

# Rapport

Handläggare  
Tove Raquette  
Telefon  
010 505 64 20  
Mobil  
0722 05 69 76  
E-post  
tove.raquette@afry.com

Datum  
2022-09-05  
Projekt ID  
D0069179  
Beställare  
Edvin Hansson  
E-post  
edvin.Hansson@engelholm.se

Kund  
Ängelholms kommun

## Riskutredning för Programmeraren 1 m.fl.



Uppdragsledare: Jennifer Wolsing  
Handläggare: Tove Raquette  
Intern kvalitetsgranskning: Jennie Ossmark Torstensson

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	6
1.1	Syfte och mål .....	6
1.2	Avgränsningar .....	6
2	Styrande lagstiftning och riktlinjer .....	7
2.1	Aktuella riktlinjer.....	7
2.2	Trafikverket.....	9
3	Metod .....	10
3.1	Programvara.....	11
3.2	Kvantitativa riskmått .....	11
3.2.1	Individrisk.....	11
3.2.2	Samhällsrisk.....	11
3.3	Riskvärdering .....	12
3.3.1	RIKTSAM – Skånes riskkriterier.....	12
4	Beskrivning av planområde.....	14
4.1	Skyddsvärda objekt.....	15
4.1.1	Personbelastning.....	15
5	Riskobjekt .....	19
5.1	Godsstråket genom Skåne.....	19
5.1.1	Trafikuppgifter.....	19
6	Olycksinventering .....	21
6.1	Urspårning av tåg.....	21
6.2	Olycka med farligt gods .....	21
6.2.1	Olycksscenarier vid olycka med farligt gods.....	22
6.3	Sammanfattning av aktuella olycksscenarier.....	27
7	Risکانالys och riskvärdering .....	28
7.1	Individrisk .....	28
7.1.1	Urspårning av tåg .....	28
7.1.2	Olycka med farligt gods .....	29
7.2	Samhällsrisk.....	30
7.3	Sammanfattande riskvärdering .....	31
8	Känslighets- och osäkerhetsanalys .....	32
8.1	Känslighetsanalys.....	32
8.1.1	Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor .....	32
8.1.2	Personbelastning.....	32
8.1.3	Konsekvenser för studerade olycksscenarier .....	32
8.2	Osäkerhetsanalys.....	33
8.2.1	Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor .....	33

8.2.2	Personbelastning.....	34
8.2.3	Konsekvenser för studerade olycksscenarier.....	35
8.2.4	Avstånd från järnväg.....	35
9	Riskreducerande åtgärder.....	36
9.1	Skyddsavstånd.....	36
9.2	Utrymningsvägar och entréer.....	36
9.3	Ventilation.....	37
9.4	Brandtekniskt skydd.....	37
10	Slutsatser.....	38
11	Referenser.....	39

## Dokumenthistorik

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Revidering</b>	<b>Handläggare</b>
1.0	2022-09-05	Första utgivna version	Tove Raquette

## Sammanfattning

I Ängelholms kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla detaljplan Programmeraren 1 m.fl. inom södra Ängelholms tätort. Planområdet är beläget vid järnvägen, godsstråket genom Skåne. Den största delen av området är inte exploaterat idag och utgörs huvudsakligen av jordbruksmark, men är sedan tidigare planlagt för industriändamål och är en del av ett befintligt industriområde.

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på järnvägen.

Målet är att ta fram en riskutredning där aktuella risker är kvantifierade och värderade mot befintliga riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms acceptabla ska nödvändiga åtgärder utredas och presenteras.

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från urspårning av tåg är förhöjd i nära anslutning till järnvägen men bedöms som acceptabel på avstånd bortom 10 m från järnvägen.
- Individrisken från olyckor med farligt gods, för markanvändning enligt zon B och C, ligger inom risknivån för acceptabel risk på samtliga avstånd.
- Samhällsrisken för utvecklingsalternativet ligger inom området för acceptabel risk.

Baserat på resultaten krävs att skyddsavstånd efterföljs:

- **Skyddsavstånd**  
Bebyggelse ska inte placeras inom ett avstånd om 10 m från järnvägen.

Dock bör riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt övervägas även om risken är acceptabel.

Följande ytterligare riskreducerande åtgärder bör övervägas men utgör inte ett krav för föreslagen etablering:

- **Utrymningsvägar och entréer**  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från järnvägen och huvudsakliga entréer är placerade bort från järnvägen.
- **Ventilation**  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att luftintag dels placeras på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placeras så att de vetter bort från järnvägen.
- **Brandtekniskt skydd**  
Fasader till den första raden av bebyggelse inom 30 m från järnvägen rekommenderas utföras i ett obrännbart material.

Givet att etablering i samband med utvecklingen av detaljplan Programmeraren 1 m.fl. följer beskrivning och presenterat skyddsavstånd bedöms risken som acceptabel.

## 1 Inledning

I Ängelholms kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla detaljplan Programmeraren 1 m.fl. inom södra Ängelholms tätort. Planområdet är beläget vid järnvägen, godsstråket genom Skåne. Den största delen av området är inte exploaterat idag och utgörs huvudsakligen av jordbruksmark, men är sedan tidigare planlagt för industriändamål och är en del av ett befintligt industriområde. Det finns i dagsläget tre byggnader inom planområdet som inhyser diverse verksamheter.

Syftet med detaljplanen är att pröva planläggning för nya verksamheter, med inriktning mot lager och logistik. En ny detaljplan skulle innebära en utökad byggrätt, både sett till exploateringsgrad och byggnadshöjd. Eftersom planområdet ligger i anslutning till järnväg för transport av farligt gods finns ett behov av att utreda de risker som finns kopplat till detta.

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på järnvägen.

Målet är att ta fram en riskutredning där aktuella risker är kvantifierade och värderade mot befintliga riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms acceptabla ska nödvändiga åtgärder utredas och presenteras.

### 1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planområdet för detaljplan för Programmeraren 1 m.fl. med omkringliggande områden.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta oavsiktliga olyckor på järnvägen med koppling till urspårning av tåg samt transport av farligt gods. Med olyckor avses händelser där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Olyckor som omfattas är sådana som medför påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall utreds ej.

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 som förväntas medföra dödsfall.

För att den planerade bebyggelsen även ska vara hållbar ur ett riskperspektiv och för att resultatet ska vara aktuellt för en framtida förändring av transportererna på transportlederna förbi planområdet utgår analysen från prognosår 2040. Därmed har förväntad trafikering av järnvägen och förväntad personbelastning för 2040 tillämpats.

## 2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Plan- och bygglagen (2010:900) samt Miljöbalken (1998:808) är lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras. I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand samt mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I miljöbalken anges att val av plats för en verksamhet ska göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

I lagtext anges det inte i detalj hur riskanalyser 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 riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika markanvändning som kan användas vid planering.

### 2.1 Aktuella riktlinjer

I denna utredning används Länsstyrelsen i Skåne läns vägledning RIKTSAM, "*Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*" [1]. Enligt RIKTSAM skall risker alltid hanteras vid framtagandet av en detaljplan då avståndet till en led med farligt gods understiger 150 meter.

Riktlinjerna i RIKTSAM har utformats som tre olika vägledningar:

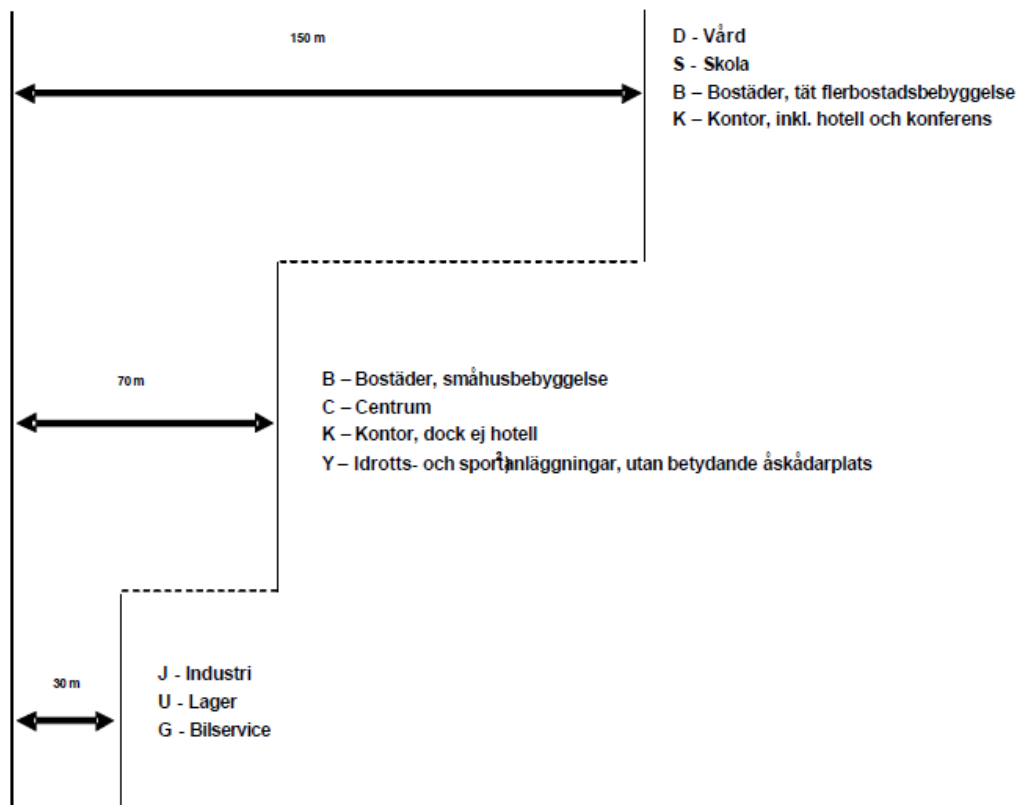
- Vägledning 1 baseras enbart på skyddsavstånd.
- Vägledning 2 baseras på deterministiska kriterier.
- Vägledning 3 baseras på både deterministiska och probabilistiska kriterier avseende individ- och samhällsrisk.

Vilken vägledning som används beror på vilken markanvändning som planeras och på vilket avstånd från transportleden som markanvändningen ska etableras.

Länsstyrelsen i Skåne län presenterar ett system för riskvärdering i sina riktlinjer. Riktlinjerna bygger på en zonindelning för olika markanvändning, där följande kriterier utgör grunden för indelningen:

- Antal personer i en byggnad eller ett område. Större antal personer innebär att samhällsriskerna är större.
- Persontätheten i en byggnad eller i ett område. Många personer på samma plats innebär större sannolikhet för ett stort skadeutfall. Indirekt ger ökad persontäthet ett större antal personer.
- Satus på personer (vakna/sovande). Vakna personer har bättre möjlighet att inse fara och att påverka sin säkerhet.
- Förmåga att inse fara och möjlighet att själv påverka sin säkerhet. Vuxna människor med full rörlighet har bättre möjligheter att påverka sin situation, än t.ex. små barn och personer med vissa funktionshinder.
- Kännedom om byggnader och område. Kunskap om byggnader och område ger en större trygghet och möjlighet att agera än i okända byggnader eller område.

RIKTSAM beskriver vidare att det finns fyra zoner vid transportleden som är viktiga vid övervägandet om val av vägledning, se Figur 2-1.



Figur 2-1. Föreslagna avstånd till markanvändning enligt RIKTSAM.

### 1. Området 0–30 meter (zon A)

Vid området närmast leden för transport av farligt gods bör markanvändningen begränsas så att markanvändningen inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Riktlinjerna rekommenderar att det bebyggelsefria avståndet uppgår till 30 meter från riskkällan då det ger en betydande reduktion av risknivån.

Exempel på lämplig markanvändning är parkering, trafik, odling, friluftsområde och tekniska anläggningar.

### 2. Området 30–70 meter (zon B)

I området närmast leden för transport av farligt gods efter det bebyggelsefria området bör markanvändningen begränsas. Här rekommenderas det att få personer ska uppehålla sig samt att dessa är i ett vaket tillstånd. Inom detta område kan betydande påverkan uppstå i händelse av en olycka med farligt gods.

Exempel på lämplig markanvändning är handel (sällanköpshandel), industri, bilservice, lager (utan betydande handel), tekniska anläggningar (övriga anläggningar) och parkering (övrig parkering).



### **3. Området 70–150 meter (zon C)**

Inom området 70–150 meter kan, enligt RIKTSAM, de flesta typer av markanvändningar etableras utan särskilda åtgärder eller analyser. De markanvändningar som utgör undantaget är sådana som innefattar många eller utsatta personer.

Exempel på lämplig markanvändning är bostäder (småhusbebyggelse), handel (övrig handel), kontor (i ett plan, dock ej hotell), lager (även med betydande handel), idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarpplats), centrum och kultur.

### **4. Området mer än 150 meter från led för farligt gods (zon D)**

En yttre gräns för riskbedömningsområde sätts till 150 meter i RIKTSAM. Utanför detta avstånd kan byggnader för alla typer av normalt förekommande användningsområden etableras utan särskild hänsyn till risker från farligt gods.

Exempel på lämplig markanvändning är bostäder (flerbostadshus i flera plan), kontor (i flera plan, inkl. hotell), vård, skola och idrotts- och sportanläggningar (med betydande åskådarpplats).

Om markanvändningen tillämpas enligt de avstånd som presenteras ovan uppfylls de krav som ställs i vägledning 1 enligt RIKTSAM. Om den föreslagna markanvändningen däremot inte tillämpas enligt skyddsavstånden ska vägledning 2 eller 3 användas.

I denna riskutredning används vägledning 3. Det innebär att individ- och samhällsriskerna behöver analyseras för att säkerställa att risknivån kan bedömas vara acceptabel för markanvändningen. Beskrivning av kriterier för riskvärdering i enlighet med vägledningen presenteras i avsnitt 3.3.1.

## **2.2 Trafikverket**

Utöver länsstyrelsens riktlinjer har även Trafikverket gett ut rekommendationer vid bebyggelse intill järnväg. I dessa anges att ny bebyggelse generellt inte bör tillåtas inom ett område på 30 meter från järnvägen (mätt från spårmittpå närmsta spår). Verksamhet som inte är störningskänslig och där människor endast tillfälligt vistas, t.ex. garage, parkering och förråd, kan dock uppföras inom 30 meter. Hänsyn bör dock tas till möjlighet att underhålla järnvägsanläggning och bebyggelse. [2]

### 3 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.

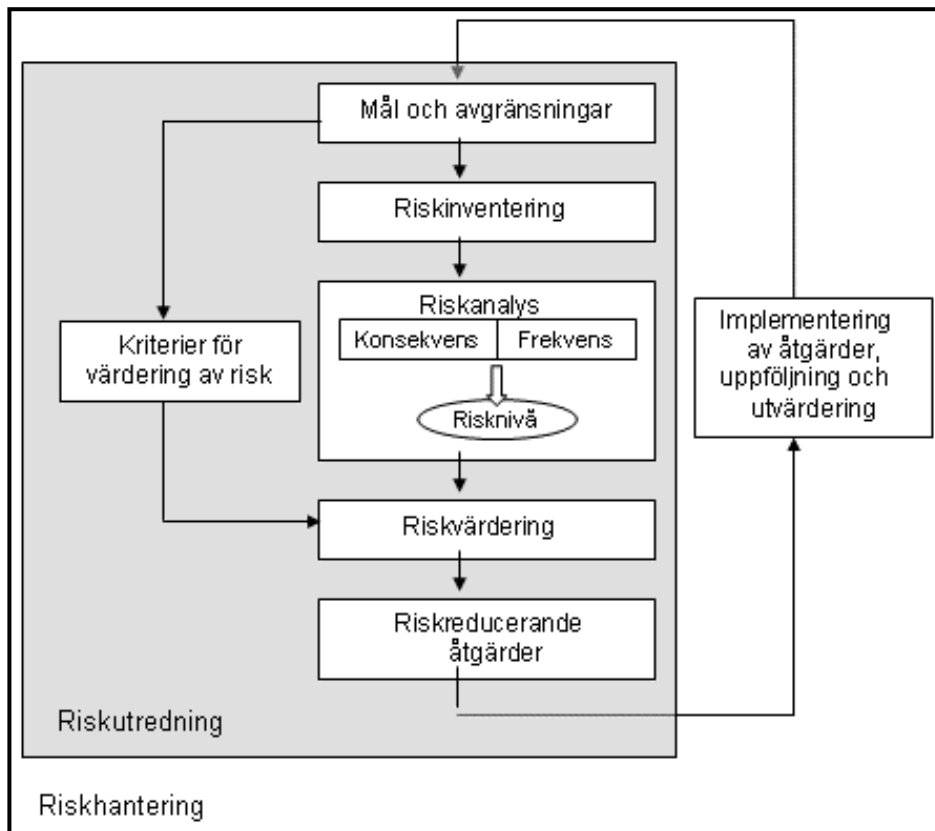
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. I riskinventeringen identifieras således aktuella olycksscenarier.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen. För den här riskutredningen används en kvantitativ analysmetod.

