om scenarioindelning och antändningssannolikheter.

Beräkningsbilaga



Figur 1-9: Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen.

1.7 Olycka explosiva ämnen

Explosivämnen inkluderades inte i beräkningarna efter att riskinventeringen gjorts. Däremot kan oxiderande ämnen ge upphov till explosionsförlopp. Slutfrekvens för detta scenario beräknas i händelseträderna nedan.

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1 transporteras, vilket ger olika potentiella olycksscenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Då oxiderande ämnen inte förväntas explodera på ett sätt liknande 16 ton explosivämnen kommer dessa mindre mängder (20 kg TNT) att inkluderas i konsekvensberäkningarna.

1.8 Summering frekvensberäkningar

Tabell 1-9 Summering av frekvensberäkningar.

Skadehändelse	Frekvens
Liten explosion (ADR klass 1)	4,14E-8
Stor explosion (ADR klass 1)	-
Litet utsläpp av brandfarlig gas (ADR klass 2.1)	3,21E-7
Stort utsläpp av brandfarlig gas (ADR klass 2.1)	3,21E-7
BLEVE (ADR klass 2.1)	9,62E-10

Beräkningsbilaga

Litet utsläpp av giftig gas, ammoniak (ADR klass 2.3)	5,92E-8
Stort utsläpp av giftig gas, ammoniak (ADR klass 2.3)	5,92E-8
Litet utsläpp av giftig gas, klor (ADR klass 2.3)	1,48E-8
Stort utsläpp av giftig gas, klor (ADR klass 2.3)	1,48E-8
Litet utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	1,85E-06
Mellanstort utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	4,00E-06
Stort utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	9,99E-07
Litet utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	1,30E-06
Mellanstort utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	2,66E-06
Stort utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	6,66E-07

Beräkningsbilaga

2 Bilaga B – Konsekvensberäkning

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Yellow Book, 2005a). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

2.1 Generella skadekriterier

I beräkningar har hänsyn tagits till varierande persontäthet dag- och nattetid, samt att persontätheten varierar beroende på avstånd till riskobjektet. Dessa antaganden redovisas i huvudrapporten. Nedan redogörs för övriga antaganden som gjorts för beräkning av antalet omkomna vid olika skadehändelser.

Tabell 2-1. Skadekriterier som används i beräkningarna.

Parameter	Värde	Kommentar
Mottagarhöjd Z _d (m)	1,5	
Letal fraktion inom flamma eller gasmolnsbrand	100 %	
Värmestrålningsnivå vid total destruktion (kW/m ²)	35	
Letalitet vid total destruktion (inomhus och utomhus) (-)	100 %	
Maximal exponeringstid för värmestrålning, (s)	20	
Probit funktion, värmestrålning	$Pr = -36,38 + 2,56 \ln(q_{1,33}) * t$	q = värmestrålningen i W/m ² och t = exponeringstiden i sekunder, (TNO Green Book, 1992)
Peak tryck för total destruktion (inomhus och utomhus) (mbar)	300	
Peak tryck för letalitet inomhus på grund av glassplitter (mbar)	100	
Letalitet av glassplitter (-)	0,025	
Inomhus:utomhus letalitet av toxisk effekt (-)	0,1	
Maximal tid till personer har satts i säkerhet (s)	1800	

Beräkningsbilaga

2.2 Olycka med explosiva ämnen

Människor som exponeras för en explosion utsätts för en tryckhöjning som är skadlig över vissa gränsvärden. Konsekvenserna av explosioner representeras av resulterande övertryck i tryckvågen och den effekt den har på personerna i planområdet.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och andra inre organ och dödliga skador kan uppkomma. I Tabell 2-2 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus (FOA, 1998).

Tabell 2-2. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1% döda)	180
10% döda	210
50% döda	260
90% döda	300
99% döda	350

För individriskkurvan används värdet där 1 % förväntas omkomma, 180 kPa vilket är konservativt med en faktor 100.

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck och draglasters påverkan på bärverket. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i Tabell 2-3. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 2-3. Gränsvärden för skador på byggnadsstomme för olika konstruktioner.

Byggnadsmaterial	Trycktålighet
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i "Yellow book" (TNO Yellow Book, 2005a). Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, varvid massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från gasmolnsexplosion beräknas därefter.

Vi söker därför den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT från nedanstående samband:

Beräkningsbilaga

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_d(TNT)}{\Delta H_c(gas) \cdot Y}$$

Där

m_{gas} = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]

m_{TNT} = massa TNT [kg]

$\Delta H_c(gas)$ = förbränningsvärme gas [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = förbränningsvärme TNT [J/kg]

Y = effektivitetsfaktor [-]

Effektivitetsfaktorn Y beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i (TNO Yellow Book, 2005a) till

$Y = 0.2$

$\Delta H_c(CH_4) = 5,6E+07$ [J/kg]

$\Delta H_d(TNT) = 4,18E+06$ [J/kg]

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 2-4.

Tabell 2-4. TNT-ekvivalenter av metan.

Massa TNT [Kg]	Massa CH4 [Kg]
20	7,5
16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt formeln nedan (FOA, 1998).

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

Där

\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

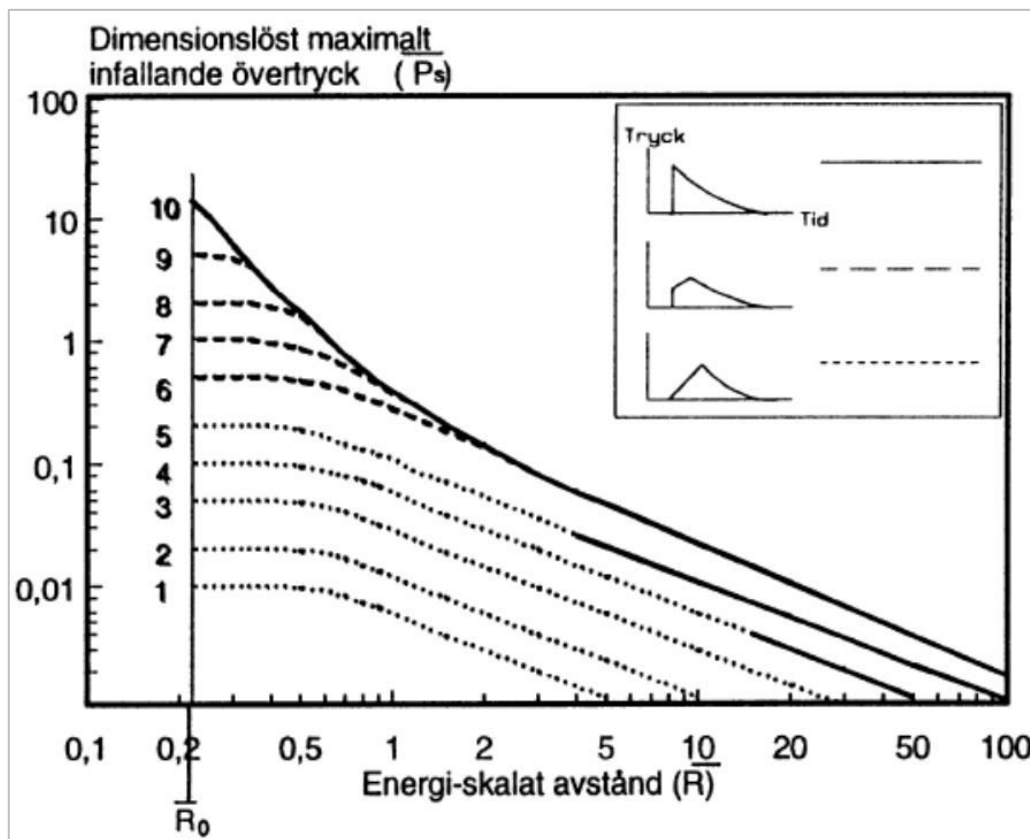
R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 2-1 nedan (FOA, 1998).