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.

Riskhanteringsprocessen åskådliggörs i Figur 3-1 nedan.



Figur 3-1: Riskhanteringsprocessen.

### 3.1 Programvara

I den här riskutredningen har konsekvens- och frekvensberäkningar genomförts i programvaran Riskcurves [3]. Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Beräkningarna i riskutredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves [4, 5]. Där dessa frångås nämns detta uttryckligen. Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

### 3.2 Kvantitativa riskmått

En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmått benämns individrisk och samhällsrisk. Individrisk syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker medan samhällsrisk syftar till att säkerställa att ett definierat område som helhet inte utsätts för oacceptabla risker.

#### 3.2.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ ska omkomma, givet att individen kontinuerligt befinner sig på en och samma plats på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus [6]. Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individrisken i en given koordinat  $(x,y)$  beräknas enligt:

$$IR_{(x,y)} = \sum_{i=1}^n IR_{(x,y),i}$$

$$IR_{(x,y),i} = f_i * p_i$$

Där  $f_i$  är frekvensen för sluthändelsen  $i$ . Sannolikheten för studerad konsekvens, vilket är dödsfall i den här utredningen och antas till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen, representeras av  $p_i$ . Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

#### 3.2.2 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. Beräkningar för samhällsrisk tar även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att många personer kan befinna sig i ett område under en begränsad tid på dygnet eller året. I motsats till individrisk beräknas samhällsrisk således med avseende på de personer som faktiskt utsätts för risken. Samhällsrisk är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsriskens beräknas enligt:

$$N_i = \sum_{(x,y)} P_{(x,y)} * p_i$$

$N_i$  står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen  $i$ .  $P_{(x,y)}$  är antalet individer i koordinaten  $(x,y)$  och  $p_i$  definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsriskens redovisas normalt i F/N-kurvor som visar den ackumulerade frekvensen för att ett visst antal, eller fler, personer omkommer till följd av de händelser som studeras.

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

$F_N$  står för frekvensen av sluthändelser som påverkar  $N$  eller fler människor.  $F_i$  är frekvensen för sluthändelse  $i$ .  $N_i$  definieras enligt ovan.

### 3.3 Riskvärdering

Som allmän utgångspunkt för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

**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.

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. Varje länsstyrelse beslutar istället om vilka riskkriterier som ska användas inom det geografiska ansvarsområdet.

#### 3.3.1 RIKTSAM – Skånes riskkriterier

I den här utredningen används de riskkriterier som tagits fram i RIKTSAM för individ- och samhällsrisk kopplat till transport av farligt gods. Det föreslås vidare att riskutredningen utgår från riskkriterierna i vägledning 3 av RIKTSAM. Vägledning 3 föreslås med hänsyn till planområdets närhet till järnvägen och att det för planerad markanvändning önskas finnas en möjlighet att avvika från de skyddsavstånd som föreslås i RIKTSAM.

Att använda vägledning 3 innebär att individ- och samhällsrisk behöver analyseras för att säkerställa att risknivån kan bedömas som acceptabel för markanvändningen. Riskkriterierna från vägledning 3 presenteras nedan i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Beskrivning av riskkriterier för kortare skyddsavstånd, enligt vägledning 3 i RIKTSAM.

Markanvändning enligt zon	Avstånd från transportled [m]	Riskkriterier
B	<30	Individrisk <math>10^{-5}</math> per år Risk med hårda konstruktioner som kan orsaka skada på avåkande fordon kan undvikas
C	<70	Individrisk <math>10^{-6}</math> per år
D	<150	Individrisk <math>10^{-7}</math> per år Samhällsrisk <math>10^{-5}</math> per år där N=1 och <math>10^{-7}</math> där N=100. Område med arean 1 km <sup>2</sup> med planerad bebyggelse centrerad ska beaktas.

## 4 Beskrivning av planområde

Planområdet för detaljplanen för Programmeraren 1 m.fl. är beläget intill järnvägen i Ängelholms tätort. Den aktuella ytan är markerad i rött i Figur 4-1.



Figur 4-1. Planområdets avgränsning visas i rött.

Den största delen av området är inte exploaterat idag och utgörs huvudsakligen av jordbruksmark, men är sedan tidigare planlagt för industriändamål och är en del av ett befintligt industriområde. I dagsläget finns tre byggnader inom planområdet, i enlighet med Figur 4-1, som inhyser diverse verksamheter samt en padelhall, se Figur 4-2. Planerad markanvändning för planområdet är inriktad mot lager och logistik. Det planeras även för kontorslokaler. Figur 4-2 delar in planområdet efter markanvändning.





Figur 4-2. Indelning av planområde efter markanvändning [7].

## 4.1 Skyddsvärda objekt

Den här riskutredningen fokuserar på oavsiktliga olycksrisker som medför påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skyddsvärda objekt med avseende på individrisken är personer som vistas i och utanför byggnader inom det aktuella planområdet. Skyddsvärda objekt med avseende på samhällsrisken är personer som vistas i och utanför byggnader inom ett kvadratisk område med arean 1 km<sup>2</sup> i anslutning till järnvägen, se avsnitt 4.1.1.

### 4.1.1 Personbelastning

Personbelastningen är relevant för beräkningar med avseende på samhällsrisik. Personbelastningen tas fram för ett kvadratisk område med arean 1 km<sup>2</sup> med tillkommande bebyggelse placerad i mittpunkt, i enlighet med RIKTSAM.

Utöver planområdet beaktas ytterligare 4 områden i anslutning till planområdet som ingår i det kvadratiske området med arean 1 km<sup>2</sup>, se Figur 4-4 och Figur 4-3 som representerar nollalternativ respektive utvecklingsalternativ. I Tabell 4-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny detaljplan, vilket är relevant i samband med riskvärdering i enlighet med RIKTSAM.





Figur 4-3. Indelning av område efter markanvändning för utvecklingsalternativ.



Figur 4-4. Indelning av område efter markanvändning för nollalternativ.



Tabell 4-1. Specificering av nuvarande användning av aktuellt område och användning enligt ny detaljplan.

Område	Markanvändning nollalternativ	Markanvändning utvecklingsalternativ	Markanv. enl. zon
A	Bostäder	Bostäder	D
B	Bostäder	Bostäder	D
C	Bostad/ gårdsverksamhet	Bostad/gårdsverksamhet	D
D	Diverse industrilokaler	Diverse industrilokaler	B/C
E	Industrilokaler, padelhall och jordbruksmark	Nuvarande industrilokaler och padelhall samt lager och logistik samt kontor	B/C

Personbelastningen för varje enskilt område beskrivs med hjälp av följande parametrar:

- Antalet personer i området för såväl dagtid som nattetid
- Andel personer inomhus för såväl dagtid som nattetid
- Nyttjandegrad

Antalet personer i området beskriver hur många personer som befinner sig i området under såväl dagtid som nattetid. Andelen personer inomhus beskriver hur stor andel av personbelastningen som befinner sig inomhus och anges för såväl dagtid som nattetid. Nyttjandegraden beskriver hur många dagar av året ett visst område används.

Personbelastningen redovisas för två alternativ där det ena är utvecklingsalternativet, dvs. förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget, medan det andra är ett nollalternativ för att kunna resonera kring ökningen i samhällsrisken som planförslaget medför. För båda alternativen tillämpas en personbelastning för 2040.

Personbelastningen för utvecklingsalternativet och nollalternativet redovisas i Tabell 4-2 respektive

Tabell 4-3. Områden med ändringar i jämförelse med utvecklingsalternativet är markerade med kursiv text i

Tabell 4-3. För mer detaljer gällande personbelastningen hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Tabell 4-2. Sammanfattning av personbelastning för utvecklingsalternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	660	660	0,93	0,99	365

B	550	550	0,93	0,99	365
C	10	2	0,50	0,99	365
D	338	34	0,93	0,99	312
E	550	55	0,93	0,99	312

Tabell 4-3: Sammanfattning av personbelastning för nollalternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	660	660	0,93	0,99	365
B	550	550	0,93	0,99	365
C	10	2	0,50	0,99	365
D	338	34	0,93	0,99	312
E	210	21	0,93	0,99	312

## 5 Riskobjekt

Godsstråket genom Skåne passerar nordöst om det aktuella planområdet och är riskobjekt i den aktuella utredningen.

Riskutredningen har avgränsats till att beakta olyckor på järnvägen med koppling till urspårning av tåg samt transport av farligt gods. Avgränsningen bedöms vara rimlig på grund av följande förutsättningar:

- Det finns inga rekommenderade transportleder på väg för farligt gods inom 150 m från planområdet. Därmed utreds inte olyckor i samband transport av farligt gods på väg.
- Det finns inga drivmedelsstationer eller industriverksamheter som hanterar betydande mängder farliga ämnen inom ett avstånd som innebär en risk för planområdet. Därmed utreds inte olyckor vid drivmedelsstationer och industriverksamheter.

### 5.1 Godsstråket genom Skåne

Godsstråket genom Skåne förbinder Ängelholm och Arlov och är enkelspårig intill det aktuella området och illustreras i Figur 5-1. I planförslaget är avstånd mellan järnväg och närmsta bebyggelse inom planområdet 20 m, vilket används i beräkningarna.



Figur 5-1. Spår i anslutning till planområdet (röd yta) är markerat med streckad vit linje.

#### 5.1.1 Trafikuppgifter

Det här avsnittet sammanfattar trafikuppgifter för Godsstråket genom Skåne för 2040. För mer detaljerad information om dessa uppgifter hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen. Trafikuppgifter för den aktuella delen av Godsstråket genom Skåne som används i beräkningarna presenteras i Tabell 5-1. Inkluderat i de godstransporter som sker på Godsstråket genom Skåne ingår även transport av farligt gods.

Tabell 5-1: Trafikuppgifter för den aktuella delen av Godsstråket genom Skåne för 2040 [8].

<b>Tågtyp</b>	<b>Antal tåg per dygn</b>	<b>Hastighet</b>
Persontåg	0	
Godståg	13	Samtliga godståg har en hastighet på 100 km/h.
Totalt	13	

## 6 Olycksinventering

Nedan presenteras aktuella olyckstyper i samband med transport av farligt gods på järnväg.

### 6.1 Urspårning av tåg

Vid urspårning av tåg längs den aktuella järnvägssträckan kan tågagnar lämna järnvägsbanan och medföra mekanisk skada på omgivningen. Detta gäller både gods- och persontåg. En sådan olycka kan orsaka direkt skada på oskyddade människor som befinner sig i närheten och det kan även orsaka skada på intilliggande byggnader och därmed skada människor som befinner sig i dessa. Hastigheten som tåget färdas med påverkar den sträcka som det urspårade tåget kan påverka, både vinkelrätt mot och parallellt med spåret. Även topografin och markförhållandena har betydelse för hur långt ett urspårat tåg kan transporteras.

Urspårning kan orsakas av att tåget kör i hastigheter eller med laster som inte står i relation till anläggningens dimensionering och eventuella kurvor. Om anläggningen i sig har brister i form av exempelvis växelfel eller rälsbrott kan detta innebära en annan orsak till urspårning. Även brister på tåg kan medföra urspårning. Exempel på brister på tåg som kan medföra urspårning är axelbrott vid hjulaxlarna, skadade hjul, bromsfel och fel i styrsystemet. Andra orsaker till urspårning är olika typer av hinder på spåret, exempelvis nedfallna träd, rasmassor eller fordon. Även vädret kan spela in då solkurvor, lövhalka samt is- och snöbeläggning kan orsaka urspårning.

Urspårning av såväl persontåg som godståg kan leda till mekanisk påverkan på omgivningen och kan därmed leda till dödsfall om människor befinner sig i områden som påverkas av ett urspårat tåg. Om ett godståg som transporterar farligt gods spårar ur kan det leda till olyckor med farligt gods. Sådana olyckor beskrivs i avsnitt 6.2.

### 6.2 Olycka med farligt gods

Produkter som har potential att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka går under begreppet farligt gods. Transporterat farligt gods på järnväg delas in i ett antal så kallade RID-klasser beroende på ämnets art och vilken risk som ämnet förknippas med:

- Klass 1: Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2: Gaser
- Klass 3: Brandfarliga vätskor
- Klass 4.1: Brandfarliga fasta ämnen
- Klass 4.2: Självantändande ämnen
- Klass 4.3: Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser
- Klass 5.1: Oxiderande ämnen
- Klass 5.2: Organiska ämnen
- Klass 6.1: Giftiga ämnen
- Klass 6.2: Smittsamma ämnen
- Klass 7: Radioaktiva ämnen
- Klass 8: Frätande ämnen
- Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Klasserna ovan utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering och tillämpas i beräkningarna med följande undantag:

- Klass 2 delas in i följande underklasser eftersom respektive underklass ger upphov till olikartade olycksförlopp:
  - Klass 2.1: Brandfarliga gaser
  - Klass 2.2: Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
  - Klass 2.3: Giftiga gaser
- Klass 4.1, klass 4.2 och klass 4.3 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 5.1 och klass 5.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade
- Klass 6.1 och klass 6.2 behandlas gemensamt eftersom konsekvenserna är likartade

Riskerna längs med en transportled för farligt gods beror i stor utsträckning på fördelningen av klasser av farligt gods som transporteras på den aktuella transportleden. Tabell 6-1 redovisar fördelningen av farligt gods som har använts i beräkningarna för den här riskutredningen. För ytterligare information om fördelningen av farligt gods hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Tabell 6-1. Fördelning av farligt gods som har använts i beräkningarna.

Klass	Fördelning [%]
1	0,00034
2.1	18,8
2.2	0,66
2.3	6,28
3	27,68
4	4,01
5	22,16
6	2,09
7	0,011
8	17,94
9	0,40

### 6.2.1 Olycksscenarier vid olycka med farligt gods

Händelseförloppet vid en olycka med farligt gods beror på vilken klass av farligt gods som är inblandat i den aktuella olyckan. Det här avsnittet presenterar vilka klasser av farligt gods som kan förväntas påverka det aktuella planområdet vid en eventuell olycka. Olycksscenarier som förväntas påverka planområdet beaktas i beräkningarna.

#### **Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål**

Explosiva ämnen och föremål delas in i 6 underklasser som benämns 1.1 till 1.6. Av dessa underklasser är det primärt underklass 1.1 (ämnen och föremål som har en risk för massexplosion) som har ett skadeområde som är så pass utbrett att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde.

Exempel på varor som tillhör underklass 1.1 är sprängämnen och krut. 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 med ämnen i underklass 1.1 härrör från direkta tryckskador men även från värmestrålning. Dessutom är indirekta skador till följd av sammanstörtade byggnader troliga. En olycka med ämnen i underklasserna 1.2 till 1.6 medför inte samma typ av konsekvenser och skador som en olycka med ämnen i underklass 1.1. Dessa konsekvenser handlar snarare om splitter eller dylikt som flyger iväg från olycksplatsen [9].

*Bedömning:* Regelverket kring transport av explosiva ämnen och föremål är mycket strikt och därmed bedöms sannolikheten för en olycka med explosiva ämnen och föremål som mycket låg. Transporter med explosiva ämnen och föremål förekommer dock och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med explosiva ämnen och föremål beaktas därför i beräkningarna.

### **Klass 2.1 – Brandfarliga gaser**

Samtliga gaser i klass 2.1 kan transporteras i följande fysikaliska former [10]:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid temperaturen  $-50^{\circ}\text{C}$ )
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över  $-50^{\circ}\text{C}$ )
- Kylid och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

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

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

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion
- 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 [11].

#### Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion

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 [11].

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 om explosionen är av typen detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i de 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 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. Detta kan exempelvis ske vid händelse av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

*Bedömning:* Transporter av brandfarliga gaser är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med brandfarliga gaser beaktas därför i beräkningarna. Vid en eventuell olycka bedöms jetbrand, gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion och BLEVE kunna inträffa.

#### **Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser**

*Bedömning:* Ämnen i klass 2.2 är varken brandfarliga eller giftiga. Dessa ämnen utgör således ingen fara för personer som vistas i närheten av transportleder för farligt gods. Olyckor med icke brandfarliga och icke giftiga gaser beaktas därmed inte i beräkningarna.

#### **Klass 2.3 – Giftiga gaser**

Samtliga gaser i klass 2.3 kan transporteras i följande fysikaliska former [10]:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid temperaturen  $-50^{\circ}\text{C}$ )
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över  $-50^{\circ}\text{C}$ )
- Kyld och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

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

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas sprider sig från olycksplatsen, vilket 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

I samband med utsläpp av tryckkondenserad ammoniak sker en kraftig förångning av gasen. Små droppar eller aerosoler av vätskeformig ammoniak finns dock kvar i gasmolnet vilket medför att gasmolnet inledningsvis beter sig som en tung gas. Spridning av gasen sker därför initialt i sidled längs marken. Efter inblandning av luft i



gasmolnet samt förångning av aerosolerna sjunker gasmolnets densitet vilket medför att ammoniak även sprids i höjded. 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.

#### Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Klor är en tung gas och sprids därmed främst i sidled längs marken men kan även spridas i höjded efter inblandning av luft i gasmolnet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak.

*Bedömning:* Transporter av giftiga gaser är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med giftiga gaser beaktas därför i beräkningarna.

#### **Klass 3 – Brandfarliga vätskor**

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand. En pölbrand kan påverka människor genom strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig och inandning av giftiga brandgaser. Påverkan genom värmestrålning förväntas inom avstånd med storleksordningen tiotals meter från olycksplatsen beroende på typ av vätska och mängd som är involverad i olyckan.

*Bedömning:* Transporter av brandfarliga vätskor är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med brandfarliga vätskor beaktas därför i beräkningarna.

#### **Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen**

Exempel på ämnen inom klass 4 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 brandfarliga fasta ämnen såsom ferrokisel, vit fosfor m.fl. ska leda till brandrisk krävs 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:* Konsekvenserna vid en olycka med ämnen i klass 4 begränsas till närområdet på olycksplatsen och värmestrålningsnivåerna endast är farliga för människor i den absoluta närheten av branden. Olyckor med ämnen i klass 4 beaktas därmed inte i beräkningarna.

#### **Klass 5 – Oxiderande ämnen och 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 de 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 förvärpa 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 säkerställas 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 kylcontainrar eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan hög frigjord energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion. 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 nödåtgärder då måste sättas in under transporten [12, 13, 14, 15].

*Bedömning:* Transporter av ämnen i klass 5 är generellt vanligt förekommande och en olycka kan medföra konsekvenser på betydande avstånd från olycksplatsen. Olyckor med dessa ämnen beaktas därför i beräkningarna.

### **Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen**

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på ämnen som tillhör klass 6. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs fysisk kontakt med eller förtäring av dem. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

*Bedömning:* Det krävs fysisk kontakt med eller förtäring av ämnena för att människor ska utsättas för risk. Olyckor med giftiga ämnen och smittsamma ämnen beaktas därför inte i beräkningarna.

### **Klass 7 – Radioaktiva ämnen**

Ämnen som räknas till klass 7 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 i Sverige är minimalt och transporterna är behäftade med stor säkerhet och ett antal försiktighetsåtgärder, varför sannolikheten för en olycka bedöms som mycket låg. Dessutom är konsekvenserna normalt begränsade till olycksplatsens närområden. Olyckor med radioaktiva ämnen beaktas därmed inte i beräkningarna.

### **Klass 8 – Frätande ämnen**

Olyckor med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan kring olycksplatsens närområden. Skador uppkommer endast om individer får ämnet på huden.

*Bedömning:* Konsekvenserna är begränsade till olycksplatsens närområden och det krävs att människor kommer i kontakt med de frätande ämnena för att skadas. Olyckor med frätande ämnen beaktas därmed inte i beräkningarna.

### **Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål**

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. I samband med en olycka förväntas ingen spridning av dessa ämnen och föremål.

*Bedömning:* Konsekvenserna är begränsade kring olycksplatsens närområden. Olyckor med övriga farliga ämnen och föremål beaktas därmed inte i beräkningarna.

### 6.3 Sammanfattning av aktuella olycksscenarier

Följande olycksscenarier utreds i den här riskutredningen:

- Urspårning av tåg: mekanisk påverkan
- Olycka med explosiva ämnen och föremål: explosion
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/-explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klor
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand

## 7 Riskanalys och riskvärdering

I det här avsnittet presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen. Resultaten gäller för prognosår 2040 och jämförs med aktuella riskkriterier. För detaljer med avseende på beräkningsmetodik hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

### 7.1 Individrisk

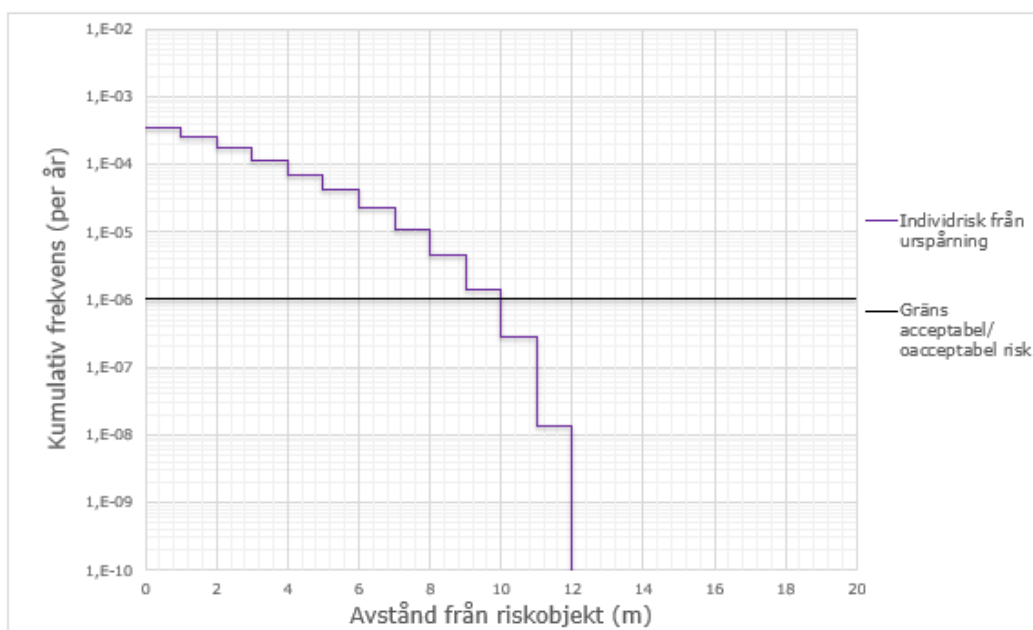
I Tabell 7-1 presenteras en sammanfattning av erhållna individriskavsänd relaterat till aktuella riskkriterier samt aktuell markanvändning (zon B/C). Nedan underavsnitt redovisar individrisken kopplat till urspårning av tåg och transport av farlig gods separat eftersom två olika beräkningsmetoder används för de två olyckstyperna. Rekommenderade skyddsavstånd utifrån resultaten presenteras i avsnitt 9.1.

Tabell 7-1. Sammanfattning av individriskavsänd.

Markanvändning enl. zon	Oacceptabel risk för följande avstånd [m]	Acceptabel risk för följande avstånd [m]
B	0-10	> 10
C	0-10	> 10

#### 7.1.1 Urspårning av tåg

I Figur 7-1 redovisas individrisken från mekanisk påverkan vid urspårning av tåg. Individrisken motsvarar den kumulativa frekvensen per år för att urspårade tåg på den aktuella järnvägen når ett visst vinkelrätt avstånd från spårets mitt. I Figur 6-1 går det att utläsa att det maximala vinkelräta avståndet från spårmitte där mekanisk påverkan till följd av urspårning kan inträffa är 12 m (12,6 m). Frekvensen för en sådan urspårning är dock mycket låg.



Figur 7-1. Individrisk från mekanisk påverkan vid urspårning av tåg.

Följande resultat för individrisken från urspårning av tåg med avseende på avstånd till risknivåer har erhållits:

- Oacceptabel risk förekommer på avstånd kortare än 10 meter från järnvägen.
- Risken är acceptabel på avstånd längre än 10 meter från järnvägen.<sup>1</sup>

### 7.1.2 Olycka med farligt gods

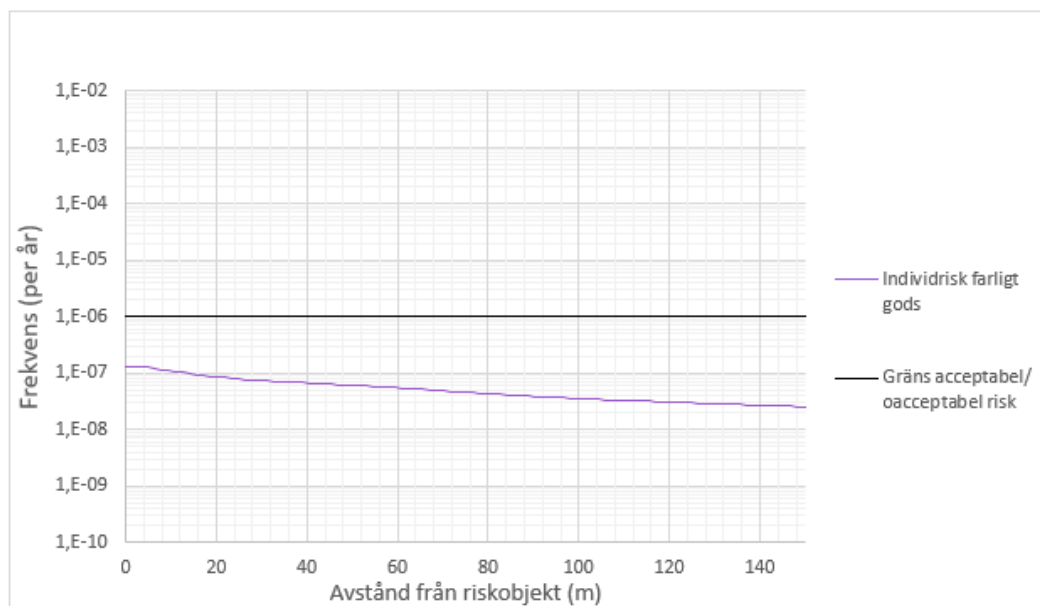
Figur 7-2 visar individrisken från transport av farligt gods på den studerade järnvägssträckan.



Figur 7-2. Individrisk från transport av farligt gods på den studerade järnvägssträckan. Gul konturkurva motsvarar individrisknivån  $10^{-7}$ .

Avstånd till diverse risknivåer är beroende av parametrar avseende väderförhållanden och skiljer sig därmed mellan olika sidor av ett riskobjekt. I Figur 7-3 presenteras individrisknivåer på planområdet för olika avstånd från aktuellt riskobjekt.

<sup>1</sup> I RIKSAM presenteras inga kriterier avseende frekvens kopplat till urspårningsrisk, varför bedömning av acceptabla frekvenser för detta utgår från kriterier för olycka med farligt gods ( $10^{-6}$  för zon C).



Figur 7-3. Individrisk för olyckor med farligt gods på olika avstånd från järnvägen.

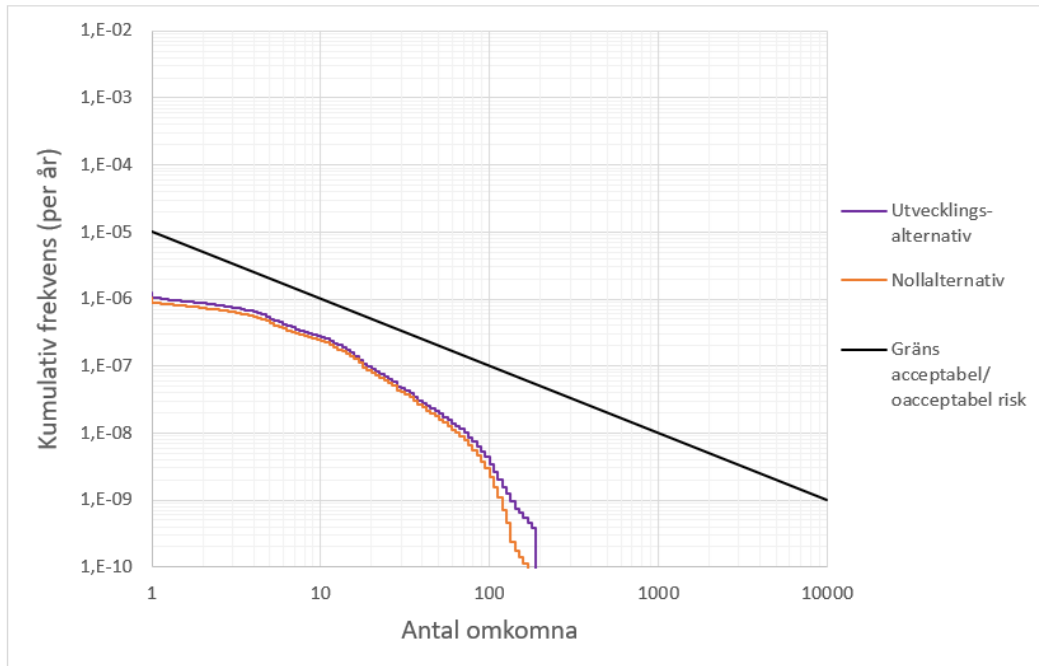
Följande resultat för individrisken för olycka med farligt gods, med avseende på avstånd till risknivåer, kan utläsas ur Figur 7-3:

- Oacceptabel risk förekommer inte på något avstånd.

## 7.2 Samhällsrisk

Resultaten för samhällsriskerna omfattar endast olycka med farligt gods och inte urspårning av tåg. Detta då urspårning av tåg enbart har lokal påverkan i omedelbar anslutning till järnvägen och bedöms därmed inte ha någon betydande påverkan på resultaten för samhällsriskerna.

Figur 7-4 visar samhällsriskerna från olyckor på järnvägen i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet och nollalternativet.



Figur 7-4. Samhällsrisik för olyckor på järnvägen.

Följande resultat för samhällsrisken för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 7-4.

- Inga delar av F/N-kurvan ligger inom risknivån för ooacceptabel risk.

Figur 7-4 visar dessutom att utvecklingsalternativet medför en ökning av samhällsrisken jämfört med det nollalternativet. Ökningen bedöms dock inte vara betydande eftersom samhällsrisken för båda alternativen ligger inom området för acceptabel risk. Då en stor del av samhällsrisken för utvecklingsalternativet genereras av sådant som inte berörs av planförslaget bedöms riskreducerande åtgärder inom planområdet inte kunna medföra en betydande reduktion av samhällsrisken. De riskreducerande åtgärderna som beskrivs i avsnitt 9 kommer därför främst att baseras på resultaten för individrisk, se avsnitt 7.1.

### 7.3 Sammanfattande riskvärdering

Utifrån planerad markanvändning bedöms individrisken, både med avseende på urspårning och olycka med farligt gods, vara acceptabel förutsatt att rekommenderade skyddsavstånd efterföljs (se avsnitt 9.1) och att etablering är enligt beskrivning. Även samhällsrisken är acceptabel givet beskriven etablering.

## 8 Känslighets- och osäkerhetsanalys

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

### 8.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Känsligheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- Antal transporter av farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Personbelastning
- Konsekvenser för studerade olycksscenarioer

#### 8.1.1 Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter av farligt gods 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%.

#### 8.1.2 Personbelastning

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsrisken men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsrisken känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsrisken 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 uppåt och åt höger.

#### 8.1.3 Konsekvenser för studerade olycksscenarioer

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser för studerade olycksscenarioer bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser är beroende av en rad olika parametrar såsom hålorlek för utsläpp och diverse väderparametrar. Varierande väderparametrar såsom vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklass samt varierande hålorlekar för utsläpp har hanterats i analysen. Av erfarenhet är det känt att just dessa parametrar kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd särskilt för spridning av gaser.

En annan parameter som kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd för spridning av gaser benämns ytråhet och beskriver topografin i området. Ytråhet som motsvarar skogsmark eller stadsmiljö bidrar till ökad mekanisk turbulens och således snabbare utspädning av ett gasmoln. Ett konservativt val av ytråhet har tillämpats i analysen.

Av erfarenhet är det känt att parametrar såsom utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har mindre påverkan på konsekvensavstånd.



## 8.2 Osäkerhetsanalys

Generellt delas osäkerhet upp i två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Den epistemiska osäkerheten handlar om att det saknas information om exempelvis antal transporter av farligt gods. Denna osäkerhet kan i teorin elimineras med ytterligare insamling av information. Stokastisk osäkerhet går däremot inte att eliminera och handlar om naturlig variabilitet i exempelvis vindhastigheter och vindriktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter men framförallt epistemisk osäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa graden av osäkerhet i det underlag som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- Antal transporter av farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Personbelastning
- Konsekvenser för studerade olycksscenarier

Det tillvägagångssätt som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller.