Beräkningsbilaga



Figur 2-1. Maximalt dimensionslöst tryck. För beräkningarna har den högsta detonationsklassen (10) antagits för liten mängd TNT och detonationsklass 9 för den stora mängden TNT, då de olika underklasserna i klass bäst stämmer överens med dessa utseenden i tryck-tidsambandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 2-1 kan explosionsövertrycket bestämmas genom

$$\bar{P} = \frac{P_s}{P_0}$$

Där

\bar{P} = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Trycket beräknas för respektive avstånd vilket ger avstånd till kritiskt tryck enligt Tabell 2-5.

Beräkningsbilaga

Tabell 2-5. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplivt ämne.

Massa TNT [kg]	Avstånd till dödsfall [m]
20	8
16 000	65

Antalet döda i olycka med explosivämnen kan nu bestämmas genom att jämföra personbelastningen med de aktuella övertrycken i området, Tabell 2-5 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 2-2.

Avståndet till 50% döda för 20 kg explosivämne sätts till 10 m för individrisken, medan nivån för 16 000kg beräknas till 40 m.

Tryck över 10 kPa antas få glas/fönsterrutor att gå sönder, tryck över 20 kPa antas få bärverk att kollapsa generellt. Byggnadsdelar som först exponeras för explosion antas absorbera en del av energin. För att få fler datapunkter har gränsvärdet för 1% döda (180 kPa) istället antagits ge 10 % döda.

2.3 Olycka brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i ett släp antas vara ca 40 ton. Beräkningarna anses vara giltiga för både järnväg och olycka på motorväg. För motorväg bedöms detta vara ett konservativt antagande, och mer rimligt för transport på järnväg.

Vidare antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom det har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

Två olika utsläppsstorlekar (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 10 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 50 mm)

I tillägg simuleras även BLEVE men i konsekvensberäkningarna är händelsen oberoende av hålstorlek.

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckage-storlek, tiden till 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. I beräkningarna antas att utsläppet sker i vätskefasen. Dels ger detta de största konsekvenserna och dels anses detta det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

Som nämns i huvudrapporten används beräkningsprogrammet Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018) för konsekvensberäkningar. De indata som används i programmet för att simulera konsekvensområden för jetflamma, gasmoln och BLEVE presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m

Beräkningsbilaga

- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE)
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt
- Fraktion gasmoln som deltar i explosion 0,4

Tabell 2-6: Avstånd för relevanta skadehändelser med brandfarlig gas beroende på väderförhållanden. Beräkningarna är gjorda med programvaran (TNO Riskcurves, 2018). Konsekvenserna vid en BLEVE är i praktiken oberoende av väderförhållandena, varför de presenteras i en separat tabell.

Konsekvens	Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
		D5	D2	F2
100 mbar övertryck	Gasmolns-explosion	100	124	158
20 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	97	110	113
15 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	102	114	118
10 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	110	122	125
Avstånd till UFL (upper flammability limit)	Kortaste avstånd till antändbart gasmoln	23	23	27
Avstånd till LFL (lower flammability limit)	Längsta avstånd till antändbart gasmoln	77	93	138
Avstånd till 50 % av LFL	-	124	158	266

Tabell 2-7. Konsekvensavstånd för BLEVE.

Konsekvens	Konsekvensavstånd BLEVE [m]
20 kW/m ² värmestrålning	206
15 kW/m ² värmestrålning	251
10 kW/m ² värmestrålning	321

2.4 Olycka giftig gas

Spridningsberäkningar för giftiga gasmoln har gjorts i programvaran (TNO Riskcurves, 2018). Spridningssimuleringar har gjorts för giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor). Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Dessa data presenterades i tidigare

Beräkningsbilaga

avsnitt. Samma hålstorlekar har använts som för brandfarliga gaser, det vill säga 10 och 50 mm.

För att beräkna konsekvensområdets utbredning används Acute Exposure Guideline Level (AEGL). AEGL-1-3 avser en exponeringsnivå av luftburna partiklar där en individ (inklusive känsliga individer) kan uppleva besvär, kan få irreversibla hälsoeffekter och drabbas av livshotande skador/död. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma och används också i beräkningarna. AEGL-3 för ammoniak avseende 30 minuters exponering är 1600 ppm (EPA, 2016). AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm. Varaktigheten är avgörande för dosen, d.v.s. kort utsläppstid medför hög koncentration men kort påverkanstid.

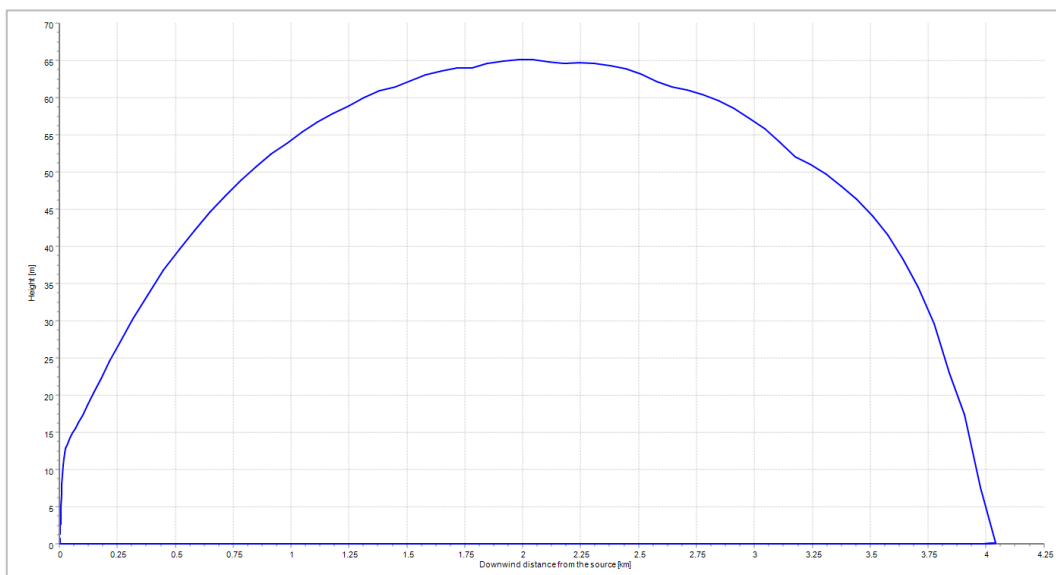
Påverkan inomhus bedöms reduceras med en faktor tio, enligt vad som anges i Purple Book (TNO Purple Book, 2005b). Om friskluftsintag placeras vid fasad bort från vägen uppskattas påverkan inomhus reduceras ytterligare med en faktor tio. De indata som används i programmet (TNO Riskcurves, 2018) för att simulera konsekvensområden utsläpp av giftig gas presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- Lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- Liten håldiameter: 10 mm
- Stor håldiameter: 50 mm
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt

Tabell 2-8. Avstånd till AEGL-3 (30 min exponering)-värdet för respektive utsläppsscenario och väderförhållande.

Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
	D5	D2	F2
Litet ammoniakutsläpp	118	165	344
Stort ammoniakutsläpp	788	928	1873
Litet klorutsläpp	665	1057	3492
Stort klorutsläpp	4050	6094	12749

Beräkningsbilaga



Figur 2-2. Konsekvensberäkning av stort klorutsläpp vid väderscenario D5. Konturen avser avstånd till nivåer för AEGL-3 (30 minuters exponering) utomhus.