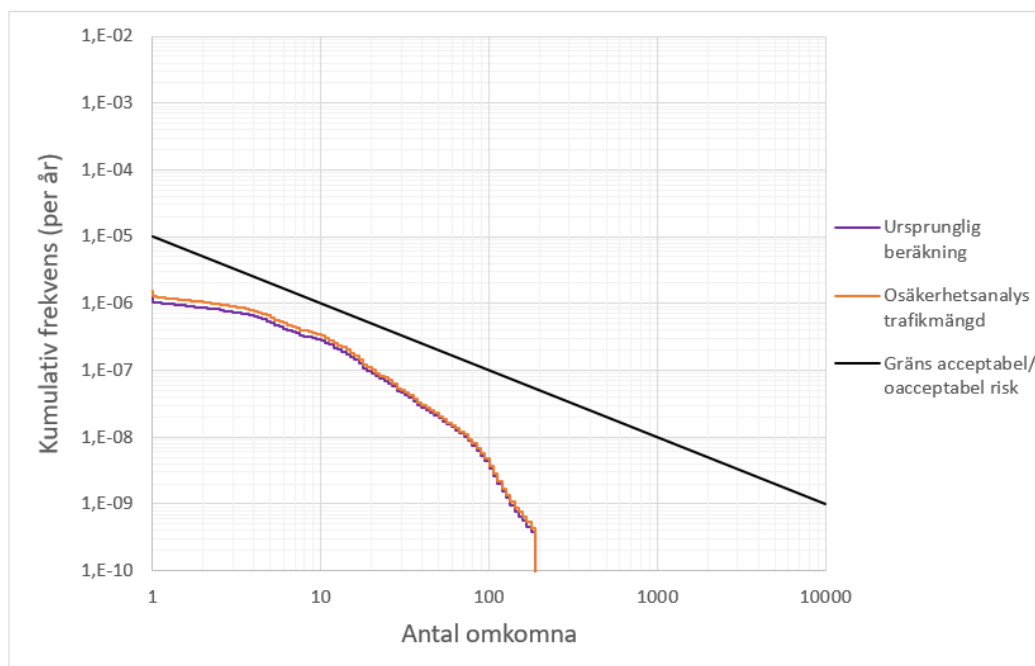
### 8.2.1 Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor

Antalet transporter av farligt gods och sannolikheten för olyckor är baserat på diverse historiska data som utgör grund för uppskattning av såväl typ som mängd av farligt gods samt frekvens för olycka med farligt gods. Att använda historiska data i beräkningar för ett framtidsscenario innebär alltid osäkerheter med begränsade möjligheter att analysera och utreda dessa.

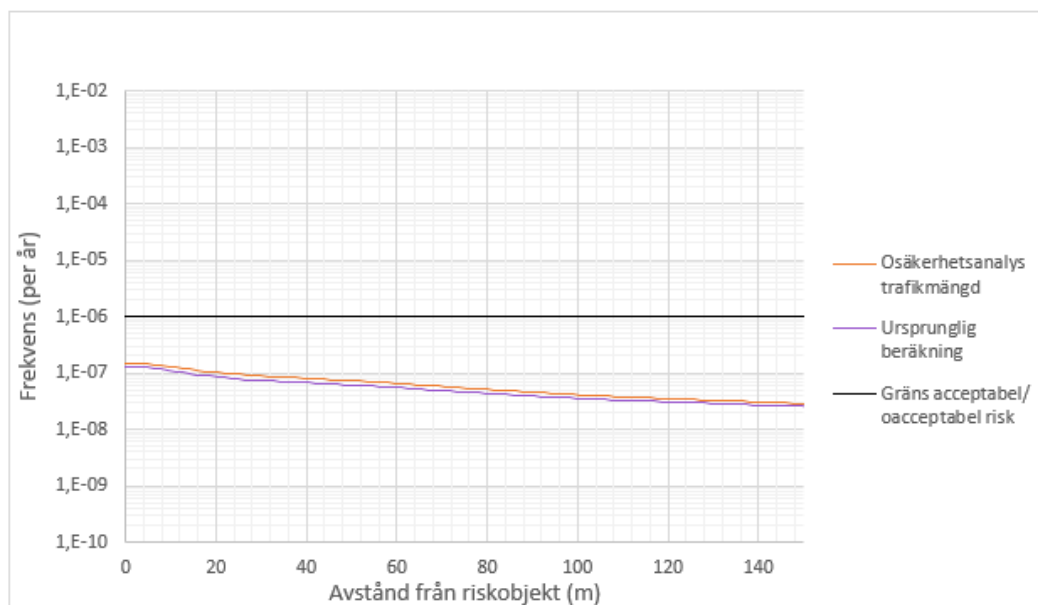
Generellt finns anledning att anta att sannolikheten för olycka kommer minska. Statistiken visar en trend med en minskad trafikolycksfrekvens, vilket bland annat kan bero på teknikutvecklingen som innebär säkrare fordon och teknik. Sådan minskning av sannolikhet för olycka tas inte hänsyn till, vilket innebär att framräknade olycksfrekvenser kan vara överskattade för den tidsperiod riskutredningen avser.

Det finns dock även osäkerheter som kan innebära att sannolikheten för olycka är högre än vad beräkningarna utgått från. Exempelvis kan lokala förhållanden innebära en ökad olycksrisk, både vad gäller risk för urspårning samt förekomst av farligt gods. Vidare kan aktuell prognos för trafikmängd vara underskattad. För att ta hänsyn till dessa osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där det utgås från att antalet transporterade godståg är 125 % av ursprungligt framräknat antal, vilket även innebär en ökning av antal transporterade vagnar med farligt gods.

I Figur 8-1 går det att utläsa att samhällsriskerna blir något förhöjda med den ökade trafikmängden. Ökningen innebär dock inte någon förändring av den riskvärdering som gjorts eftersom risken fortfarande ligger inom samma områden som vid den ursprungliga beräkningen. Vad gäller individrisk blir avstånden från riskobjektet till de olika risknivåerna längre, vilket illustreras i Figur 8-2. Förskjutningen innebär inte någon förändring för huruvida den planerade etableringen skulle vara acceptabel eller inte.



Figur 8-1. Osäkerhetsanalys med avseende på trafikmängd för samhällsrisk.



Figur 8-2. Osäkerhetsanalys med avseende på trafikmängd för individrisk.

### 8.2.2 Personbelastning

Personbelastningen inom aktuellt område som används i beräkningarna är baserad på ett antal antaganden. Ett flertal av dessa utgår från schablonvärden för olika typer av verksamheter, vilket innebär att de kan avvika från lokala förutsättningar. Osäkerheter kopplat till personbelastning inom bostadsområden bedöms generellt vara låg eftersom antal boende är baserat på statistik för det specifika området. För övriga områden är osäkerheterna större, dock är bedömningen att antagandena är konservativa och att de inte medför en underskattning av risken.

### 8.2.3 Konsekvenser för studerade olycksscenarier

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

### 8.2.4 Avstånd från järnväg

I beräkningsskedet fanns osäkerheter kring exakt placering av bebyggelse på området, varför ytterligare en beräkning för risker med farligt gods gjordes med placering av bebyggelse på ett avstånd om 10 m från järnvägen, istället för 20 m. Även denna beräkning gav acceptabla risknivåer både vad gäller individ- och samhällsrisk. Risker vad gäller mekanisk skada av urspårade tåg kvarstår dock och kräver skyddsavstånd, i enlighet med avsnitt 9.

## 9 Riskreducerande åtgärder

De rekommenderade åtgärder som presenteras i detta avsnitt utgår från resultat presenterade i avsnitt 7 avseende individrisk och samhällsrisk:

- Individrisken från urspårning av tåg är acceptabel på avstånd längre än 10 m från spårmittpunkt.
- På avstånd 13 m och längre från spårmittpunkt bedöms risken för mekanisk skada av urspårat tåg som obefintlig.
- Individrisken från olyckor med farligt gods ligger inom risknivån för acceptabel risk för planerad etablering.
- Samhällsriskerna för såväl nollalternativet som utvecklingsalternativet ligger inom risknivån för acceptabel.

En acceptabel risk innebär att risken kan accepteras utan krav på riskreducerande åtgärder. Dock bör riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt övervägas även om risken är acceptabel.

Baserat på resultaten krävs endast att nedan presenterade skyddsavstånd efterföljs för att risken ska bedömas som acceptabel, i enlighet med aktuella riskkriterier. Utöver detta rekommenderas det att riskreducerande åtgärder inom vissa områden övervägs i samband med den nya detaljplanen:

- Skyddsavstånd - krav
- Utrymningsvägar och entréer - rekommendation
- Ventilation - rekommendation
- Brandtekniskt skydd - rekommendation

Nedan beskrivs de riskreducerande åtgärderna och dess potentiella effekt. Även om åtgärderna huvudsakligen är framtagna med avsikt att reducera individrisken så medför de även en reduktion av samhällsriskerna.

### 9.1 Skyddsavstånd

Med hänsyn till riskkriterier i RIKTSAM kopplat till farligt gods finns inga begränsningar för placering av planerad bebyggelse (markanvändning enligt zon B/C). Kopplat till risken för mekanisk skada av urspårat tåg ska dock bebyggelse placeras på ett avstånd om minst 10 m från järnvägen.

Det kan även finnas behov av att ta hänsyn till Trafikverkets rekommendationer för bebyggelse intill järnväg.

### 9.2 Utrymningsvägar och entréer

Vid en olyckshändelse är det av vikt att det finns utrymningsvägar som möjliggör för en säker utrymning. Detta innebär att det i byggnader i anslutning till transportleder för farligt gods bör finnas utrymningsvägar som möjliggör utrymning bort från transportleden. Dessutom bör huvudsakliga entréer om möjligt placeras bort från transportleden eftersom personer tenderar att utrymma den väg som de använde för att ta sig in i byggnaden. Detta förutsatt att det inte finns andra farliga verksamheter att ta hänsyn till, vilket det i dagsläget inte finns någon antydning till.

### 9.3 Ventilation

Ett sätt att reducera risken för människor som befinner sig inomhus vid en eventuell olyckshändelse är att planera ventilationssystem strategiskt. Ventilationssystemet bör planeras på ett sätt så att det vid spridning av gas kan förhindras att gasen tränger in i byggnader via ventilationssystem. Detta kan göras genom att dels placera luftintag antingen på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placera luftintag så att de vetter bort från transportleden. Ett förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna.

### 9.4 Brandtekniskt skydd

För den första raden av bebyggelse inom 30 m från järnvägen rekommenderas det att fasad mot järnvägen utförs i obrännbart material. Avståndet på 30 m motsvarar avståndet inom vilket sådana åtgärder har en avgörande effekt vid olycka. På korta avstånd från järnvägen föreligger en betydande risk för olyckor med brandfarliga gaser och brandfarliga vätskor vilket motiverar rekommendationen.

## 10 Slutsatser

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från urspårning av tåg är förhöjd i nära anslutning till järnvägen men bedöms som acceptabel på avstånd bortom 10 m från järnvägen.
- Individrisken från olyckor med farligt gods, för markanvändning enligt zon B och C, ligger inom risknivån för acceptabel risk på samtliga avstånd.
- Samhällsrisken för utvecklingsalternativet ligger inom området för acceptabel risk.

Baserat på resultaten krävs att skyddsavstånd efterföljs:

- **Skyddsavstånd**  
Bebyggelse ska inte placeras inom ett avstånd om 10 m från järnvägen.

Dock bör riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt övervägas även om risken är acceptabel.

Följande ytterligare riskreducerande åtgärder bör övervägas men utgör inte ett krav för föreslagen etablering:

- **Utrymningsvägar och entréer**  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från järnvägen och huvudsakliga entréer är placerade bort från järnvägen.
- **Ventilation**  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att luftintag dels placeras på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placeras så att de vetter bort från järnvägen.
- **Brandtekniskt skydd**  
Fasader till den första raden av bebyggelse inom 30 m från järnvägen rekommenderas utföras i ett obrännbart material.

Givet att etablering i samband med utvecklingen av detaljplan Programmeraren 1 m.fl. följer beskrivning och presenterat skyddsavstånd bedöms risken som acceptabel.

## 11 Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Skåne län, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007.
- [2] Trafikverket, "Säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg," 14 09 2020. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/>. [Använd 21 09 2021].
- [3] TNO Riskcurves, RISKCURVES 11.4.2.
- [4] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"," 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [5] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [6] Räddningsverket, "Värdering av risk," Karlstad, 1997.
- [7] FöretagsParken, *Programmeraren 1 mfl - Preliminära skisser och volymstudier av möjligt program*, Nacka, 2022.
- [8] Trafikverket, *Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning*, 2022.
- [9] VTI, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [10] MSB, "MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019," 2018.
- [11] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [12] PLASTICS, "Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices," Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS), 2017.
- [13] MSB, "Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen," 2014.
- [14] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [15] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.

- [16] EPA, "Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values," 29 08 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
- [17] HHS1, "Toxicological Profile for Ammonia," Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, 2004.
- [18] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Toxicological profile for chlorine," U.S. Department of health and human services, Atlanta, Georgia, 2010.



## Beräkningsbilaga

Handläggare  
Tove Raquette  
Telefon  
010 505 64 20  
Mobil  
0722 05 69 76  
E-post  
tove.raquette@afry.com

Datum  
2022-09-05  
Projekt ID  
D0069179  
Beställare  
Edvin Hansson  
E-post  
edvin.Hansson@engelholm.se

Kund  
Ängelholms kommun

## Beräkningsbilaga till Riskutredning för Programmeraren 1 m.fl.

Uppdragsledare/Handläggare: Jennifer Wolsing  
Handläggare: Tove Raquette  
Intern kvalitetsgranskning: Jennie Ossmark Torstensson

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	4
2	Personbelastning .....	5
2.1	Sammanfattning av personbelastning .....	8
3	Väderdata .....	10
3.1	Vindhastighet .....	10
3.1.1	Stabilitetsklass.....	11
3.2	Vindriktning .....	12
4	Fördelning av farligt gods .....	13
5	Olycka med farligt gods.....	15
5.1	Frekvensberäkningar .....	15
5.1.1	Explosiva ämnen och föremål .....	17
5.1.2	Brandfarliga gaser .....	18
5.1.3	Giftiga gaser.....	20
5.1.4	Brandfarliga vätskor .....	21
5.1.5	Oxiderande ämnen och organiska ämnen.....	24
5.1.6	Summering av frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods ...	26
5.2	Konsekvensberäkningar .....	27
5.2.1	Generella sårbarhetsparametrar .....	27
5.2.2	Explosiva ämnen .....	27
5.2.3	Brandfarliga gaser .....	30
5.2.4	Giftiga gaser.....	31
5.2.5	Brandfarliga vätskor .....	32
5.2.6	Oxiderande ämnen och organiska ämnen .....	33
6	Urspårning av tåg.....	34
6.1	Beräkningsmetodik.....	34
6.2	Underlag.....	35
6.3	Konsekvensavstånd.....	36
6.4	Konsekvenser med avseende på personskador .....	36
	Referenser .....	37

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2022-09-06	Första utgivna version	Tove Raquette

## 1 Inledning

Den här beräkningsbilagan beskriver förutsättningar och indata för den kvantitativa analysen vars resultat beskrivs i följande dokument:

- Riskutredning för Programmeraren 1 m.fl.

Följande områden omfattas av beräkningsbilagan:

- Personbelastning
- Väderdata
- Fördelning av farligt gods
- Beräkningsmetodik för olycka med farligt gods
- Beräkningsmetodik för urspårning av tåg

## 2 Personbelastning

Personbelastningen är relevant för beräkningar med avseende på samhällsrisk. Personbelastningen tas fram för ett kvadratisk område med arean 1 km<sup>2</sup> i anslutning till transportleden för farligt gods eftersom kriterierna för samhällsrisk generellt tillämpas på ett sådant område.

Personbelastningen redovisas för två alternativ där det ena är utvecklingsalternativet, dvs. förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget, medan det andra är ett nollalternativet för att kunna resonera kring ökningen i samhällsrisk som planförslaget medför. För båda alternativen tillämpas en personbelastning för 2040.

Det aktuella området utgörs av totalt fem delområden utifrån persontäthet. Dessa delområden illustreras i Figur 2-2 och Figur 2-1 som representerar nollalternativet, respektive utvecklingsalternativet. I Tabell 2-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny detaljplan.



Figur 2-1. Indelning av område efter markanvändning för utvecklingsalternativ.



Figur 2-2. Indelning av område efter markanvändning för nollalternativ.

Tabell 2-1. Specificering av nuvarande användning av aktuellt område och användning enligt ny detaljplan.

Område	Markanvändning nollalternativ	Markanvändning utvecklingsalternativ	Markanvändning enl. zon
A	Bostäder	Bostäder	D
B	Bostäder	Bostäder	D
C	Bostad/gårdsverksamhet	Bostad/gårdsverksamhet	D
D	Diverse industrilokaler	Diverse industrilokaler	B/C
E	Industrilokaler, padelhall och jordbruksmark	Nuvarande industrilokaler och padelhall samt lager och logistik samt kontor	B/C

Utifrån statistik från Statistiska centralbyrån (SCB) kan befolkningstäthet utläsas för de områden som består av bostäder. För övriga områden görs bedömningar av persontätheten utifrån aktuella verksamheter. För 2040 antas generellt en ökning på 10% av persontätheten för att ta hänsyn till eventuella förändringar av området. Antagandet bedöms som konservativt eftersom det kvadratiska området med arean 1 km<sup>2</sup> i anslutning till järnvägen till stor del består av befintlig bebyggelse. Därmed förväntas ökningen av befolkningstätheten inom det aktuella området vara begränsad.