2.5 Olycka brandfarlig vätska

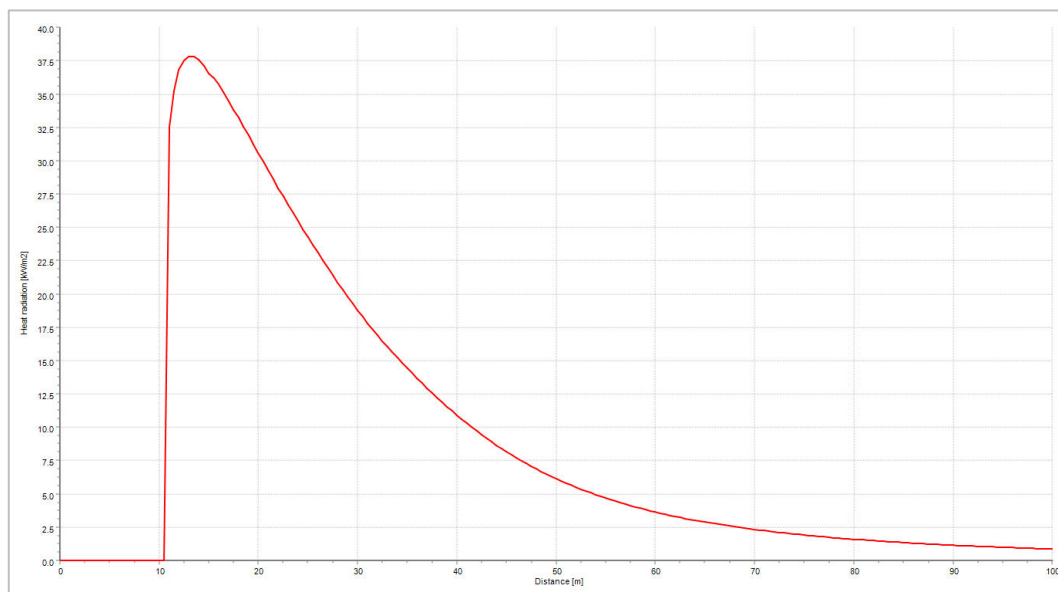
I konsekvensberäkningen användas bensin, som representeras av pentan, och dodekan ($C_{12}H_{26}$) för att modellera resterande brandfarliga vätskor (dvs diesel, flygbränslen). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande då detta ger högre värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som kanske skulle efterspegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 2-9 redovisas de utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar som använts vid beräkningarna tillsammans med de beräknade flamlängderna och avstånd till strålningsnivåer.

Tabell 2-9. Utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar samt beräknade flamlängder beroende på väderförhållanden och avstånd till olika strålningsnivåer.

Ämne	Volym [m ³]	Pölstorlek [m ²]	Flamlängd [m]			Avstånd [m]		
			D5	D2	F2	10 kW/m ²	15 kW/m ²	20 kW/m ²
Bensin/ pentan	0,5	100	19	23	23	24	19	16
	5	200	25	29	29	32	26	22
	30	350	30	34	35	41	33	28
Dodekan / diesel	0,5	100	12	14	14	19	16	13
	5	200	15	19	19	25	21	18
	30	350	19	23	23	32	27	23

I Figur 2-3 redovisas konsekvensberäkning för pölbrand på 30 m³ med pentan (bensin) för väderscenario D5.

Beräkningsbilaga



Figur 2-3. Konsekvensberäkning för värmestrålning som konsekvens av avståndet från utsläppskällan. Avser stor pölbrand (30 m³) med pentan (bensin) och vädersscenario D5.

2.6 Olycka med oxiderande ämne

De två konsekvenserna av olycka med klass 5, som approximeras med oxiderande ämnen, är pölbrand och explosion. Pölbränderna antas fördela sig enligt samma konsekvenser som för brandfarlig vätska, klass 3. Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1.

Beräkningsbilaga

Referenser

- EPA. (2016, 08 29). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Retrieved from EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*.
- FOI. (2013). *Osäkerheter i observationer och beräkningar*. FOI-R--3764--SE: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*,. Borlänge: Banverket.
- MSB. (1996). *SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider*.
- MSB. (1999). *SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid*.
- Purdy, G. (1993). *Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- SMHI. (2018, 09 04). *Öppna data*. Retrieved from <http://www.smhi.se/klimatdata/Oppna-data>: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/#>
- SPBI. (2018). *Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel*. Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, <https://spbi.se/statistik/volymer/>.
- TNO Green Book. (1992). *Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials Green Book*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Purple Book. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Riskcurves. (2018). *RISKCURVES 10.1.9.12276*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-software-for-quantitative-risk-assessment/>
- TNO Yellow Book. (2005a). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- Trafikverket. (2018). *Nationell vägdatabas (NVDB) på webb*. Retrieved 09 03, 2018, from <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>

Beräkningsbilaga