Kommande avsnitt redogör för följande parametrar för samtliga områden:

- Antalet personer i området för såväl dagtid som nattetid
- Andel personer inomhus för såväl dagtid som nattetid
- Nyttjandegrad

Antalet personer i området beskriver hur många personer som befinner sig i området under såväl dagtid som nattetid. Andelen personer inomhus beskriver hur stor andel av personbelastningen som befinner sig inomhus och anges för såväl dagtid som nattetid. Nyttjandegraden beskriver hur många dagar av året ett visst område används.

### **Område A**

Markanvändningen av Område A är bostäder, såväl för nollalternativ som utvecklingsalternativ.

Utifrån statistik från SCB har området idag en persontäthet på ca. 600. Med en ökning på 10 % till 2040 innebär detta en persontäthet på 660. Personerna antas befinna sig inom området under såväl dagtid som nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna.

Nyttjandegraden för område A ansätts till 365 dagar per år.

### **Område B**

Markanvändningen av Område B är bostäder, såväl för nollalternativ som utvecklingsalternativ.

Utifrån statistik från SCB har området idag en persontäthet på ca. 500. Med en ökning på 10 % till 2040 innebär detta en persontäthet på 550. Personerna antas befinna sig inom området under såväl dagtid som nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna.

Nyttjandegraden för område A ansätts till 365 dagar per år.

### **Område C**

Markanvändningen av Område C är bostad/gårdsverksamhet, såväl för nollalternativ som utvecklingsalternativ.

Enligt Eniro bor två personer inom området. Det finns även två företag på området, varför personantalet ansätts till tio personer. Under nattetid antas dock att endast två personer befinner sig på området.

Andelen personer inomhus under nattetid ansätts till 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna. Andelen personer som vistas inomhus ansätts till 50% eftersom utomhusvistelse bedöms vara vanligare på en gård än i bostadsområden.

Nyttjandegraden för område A ansätts till 365 dagar per år.

### **Område D**

Markanvändningen av Område D är industriverksamhet, såväl för nollalternativ som utvecklingsalternativ.

För industriområdet ansätts en persontäthet på 1 000 personer per km<sup>2</sup> i enlighet med RIKTSAMS angivna beräkningsförutsättningar för områden med bland annat sällanköpshandel, industri och lager [2]. För den aktuella ytan innebär detta ett personantal på 307 personer. Med en ökning på 10 % till 2040 innebär detta ett personantal på 338 personer. Under nattetid antas det att ett begränsat antal personer befinner sig på området. 10 % av antalet personer som befinner sig på området under dagtid förväntas vistas där under nattetid, vilket innebär ett personantal på 34 personer under nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för industri.



Nyttjandegraden för industriverksamhet inom området antas vara sex dagar i veckan och 52 veckor om året, dvs. 312 dagar om året.

### Område E

Nuvarande markanvändning av Område E är industriverksamhet samt padelhall och utgör det aktuella planområdet. Utvecklingsalternativet inkluderar ytterligare fem lagerlokaler varav det i fyra även planeras för kontorsutrymmen.

I nuvarande tre industrilokaler finns 22 företag. Det antas att det under dagtid befinner sig ca. 50 personer i varje byggnad. I padelhallen finns totalt tio padelbanor, varav två singelbanor. Förutsatt att samtliga banor används och att det finns ett antal ytterligare personer i lokalen är det rimligt att anta ett personantal på 60 personer. Totalt innebär detta ett nuvarande personantal på 210 personer. 10 % av antalet personer som befinner sig på området under dagtid förväntas vistas där under nattetid, vilket innebär ett personantal på 21 personer under nattetid

De nya lagerlokalerna förväntas inhysa 30-50 personer, och kontorsutrymmena 30-40 personer. Ett medelvärde av detta innebär 200 personer inom lagerutrymmen och 140 personer inom kontorsutrymmen. Totalt förväntas därmed ca. 340 personer vistas i de nya byggnaderna. Tillsammans med befintliga byggnader innebär detta ett personantal på 550 personer. 10 % av antalet personer som befinner sig på området under dagtid förväntas vistas där under nattetid, vilket innebär ett personantal på 55 personer under nattetid.

Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93% respektive 99%, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna. De angivna siffrorna bedöms vara rimliga även för planområdet.

Nyttjandegraden för verksamheterna inom planområdet antas vara sex dagar i veckan och 52 veckor om året, dvs. 312 dagar om året.

## 2.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen för utvecklingsalternativet och nollalternativet redovisas i Tabell 2-2 respektive Tabell 2-3. Områden med ändringar i jämförelse med nollalternativet är markerade med fetstil i Tabell 2-3.

Tabell 2-2. Sammanfattning av personbelastning för utvecklingsalternativet, 2040.

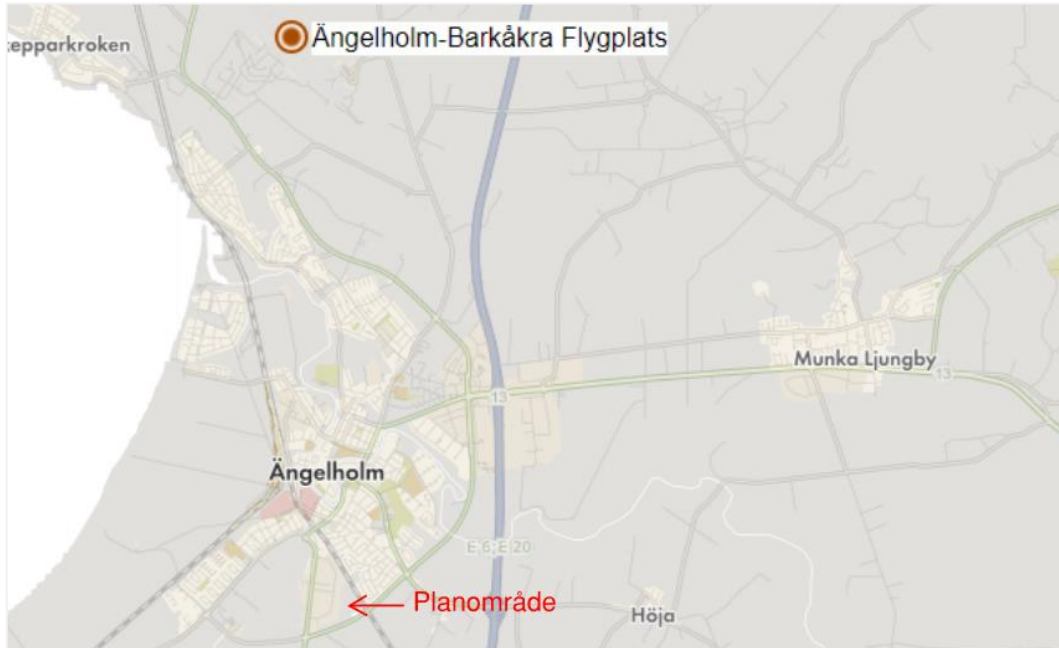
Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	660	660	0,93	0,99	365
B	550	550	0,93	0,99	365
C	10	2	0,50	0,99	365
D	338	34	0,93	0,99	312
E	550	55	0,93	0,99	312

Tabell 2-3. Sammanfattning av personbelastning för nollalternativet, 2040.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	660	660	0,93	0,99	365
B	550	550	0,93	0,99	365
C	10	2	0,50	0,99	365
D	338	34	0,93	0,99	312
E	210	21	0,93	0,99	312

### 3 Väderdata

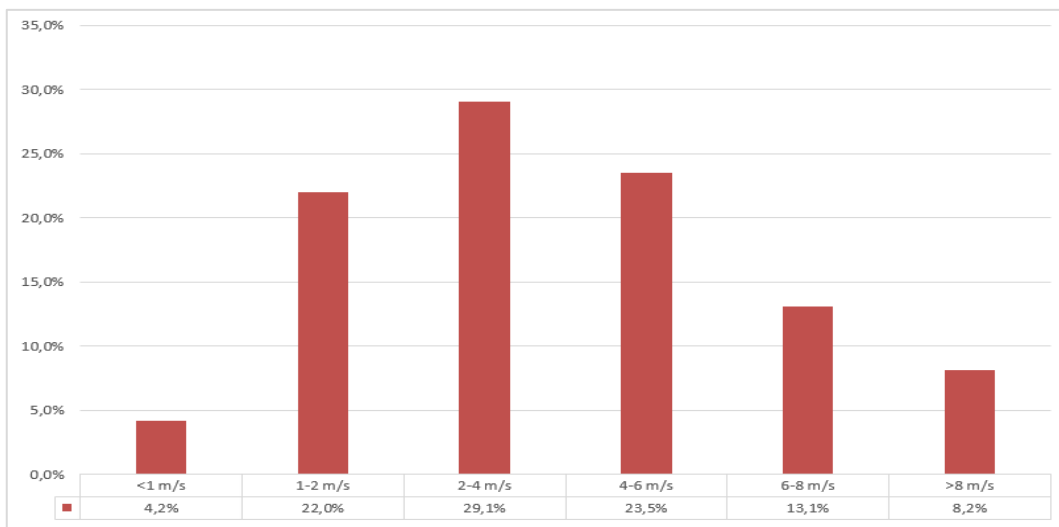
Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Ängelholm-Barkåkra Flygplats. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är ca. 7 kilometer. Figur 3-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2008 och 2022 har hämtats från SMHIs öppna databas [3].



Figur 3-1. Placering av planområdet och mätstationen Ängelholm-Barkåkra Flygplats.

#### 3.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningar i samband med utsläpp av gas. Vid låga vindhastigheter erhålls högre koncentrationer av gas i olyckans närhet. I Figur 3-2 visas fördelningen av vindhastighet vid mätstationen Ängelholm-Barkåkra Flygplats från ovan nämnda data. Medelvärdet under den aktuella perioden var 4,4 m/s och vindstilla förhållanden uppmättes under ca. 4,2 % av tiden.



Figur 3-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Ängelholm-Barkåkra Flygplats, 2008 – 2022.

### 3.1.1 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen används Pasquills stabilitetsklasser som beskriver turbulensen i luftmassan närmast jordens yta, dvs. hur stabil eller instabil luftmassan närmast jordens yta är. Turbulensen beror främst på mängden solinstrålning. Vid högre nivåer av solinstrålning värms luften närmast marken upp och rör sig därmed uppåt vilket medför turbulens i luftmassan. Därför är luften generellt stabil under natten då det inte finns någon solinstrålning.

Stabiliteten av luftmassan har stor påverkan för hur ett utsläpp av gas sprids i luften. En mer stabil luftmassa medför mindre omfattande omblandning och därmed mindre omfattande utspädning av den utsläppta gasen. Detta innebär att högre koncentrationer av gas erhålls på längre avstånd från utsläppet vid stabila förhållanden jämfört med instabila förhållanden. Pasquills stabilitetsklasser beskrivs i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser [4, 5].

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

För att ta höjd för olika förhållanden av vindhastighet och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer av dessa parametrar:

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

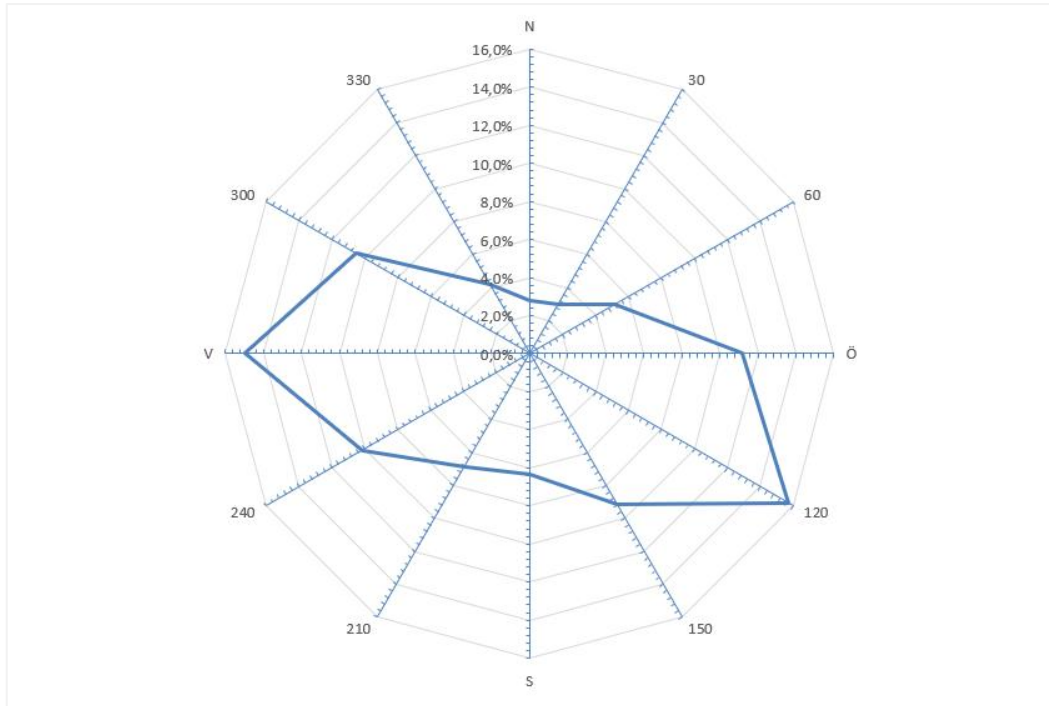
De valda väderscenerierna bedöms som representativa och rimligt konservativa. Fördelningen mellan de olika väderscenerierna för såväl dagtid som nattetid har uppskattats baserat på data avseende vindhastighet från mätstationen Ängelholm-Barkåkra Flygplats och presenteras i Tabell 3-2.

Tabell 3-2. Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid.

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

### 3.2 Vindriktning

Vindriktningen anges generellt i det väderstreck som det blåser från och inverkar vid spridning av gaser genom att sprida gaserna bort från det väderstreck som det blåser från. I Figur 3-3 visas fördelningen av vindriktning vid mätstationen Ängelholm-Barkåkra Flygplats från ovan nämnda data. Figur 3-3 visar att västlig samt sydöstlig vind är mest förekommande.



Figur 3-3. Fördelning av vindfördelning vid mätstation Ängelholm-Barkåkra Flygplats, 2008 – 2022.

## 4 Fördelning av farligt gods

En del av transporterat gods klassas som farligt gods vilket är ett samlingsbegrepp för sådana ämnen och föremål som kan orsaka skador på människor, miljö eller egendom om de inte hanteras på korret sätt under transport.

Transporterat farligt gods på järnväg delas in i ett antal så kallade RID-klasser beroende på ämnets art och vilken risk som ämnet förknippas med:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2 – Gaser
  - Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
  - Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
  - Klass 2.3 – Giftiga gaser
- Klass 3 – Brandfarliga vätskor
- Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen
  - Klass 4.1 – Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen
  - Klass 4.2 – Självantändande ämnen
  - Klass 4.3 – Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
- Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider
  - Klass 5.1 – Oxiderande ämnen
  - Klass 5.2 – Organiska peroxider
- Klass 6 – Giftiga och smittförande ämnen
  - Klass 6.1 – Giftiga ämnen
  - Klass 6.2 – Smittförande ämnen
- Klass 7 – Radioaktiva ämnen
- Klass 8 – Frätande ämnen
- Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål

I riskutredningen för projektet beskrivs olycksscenario vid olycka med farligt gods för de ovan nämnda klasserna av farligt gods. Baserat på beskrivningen beaktas följande klasser av farligt gods i beräkningarna:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
- Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
- Klass 2.3 – Giftiga gaser
- Klass 3 – Brandfarliga vätskor
- Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Tabell 4-1 visar den genomsnittliga fördelningen av farligt gods i RID-klasser baserat på transporterad godsmängd av farligt gods i Sverige mellan 2011 och 2020 baserat på information från Trafikanalys [6]. I enlighet med Tabell 4-1 utgörs en betydande del av transporterat farligt gods av brandfarliga vätskor (klass 3) och gaser (klass 2).

*Tabell 4-1. Genomsnittlig fördelning av farligt gods i RID-klasser baserat på transporterad godsmängd av farligt gods i Sverige, 2011 – 2020 [6].*

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	2,0-10-4
2	Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)	28,3
3	Brandfarliga vätskor	35,4
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	3,1
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som i vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	
5.1	Oxiderande ämnen	14,2

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
5.2	Organiska ämnen	1,8
6.1	Giftiga ämnen	
6.2	Smittsamma ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	1,0·10 <sup>-2</sup>
8	Frätande ämnen	16,9
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,3

Statistiken från Trafikanalys [6] i Tabell 4-1 redovisar inte fördelningen i de tre underklasserna 2.1 (brandfarliga gaser), 2.2 (icke brandfarliga och icke giftiga gaser) och 2.3 (giftiga gaser) till klass 2 (gaser). Beroende på vilken typ av gas som är involverad i en olycka så kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs en mer detaljerad uppdelning av underklasserna av klass 2.

Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods på det svenska järnvägsnätet under september 2006 [7]. Resultatet från undersökningen avseende klass 2 redovisas i Tabell 4-2.

Tabell 4-2. Fördelning av farligt gods i klass 2 [7].

Klass	Typ av farligt gods	Vikt [ton]	Andel av klass 2 [%]
2.1	Brandfarliga gaser	23 178	73,0
2.2	Icke brandfarliga och icke giftiga gaser	814	2,6
2.3	Giftiga gaser	7 750	24,4

Informationen i Tabell 4-2 tillämpas för att dela upp fördelningen i Tabell 4-1 i underklasser till klass 2. Resultatet framgår av Tabell 4-3. Fördelningen av farligt gods i Tabell 4-3 har använts i beräkningarna för den här riskutredningen.

Tabell 4-3. Fördelning av farligt gods som har använts i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	3,0·10 <sup>-4</sup>
2.1	Brandfarliga gaser	18,8
2.2	Icke brandfarliga och icke giftiga gaser	0,7
2.3	Giftiga gaser	6,3
3	Brandfarliga vätskor	27,7
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	4,0
4.2	Självantändande ämnen	
4.3	Ämnen som i vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	
5.1	Oxiderande ämnen	22,2
5.2	Organiska ämnen	
6.1	Giftiga ämnen	2,1
6.2	Smittsamma ämnen	
7	Radioaktiva ämnen	0,01
8	Frätande ämnen	17,9
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,4



## 5 Olycka med farligt gods

Följande olycksscenarioer som involverar transport av farligt gods utreds i riskutredningen:

- Olycka med explosiva ämnen och föremål: explosion
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/-explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klor
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand

### 5.1 Frekvensberäkningar

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets dokument *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [8]. Modellen bygger på verksamhetens art ( $W$ ), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka samt felintensitet ( $\xi$ ) för de olika verksamheterna. Indata till frekvensberäkningar för olycka vid transport av farligt gods på järnväg presenteras i Tabell 5-1.

Studerad längd på transportleden är 1 km, enligt vedertagen branschpraxis. Aktuell spårklass är bedömd utifrån spårets utseende. Antal växlar på sträckan är baserat på information från Trafikverket [9]. Uppgifter om antal godståg för 2040 samt genomsnittlig längd för godståg på den aktuella sträckan är baserade på prognos från Trafikverket [10]. Längden på en normalvagn är ett framtaget genomsnitt utifrån en överblick av *SJ Godsvagnar* där det framgår att det är en stor variation på vagnlängden [11]. Antal vagnaxlar på vagnar med farligt gods är ansatt till fyra, då detta är helt dominerande vid sådana transporter [12]. Vad gäller vagnar utan farligt gods används ett flertal olika vagnmodeller med olika vagnaxelantal, främst två och fyra [11], varför ett genomsnittligt värde används.

Tabell 5-1. Indata till frekvensberäkningar för olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

Indata	Värde
Studerad spårlängd (km)	1
Spårklass	Klass A
Antal växlar på sträckan	0
Antal godståg per år 2040	4 745
Genomsnittlig längd för godståg (m)	613
Längd normalvagn (m)	16
Antal vagnaxlar (icke farligt gods)	3
Antal vagnaxlar (farligt gods)	4

Urspårning av tåg på järnväg kan orsakas av en rad olika olyckstyper. Dessa olyckstyper sammanfattas i Tabell 5-2 tillsammans med felintensitet och beroendefaktor för varje enskild olyckstyp. Beroendefaktorn beskriver vilken parameter som påverkar frekvensen för urspårning för varje olyckstyp. Beroendefaktorerna presenteras i Tabell 5-1.

Tabell 5-2. Felintensitet och beroendefaktor för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Felintensitet ( $\xi$ )	Beroendefaktor ( $bf$ )
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Solkurva	$1,00 \cdot 10^{-5}$	Studerad spårlängd (km)
Vagnfel godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

Olyckstyp	Felintensitet ( $\xi$ )	Beroendefaktor ( $bf$ )
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	Antal passager genom växel för godståg
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-4}$	Tågkilometer för godståg
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	Tågkilometer för godståg
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

För varje enskild olyckstyp beräknas frekvensen för urspårning ( $F_U$ ) på den aktuella sträckan som:

$$F_U = \xi \cdot bf$$

Där

- $F_U$  = frekvens för urspårning, redovisas i Tabell 5-3
- $\xi$  = felintensitet, redovisas i Tabell 5-2
- $bf$  = beroendefaktor

Beroendefaktorerna som tillämpas gäller för ett år, vilket medför att den beräknade frekvensen för urspårning är en årlig frekvens. Frekvensen för urspårning, uppdelad på olyckstyp, på den aktuella sträckan redovisas i Tabell 5-3.

Tabell 5-3. Frekvens för urspårning av godståg uppdelad på olyckstyp.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Rälsbrott	$2,82 \cdot 10^{-5}$
Solkurva	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Vagnfel godståg	$1,75 \cdot 10^{-3}$
Lastförskjutning	$2,25 \cdot 10^{-4}$
Växel sliten, trasig	0
Annan orsak	$2,70 \cdot 10^{-4}$
Okänd orsak	$6,64 \cdot 10^{-4}$
Spårlägesfel	$2,25 \cdot 10^{-4}$
<b>Total frekvens för urspårning</b>	$3,17 \cdot 10^{-3}$

Frekvenserna i Tabell 5-3 avser urspårning för samtliga godsvagnar. För att beräkna frekvensen för urspårning av vagnar med farligt gods tas hänsyn till andelen transporterat farligt gods av totalt transporterat gods, samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka är 3,5 vagnar [12]. Mellan 2011 och 2020 utgjorde farligt gods i snitt 9 % av total transporterad godsmängd på järnväg och 11 % av totalt godstransportarbete [6]. Därmed utgår beräkningarna från att farligt gods utgör 10 % av samtliga godstransporter. Dessa förutsättningar medför att sannolikheten för att en vagn med farligt gods spårar ur, givet en urspårning av godståg, är 27,1%.

Tabell 5-4 redovisar frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods på den aktuella sträckan baserat på förväntad trafikering för 2040.

Tabell 5-4. Frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods.

Parameter	Värde
Frekvens för urspårning (per år)	$3,17 \cdot 10^{-3}$
Återkomsttid för urspårning (år)	1164

För att beräkna frekvensen för en urspårning av en godsvagn med en viss klass av farligt gods krävs kännedom om andelen transporter som innehåller den aktuella klassen av farligt gods. Avsnitt 4 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på järnväg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för urspårning som:

$$F_{U,Klass X} = F_U \cdot A_{Klass X}$$

- $F_{U,Klass X}$  = frekvens för urspårning av tågsvagn med farligt gods i Klass X
- $A_{Klass X}$  = andel transporter som utgörs av Klass X

Frekvensen för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 5-5. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 5-5 är enbart ämnesklasserna som beaktas i beräkningarna enligt avsnitt 4.

Tabell 5-5. Frekvens för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods

Urspårning av vagn innehållande	Frekvens per år
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	$2,9 \cdot 10^{-9}$
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Klass 2.3 – Giftiga gaser	$5,4 \cdot 10^{-5}$
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	$2,4 \cdot 10^{-4}$
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	$1,9 \cdot 10^{-4}$

### 5.1.1 Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål delas in i 6 klasser som benämns klass 1.1 – 1.6. Av dessa klasser är det primärt klass 1.1 (ämnen och föremål som har en risk för massexplosion) som har ett skadeområde som är så pass utbredd att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde. Det antas att samtliga transporter av explosiva ämnen och föremål utgörs av ämnen och föremål som har en risk för massexplosion.

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1.1 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 mängder av massexplosiva varor. Statistikunderlaget för transporter av ämnen i klass 1.1 är begränsat. Det antas att 98% av samtliga transporter sker med 20 kg medan resterande 2 % sker med 16 000 kg massexplosiva varor.

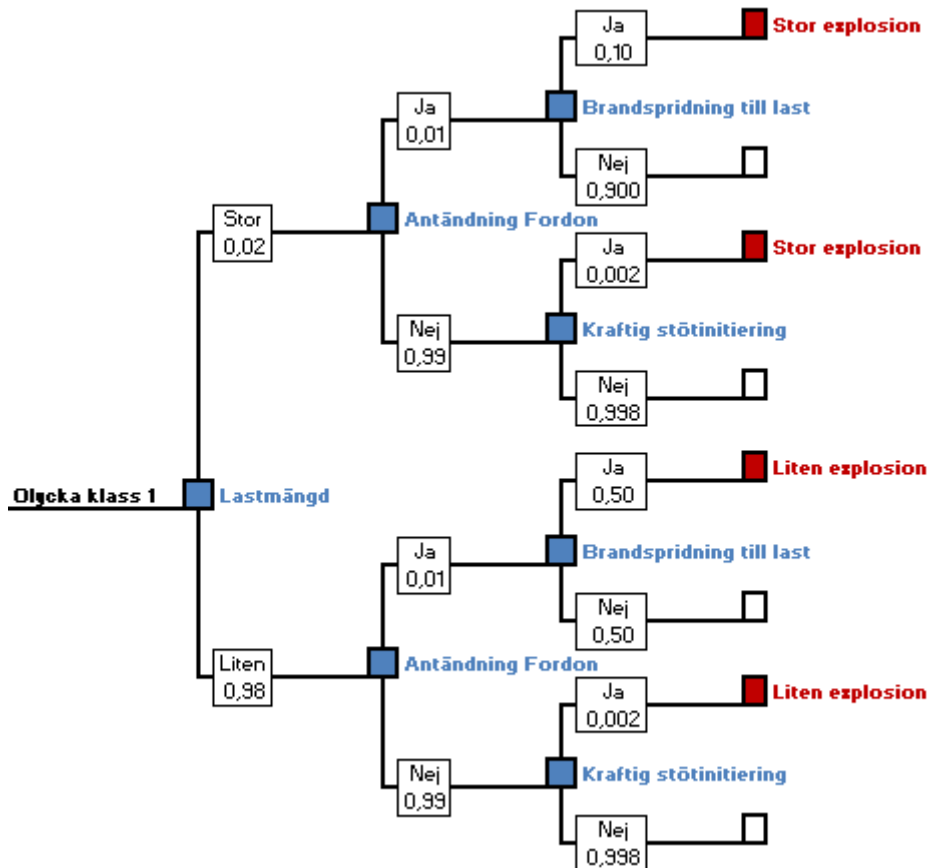
Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för mycket kraftig stöt vid en kollision. Sannolikheten för brand i fordonet antas vara 1% och antas vara oberoende av fordonsklassen på fordonet som transporterar det farliga godset. Sannolikheten att en brand i fordonet sprider sig till lasten är däremot beroende av fordonsklassen. Den högsta transporterade mängden förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas en brand sprida sig till fordonet i 10% av fallen för den maximala mängden 16 000 kg, och 50% av fallen för 20 kg, vilket i praktiken är mycket konservativt. Gällande stötinitierad detonation krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s för att initiera en reaktion. HMSO [13] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2%. Denna sannolikhet används i beräkningarna.

Tabell 5-6 visar frekvensbidraget från klass 1 till relevanta olyckstyper.

Tabell 5-6. Frekvensbidrag från klass 1 till relevanta olyckstyper.

Olyckstyp	Frekvensbidrag (per år)
Liten explosion	$2,00 \cdot 10^{-11}$
Stor explosion	$1,74 \cdot 10^{-13}$

Figur 5-1 visar händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen och föremål.



Figur 5-1. Händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen och föremål.

### 5.1.2 Brandfarliga gaser

Gaser transporteras generellt under övertryck i tjockväggiga tankar. Det faktum att ett fordon som transporterar brandfarlig gas är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage av gas uppstår. I de flesta fall uppstår inget hål i tanken och därför strömmar inget av innehållet ut. Läckage som trots allt uppstår delas upp i små läckage och stora läckage. Ett litet läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 10 mm medan ett stort läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 50 mm.

För olyckor på järnväg är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera för tjockväggiga tankar enligt [8].

De skadehändelser som kan uppkomma givet ett utsläpp av brandfarlig gas är jetbrand, gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

#### 5.1.2.1 Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt

trycket i denna. Sannolikheten för direkt antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10% för litet läckage och 20% för stort läckage [14].

#### 5.1.2.2 Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds direkt uppstår ett gasmoln av brandfarlig gas. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [14] men konservativt ansätts en sannolikhet för fördröjd antändning även vid mindre läckage. Sannolikheten för fördröjd antändning sätts till 1% för litet läckage och 50% för stort läckage. Luftinblandningen i gasmolnet ökar med tiden och avgör huruvida en fördröjd antändning av gasmolnet leder till en gasmolnsbrand eller en gasmolnsexplosion.

Om antändningen av gasmolnet är fördröjd men ändå sker i ett förhållandevis tidigt skede så är luftinblandningen i gasmolnet vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning. Om antändningen av gasmolnet är fördröjd och sker i ett förhållandevis sent skede så kommer mer luft att ha blandats in i gasmolnet, vilket kan skapa de förutsättningar som krävs för att en gasmolnsexplosion ska inträffa. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Konsekvenser av en gasmolnsexplosion beror på vilket håll gasmolnet driver mot, där störst skada inträffar om gasmolnet driver mot det mest tätbefolkade området. Detta beror på vindriktningen vid den inträffade händelsen. Platsspecifika väderdata presenteras i avsnitt 3 och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet.

#### 5.1.2.3 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. I samband med att tanken rämna övergår innehållet i gasfas och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning.

För att BLEVE ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Eftersom gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion är kortvariga händelser bedöms BLEVE inte kunna inträffa i samband med dessa händelser. En jetbrand kan däremot vara mer långvarig och bedöms därför kunna orsaka BLEVE. Sannolikheten för BLEVE givet en jetbrand sätts till 1%.

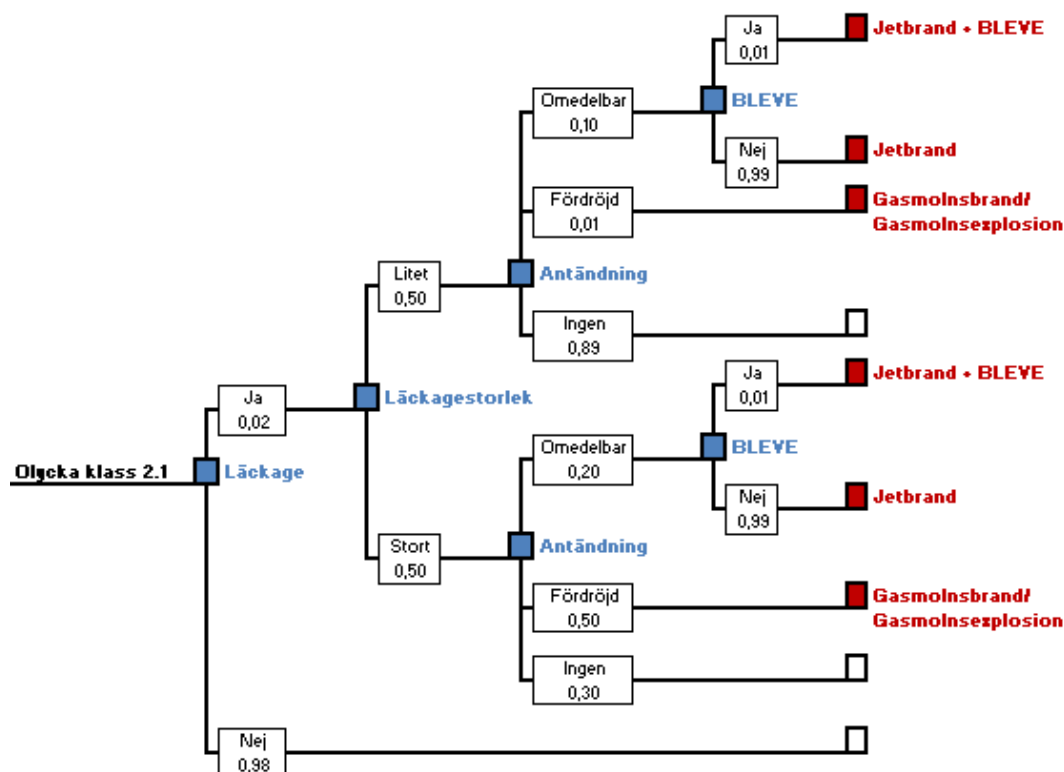
#### 5.1.2.4 Summering av frekvenser för olyckor med brandfarliga gaser

Tabell 5-7 visar frekvensbidraget från klass 2.1 till relevanta olyckstyper.

Tabell 5-7. Frekvensbidrag från klass 2.1 till relevanta olyckstyper.

Olyckstyp	Frekvensbidrag (per år)
BLEVE	$4,84 \cdot 10^{-9}$
Liten jetbrand	$1,60 \cdot 10^{-7}$
Stor jetbrand	$3,19 \cdot 10^{-7}$
Liten gasmolnsexplosion	$1,61 \cdot 10^{-8}$
Stor gasmolnsexplosion	$8,07 \cdot 10^{-7}$

Figur 5-2 visar händelsetråd för olyckor med brandfarliga gaser.



Figur 5-2. Händelseträd för olyckor med brandfarliga gaser.

### 5.1.3 Giftiga gaser

Gaser transporteras generellt under övertryck i tjockväggiga tankar. De giftiga gaserna antas vara ammoniak och klor, vilket bedöms vara en rimlig representation över de giftiga gaser som faktiskt transporteras. Sannolikheten för transport av ammoniak och klor sätts till 80% respektive 20%. Ammoniak representerar gaser som är måttligt giftiga medan klor representerar gaser som är mycket giftiga.

Det faktum att ett fordon som transporterar giftig gas är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage av gas uppstår. I de flesta fall uppstår inget hål i tanken och därför strömmar inget av innehållet ut. Läckage som trots allt uppstår delas upp i små läckage och stora läckage. Ett litet läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 10 mm medan ett stort läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 50 mm.

För olyckor på järnväg är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera för tjockväggiga tankar enligt [8].

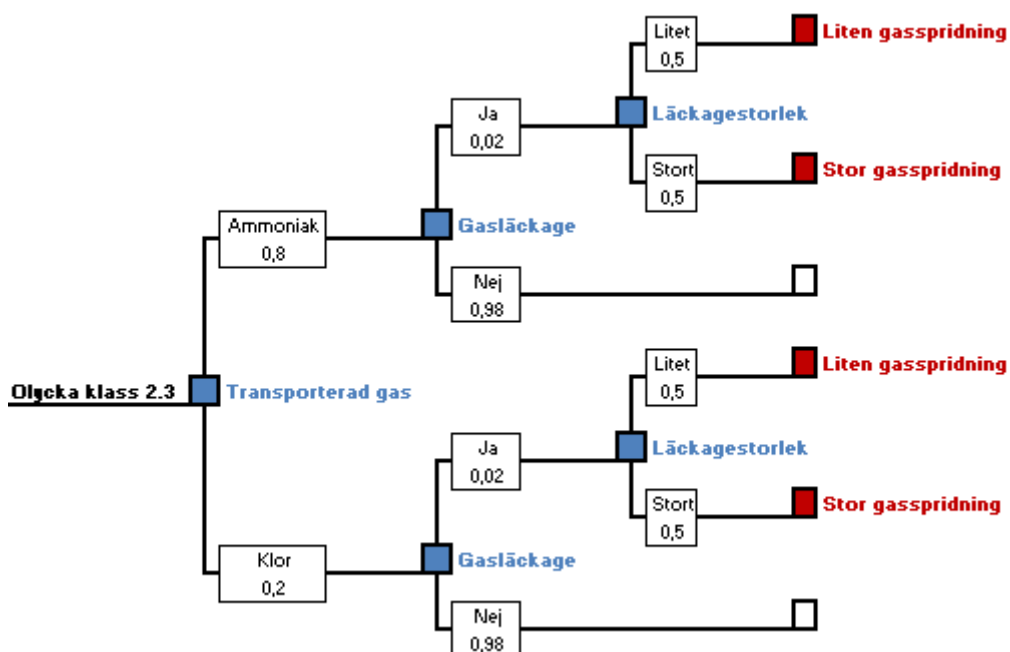
Vid ett läckage av giftig gas har vindhastighet och vindriktning en stor inverkan på spridningen av gasen och därmed konsekvenserna i samband med läckaget. Platsspecifika väderdata presenteras i avsnitt 3 och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet [1].

Tabell 5-8 visar frekvensbidraget från klass 2.3 till relevanta olyckstyper.

Tabell 5-8. Frekvensbidrag från klass 2.3 till relevanta olyckstyper.

Olyckstyp	Frekvensbidrag (per år)
Litet utsläpp av ammoniak	$4,32 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av ammoniak	$4,32 \cdot 10^{-7}$
Litet utsläpp av klor	$1,08 \cdot 10^{-7}$
Stort utsläpp av klor	$1,08 \cdot 10^{-7}$

Figur 5-3 visar händelsesträd för olyckor med giftiga gaser.



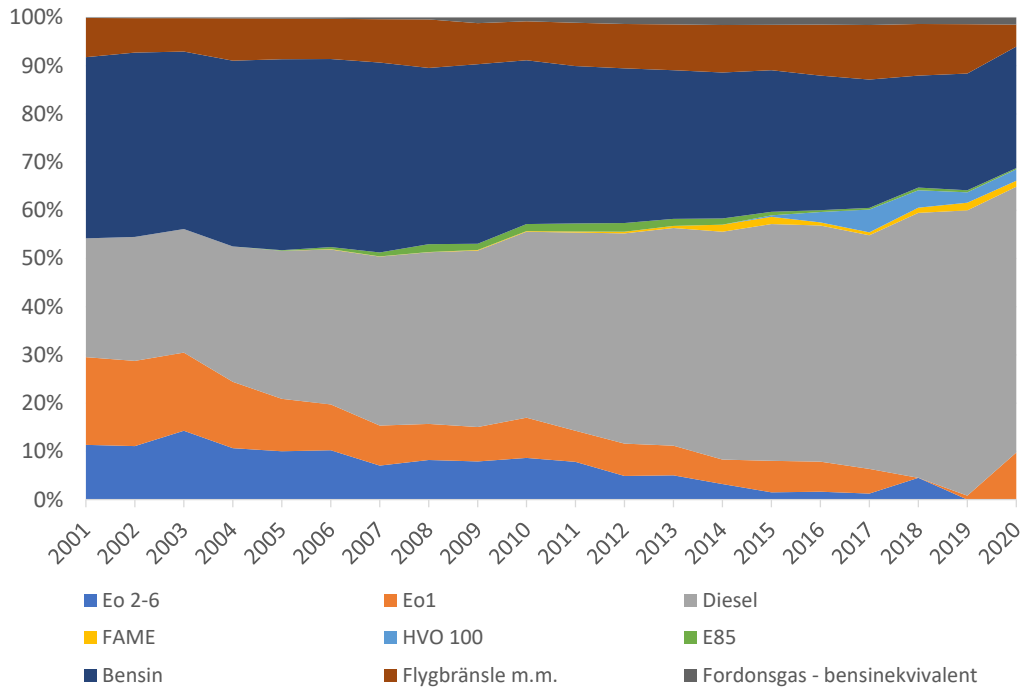
Figur 5-3. Händelsesträd för olyckor med giftiga gaser.

#### 5.1.4 Brandfarliga vätskor

Exempel på brandfarliga vätskor är dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin och olika typer av eldningsolja, dels förnyelsebara drivmedel men även andra typer av brandfarliga vätskor såsom lösningsmedel, tändvätskor, parfym, alkoholhaltiga drycker och liknande.

Den exakta fördelningen mellan drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. I brist på underlag antas därför att hela klassen utgörs av drivmedel. Drivkraft Sverige [15] presenterar statistik avseende fördelning av utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken presenteras i Figur 5-4 och antas gälla både för transporter på såväl väg som järnväg.





Figur 5-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) [15].

Som framgår av Figur 5-4 är diesel det vanligaste transporterade drivmedlet och har på senare tid stått för ca. 50% av samtliga transporterade drivmedel. Därefter följer bensin och flygbränsle som har stått för ca. 30% respektive 10% av samtliga transporterade drivmedel de senaste åren.

Den stora spridningen av olika typer av drivmedel enligt Figur 5-4 förenklas till att endast bestå av bensin och resterande ämnen (diesel, flygbränsle osv.). Andelen transporter med bensin och resterande ämnen antas vara 40% respektive 60%. Den antagna fördelningen bygger på statistiken som redovisas i Figur 5-4 men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter.

Jämfört med statistiken i Figur 5-4 antas en något högre andel transport av bensin, vilket är konservativt eftersom bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet med avseende på benägenhet för antändning och konsekvenser i samband med antändning. Bensin har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna antänds vid händelse av läckage. Diesel och flygbränsle har högre flampunkter och hanteras under sina respektive flampunkter. I den här riskutredningen representeras bensin av ämnet pentan medan resterande ämnen representeras av ämnet n-dodekan som hädanefter benämns dodekan.

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. Konservativt ansätts denna parameter till 10%.

Läckage med brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med [4]. Utsläppsvolymer presenteras i Tabell 5-9 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 5-9 är gällande för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 5-9. Utsläppsvolymer med tillhörande pölstorlekar och sannolikheter givet läckage.

Volym [m <sup>3</sup> ]	Volymen motsvarar	Pölstorlek [m <sup>2</sup> ]	Sannolikhet givet läckage [%]
0,5	Ett mindre läckage	100	25
5	En fackvolym	200	60
30	Hela tankvolymen	350	15

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

Olika typer av brandfarliga vätskor har olika benägenhet att antändas. Pentan, bensin och etanol är lättantändliga vätskor medan dodekan, diesel och eldningsolja är svårantändliga vätskor. Sannolikheter för antändning som används i beräkningsprogrammet är i enlighet med [4] och redovisas i Tabell 5-10.

Tabell 5-10. Sannolikhet för antändning av pölbrand [4].

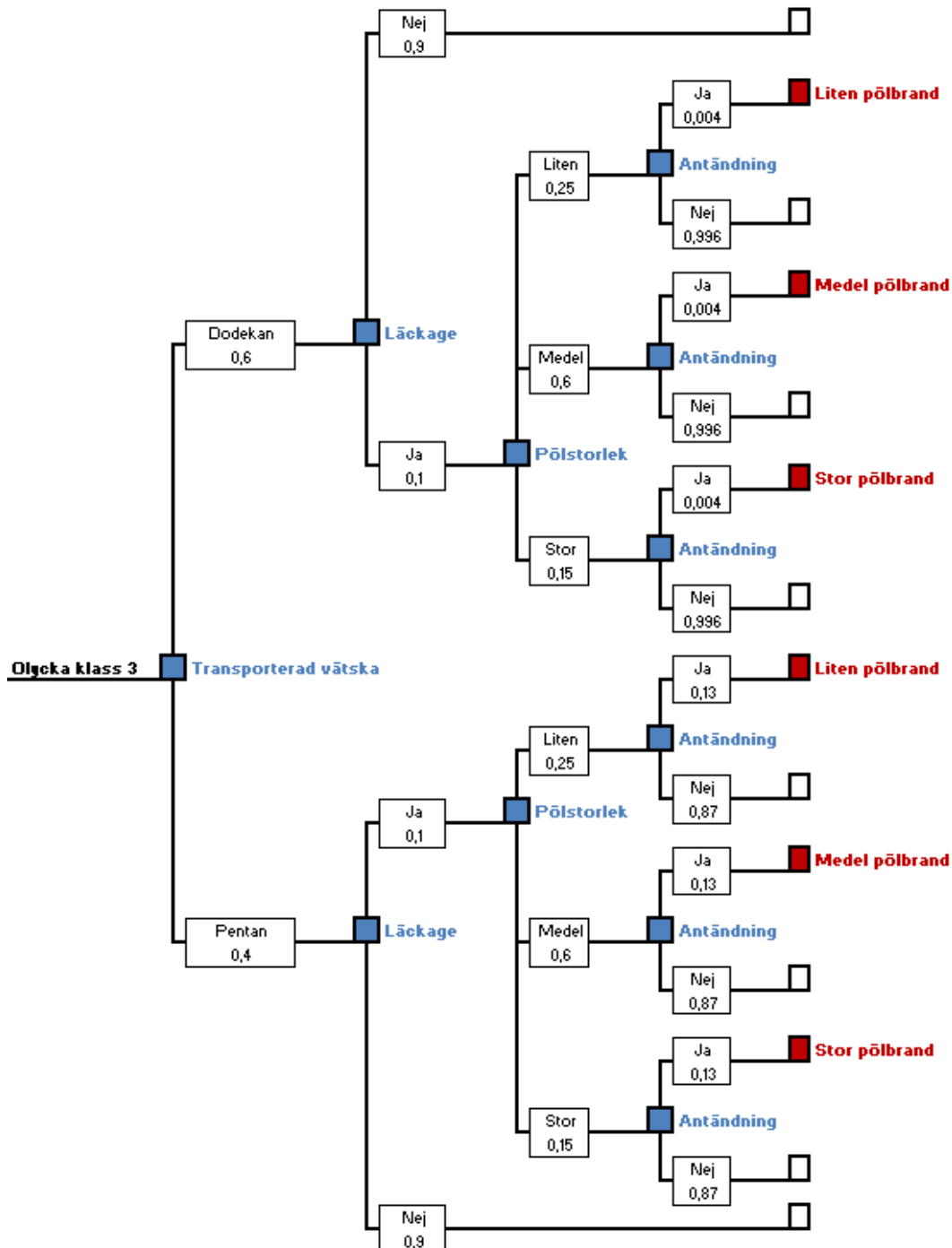
Brandfarlig vätska	Direkt antändning [%]	Fördröjd antändning [%]
Dodekan	0,43	-
Pentan	6,5	6,5

Tabell 5-11 visar frekvensbidraget från klass 3 till relevanta olyckstyper.

Tabell 5-11. Frekvensbidrag från klass 3 till relevanta olyckstyper.

Olyckstyp	Frekvensbidrag (per år)
Liten pölbrand dodekan	$1,53 \cdot 10^{-8}$
Medelstor pölbrand dodekan	$3,68 \cdot 10^{-8}$
Stor pölbrand dodekan	$9,21 \cdot 10^{-9}$
Liten pölbrand pentan	$3,09 \cdot 10^{-7}$
Medelstor pölbrand pentan	$7,42 \cdot 10^{-7}$
Stor pölbrand pentan	$1,86 \cdot 10^{-7}$

Figur 5-5 visar händelsetråd för olyckor med brandfarliga vätskor.



Figur 5-5. Händelseträd för olyckor med brandfarliga vätskor.

### 5.1.5 Oxiderande ämnen och organiska ämnen

Klass 5 utgörs av oxiderande ämnen och organiska peroxider. 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, exempelvis fordonets bränsle, vid olyckan. Det oxiderande ämnet väteperoxid kan sönderfalla i koncentrationer över 20% och detonera vid koncentrationer över 90% [16].

Vissa organiska peroxider kräver kylda förhållanden. För dessa typer av organiska peroxider kan brand- och explosionsförlopp inträffa om kylningen på något sätt fallerar eller att ämnets SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature) överskrids, exempelvis av en extern brand [17].

En erfarenhetsmässig bedömning är att olika koncentrationer av det oxiderande ämnet väteperoxid är den vanligaste typen av ämne inom klass 5.1 och att de organiska peroxiderna (klass 5.2) är mindre vanliga. Det antas därför att transporter av klass 5 enbart utgörs av oxiderande ämnen.

Sannolikheten för utsläpp i samband med olycka ansätts till 20%. Olycksförloppet vid läckage av oxiderande ämne beror på om ämnet blandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle. Om ämnet blandas med organiskt material kan en explosion inträffa. Om ämnet inte blandas med material förväntas ingen explosion men däremot kan en brand uppstå.

Givet ett läckage antas sannolikheten för blandning av det oxiderande ämnet med organiskt material vara 10%. Om det oxiderande ämnet blandas med organiskt material antas sannolikheten för explosion vara 6%. Om det oxiderande ämnet inte blandas med organiskt material antas sannolikheten för brand vara 6%.

Explosionsscenarioer med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion med ämnen inom klass 1. Konsekvenserna för explosionsscenarioerna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion med ämnen inom klass 1.

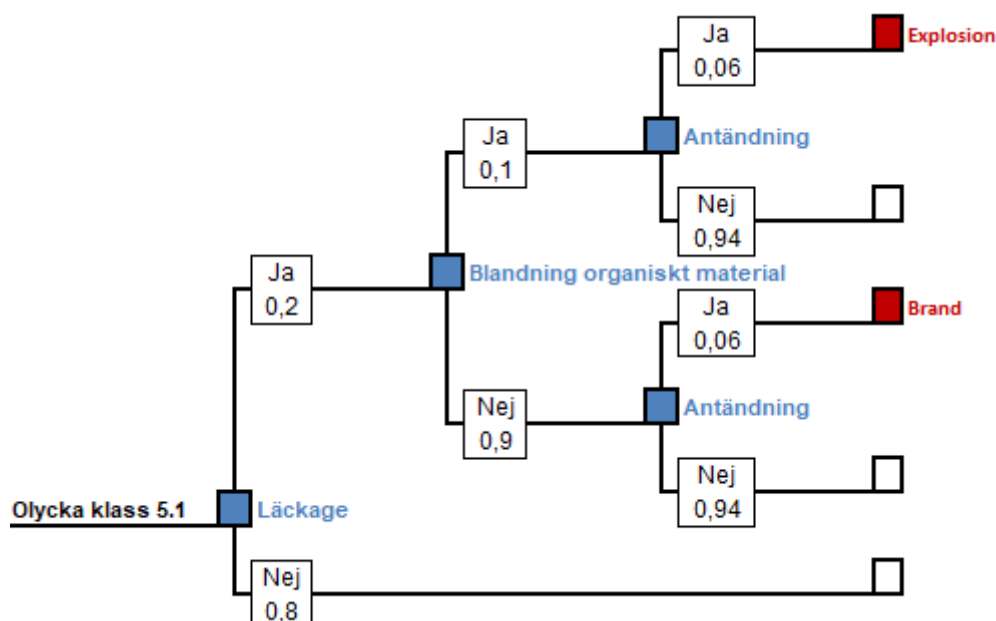
Brandscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten pölbrand av brandfarliga vätskor. Konsekvenserna för brandscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten pölbrand. Brandscenarierna fördelas lika mellan små pölbränder av pentan och dodekan.

Tabell 5-12 visar frekvensbidraget från klass 5.1 till relevanta olyckstyper.

*Tabell 5-12. Frekvensbidrag från klass 5.1 till relevanta olyckstyper.*

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Explosion	$2,29 \cdot 10^{-7}$
"Liten pölbrand dodekan"	$1,03 \cdot 10^{-6}$
"Liten pölbrand pentan"	$1,03 \cdot 10^{-6}$

Figur 5-6 visar händelsetråd för olyckor med oxiderande ämnen.



Figur 5-6. Händelseträäd för olyckor med oxiderande ämnen.

5.1.6 Summering av frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods  
 Tabell 5-13 presenterar samtliga frekvenser för olyckor vid transport av farligt gods som utgör indata för beräkningsprogrammet [1]. Explosion- och brandscenarier med ämnen i klass 5.1 har adderats till olyckstyperna liten explosion (klass 1), liten pölbrand av pentan (klass 3) samt liten pölbrand av av dodekan (klass 3) enligt beskrivningen i avsnitt 5.1.5.

Tabell 5-13. Summering av frekvensbidrag för olyckor vid transport av farligt gods som har använts som indata för beräkningsprogrammet.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Liten explosion (klass 1 och klass 5.1)	$2,29 \cdot 10^{-7}$
Stor explosion (klass 1)	$1,74 \cdot 10^{-13}$
BLEVE (klass 2.1)	$4,84 \cdot 10^{-9}$
Liten jetbrand (klass 2.1)	$1,60 \cdot 10^{-7}$
Stor jetbrand (klass 2.1)	$3,19 \cdot 10^{-7}$
Liten gasmolnsexplosion (klass 2.1)	$1,61 \cdot 10^{-8}$
Stor gasmolnsexplosion (klass 2.1)	$8,07 \cdot 10^{-7}$
Litet läckage av giftig gas, ammoniak (klass 2.3)	$4,32 \cdot 10^{-7}$
Stort läckage av giftig gas, ammoniak (klass 2.3)	$4,32 \cdot 10^{-7}$
Litet läckage av giftig gas, klor (klass 2.3)	$1,08 \cdot 10^{-7}$
Stort läckage av giftig gas, klor (klass 2.3)	$1,08 \cdot 10^{-7}$
Liten pölbrand, dodekan (klass 3 och klass 5.1)	$1,04 \cdot 10^{-6}$
Medelstor pölbrand, dodekan (klass 3)	$3,68 \cdot 10^{-8}$
Stort pölbrand, dodekan (klass 3)	$9,21 \cdot 10^{-9}$
Liten pölbrand, pentan (klass 3 och klass 5.1)	$1,34 \cdot 10^{-6}$
Medelstor pölbrand, pentan (klass 3)	$7,42 \cdot 10^{-7}$
Stor pölbrand, pentan (klass 3)	$1,86 \cdot 10^{-7}$

## 5.2 Konsekvensberäkningar

Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods genomförs i programvaran Riskcurves [1]. Programmet är framtaget av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Beräkningarna i riskutredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. Purple Book [4], Yellow Book [18] och Green Book [19]. Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Beräkningsverktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

### 5.2.1 Generella sårbarhetsparametrar

Sårbarhetsparametrar för personer som exponeras för explosion, brand och giftiga gaser presenteras i Tabell 5-14. Parametrarna är hämtade från Green Book [19] om inget annat anges.

Tabell 5-14. Sårbarhetsparametrar för personer som exponeras för explosion, brand och giftiga gaser.

Parameter	Värde	Kommentar
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100% dödlighet
Explosionsövertryck (glaskross)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar glaskross och 2,5% dödlighet inomhus
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Inom brännbar koncentration av ett gasmoln
Jetbrand (faktor för dödlighet)	1	Inom jetbrandens utredning
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m <sup>2</sup>	Värmestrålningsnivå med 100% dödlighet
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [1]	q = värmestrålning i W/m <sup>2</sup> t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd
Skyddsfaktor för värmeexponering (kläder)	0,14	Skyddsfaktor som används för exponering av värmestrålning
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7,9367+1 \cdot \ln(c^2 \cdot t)$ [1]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10,599+0,5 \cdot \ln(c^{2,75} \cdot t)$ [1]	c = koncentration t = exponeringstid
Tid för toxisk exponering	1800 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 1800 s har funnit skydd
Skyddsfaktor för toxisk exponering (inomhus)	0,1 [4]	Skyddsfaktor för exponering av toxisk koncentration inomhus
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av värmestrålning och toxisk koncentration av gas

### 5.2.2 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 ett sådant övertryck har på personerna som utsätts för tryckvågen.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor. Vid mer kraftfulla övertryck påverkas lungor och andra inre organ, vilket kan orsaka dödliga skador. I Tabell

5-15 nedan redovisas uppgifter för skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus [20].

Tabell 5-15. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus [20].

Skada	Explosionsövertryck (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

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i Tabell 5-16. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa medan byggnadsstommar antas kollapsa vid 20 kPa.

Tabell 5-16. Gränsvärden för skador på olika byggnadsverk.

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

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i Yellow Book [18]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT och massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från explosionen beräknas därefter. Den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT kan erhållas från nedanstående samband:

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

Där

- $m_{gas}$  = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]
- $m_{TNT}$  = massa TNT [kg]
- $\Delta H_d(TNT)$  = förbränningsvärme för TNT,  $4,18 \cdot 10^6$  J/kg
- $\Delta H_c(metangas)$  = förbränningsvärme för metangas,  $5,6 \cdot 10^7$  J/kg
- $Y$  = effektivitetsfaktor [-], beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i [18] till 0.2

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 5-17. Mängden massexplosiva varor i en transport är antingen 20 kg eller 16 000 kg enligt avsnitt 5.1.1.

Tabell 5-17. TNT-ekvivalenter av metan.

Olycksscenario	Massa TNT [kg]	Massa metangas [kg]
Liten explosion	20	7,5
Stor explosion	16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt [20]:

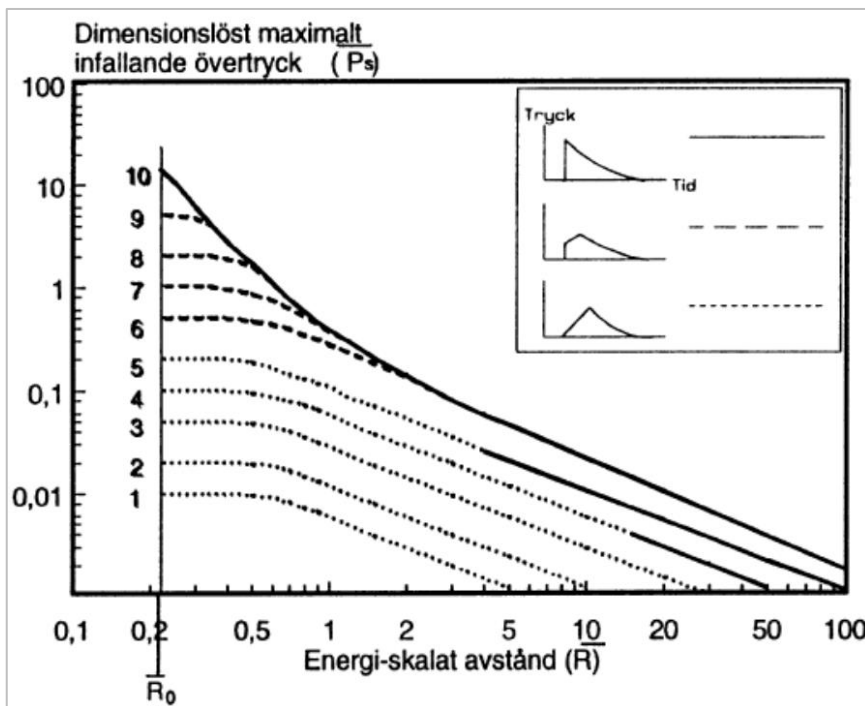


$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

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 5-7 [20].



Figur 5-7. Maximalt dimensionslöst tryck.

För beräkningarna antas den högsta detonationsklassen ur Figur 5-7, dvs. detonationsklass 10. Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 5-7 kan explosionsövertrycket bestämmas genom:

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

Där

- $\bar{P}$  = Dimensionslöst tryck [-]
- $P_s$  = Explosionstryck [Pa]
- $P_0$  = Atmosfärstryck [Pa]

Baserat på ovanstående kan explosionsövertrycket på olika avstånd från explosionens centrum bestämmas. Avstånd till explosionsövertrycken 10 kPa och 30 kPa för såväl liten explosion som stor explosion presenteras i Tabell 5-18.

Tabell 5-18. Konsekvensavstånd för explosion.

Olycksscenario	Avstånd [m] till angivet explosionsövertryck	
	10 kPa	30 kPa
Liten explosion	37	17
Stor explosion	341	157

### 5.2.3 Brandfarliga gaser

Mängden brandfarlig gas i en vagn antas vara ca. 40 m<sup>3</sup>. Vidare antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom ämnet har en låg brännbarhetsgräns. Det innebär att antändning kan inträffa på ett förhållandevis långt avstånd från olycksplatsen.

Enligt avsnitt 5.1.2 gäller följande med avseende på läckage:

- Litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- Stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm

Dessa hålstorlekar används för modellering av konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln. I tillägg modelleras även BLEVE, vars konsekvenser är oberoende av hålstorlek.

För jetbrand och antänt gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Ett utsläpps storlek och konsekvensområde varierar beroende på var i tanken ett läckage inträffar, dvs. om läckaget uppstår där det transporterade ämnet är i vätskefas eller i gasfas. I beräkningarna antas att läckaget sker i vätskefasen eftersom det ger de största konsekvenserna och anses vara det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

De indata som används i beräkningsprogrammet [1] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE är:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- 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)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 3

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 5-19, Tabell 5-20 och

Tabell 5-21. I Tabell 5-19 och Tabell 5-20 presenteras konsekvenser för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage respektive stort läckage av brandfarlig gas. Konsekvenserna för jetbrand och antänt gasmoln är beroende av väderförhållanden och presenteras därför för olika väderförhållanden.

Tabell 5-21 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE är oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden.

*Tabell 5-19. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage.*

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
10 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	26	29	30
15 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	25	28	29
20 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	24	27	28

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
35 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	22	25	26
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	20	23	26
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	14	15	18
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	14	15	18

Tabell 5-20. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med stort läckage.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
10 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	109	122	125
15 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	102	114	118
20 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	97	110	113
35 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	89	102	105
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	100	124	158
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	68	83	111
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	77	93	138

Tabell 5-21. Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

Konsekvens	Avstånd [m]
10 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	321
15 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	251
20 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	206
35 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	126

#### 5.2.4 Giftiga gaser

Enligt avsnitt 5.1.3 antas transporter av giftiga gaser innehålla antingen ammoniak eller klor. Mängden giftig gas i ett släp antas vara 40 m<sup>3</sup>.

Spridningssimuleringar genomförs för måttligt giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor). Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Platsspecifika väderdata som presenteras i avsnitt 3 tillämpas i beräkningsprogrammet [1]. Påverkan för människor som befinner sig inomhus bedöms reduceras med en faktor tio jämfört med människor som befinner sig utomhus, enligt vad som anges i Purple Book [4].

Enligt avsnitt 5.1.3 gäller följande med avseende på läckage:

- Litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- Stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm

De indata som används i beräkningsprogrammet [1] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas är:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- Lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)

- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80%
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83%
- Molnighet: 75% (halvklart till molnigt)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 3

För att redovisa konsekvensområdets utbredning används Acute Exposure Guideline Level (AEGL). Nivåerna AEGL-1, AEGL-2 och AEGL-3 avser exponeringsnivåer av luftburna partiklar där en individ (inklusive känsliga individer) kan uppleva besvär, få irreversibla hälsoeffekter respektive drabbas av livshotande skador samt omkomma. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma. AEGL-3 för ammoniak avseende 30 minuters exponering är 1600 ppm [21]. AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm [21]. Tabell 5-22 presenterar avstånd till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid läckage av ammoniak och klor.

Tabell 5-22. Avstånd till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid läckage av ammoniak och klor.

Olycksscenario	Avstånd [m] till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid angivet väderförhållande		
	D5	D2	F2
Ammoniak (litet läckage)	119	157	318
Ammoniak (stort läckage)	709	928	1693
Klor (litet läckage)	668	1065	3481
Klor (stort läckage)	4086	6101	12873

### 5.2.5 Brandfarliga vätskor

I konsekvensberäkningen används pentan för att modellera bensen och dodekan för att modellera resterande brandfarliga vätskor (diesel, flygbränsle osv.). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande då detta ger högre värmeinstrålning i jämförelse med en avlång pöl som kanske skulle avspegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 5-23 redovisas avstånd till värmeinstrålningsnivåer för väderscenario D5 för de studerade olycksscenarierna. Variationerna mellan D5 och andra väderscenarier är inte betydande och därför presenteras enbart avstånd för väderscenario D5.

Tabell 5-23. Avstånd till värmeinstrålningsnivåer för väderscenario D5.

Olycksscenario	Avstånd [m] till angiven värmeinstrålningsnivå vid väderscenario D5			
	10 kW/m <sup>2</sup>	15 kW/m <sup>2</sup>	20 kW/m <sup>2</sup>	35 kW/m <sup>2</sup>
Pentan (liten pölbrand)	25	22	20	15
Pentan (medelstor pölbrand)	34	30	27	20
Pentan (stor pölbrand)	44	38	34	25
Dodekan (liten pölbrand)	17	15	14	11
Dodekan (medelstor pölbrand)	23	20	19	15
Dodekan (stor pölbrand)	29	26	24	19

### 5.2.6 Oxiderande ämnen och organiska ämnen

I avsnitt 5.1.5 beskrivs att oxiderande ämnen (klass 5.1) antas utgöra samtliga transporter av ämnen i klass 5. I samma avsnitt beskrivs att explosionsscenarioer eller brandscenarioer kan uppstå i samband med en olycka med oxiderande ämnen.

Explosionsscenarioer med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som små explosioner av explosiva ämnen och föremål. Se avsnitt 5.2.2 för mer information om konsekvenser för små explosioner.

Brandscenarioer med oxiderande ämnen antas konservativt ge liknande konsekvenser som små pölbränder av brandfarliga vätskor. Brandscenarioer med oxiderande ämnen fördelas lika mellan små pölbränder av pentan och dodekan. Se avsnitt 5.2.5 för mer information om konsekvenser för små pölbränder.

## 6 Urspårning av tåg

Nedan presenteras beräkningar kopplat till risk för mekanisk skada vid urspårning.

### 6.1 Beräkningsmetodik

Vid beräkning av mekanisk påverkan vid tågurspårning används en metodik som är framtagen av International union of railways (UIC) [22]. Metodiken från UIC är mer detaljerad med avseende på konsekvensavstånd än metodiken som används i den kvantitativa analysen av olycka med farligt gods, se avsnitt 5. Urspårning definieras som att minst ett hjul lämnar rälsen. Mekanisk påverkan definieras som påverkan på yta och föremål längs med sträckan där det urspårade tåget transporteras.

Frekvensen för mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret beräknas enligt:

$$F_K = F_U \cdot P_K$$

Där

- $F_K$  = frekvensen för mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret
- $F_U$  = frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område
- $P_K$  = sannolikheten att ett urspårat tåg orsakar mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret.

Frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område beräknas enligt:

$$F_U = e_r \cdot d \cdot Z_d \cdot 365 \cdot 10^{-2}$$

Där

- $e_r$  = urspårningsfrekvens per tågakilometer
- $d$  = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom  $v/80$ , där  $v$  är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.
- $Z_d$  = antal tåg per dygn längs den studerade sträckan.

Sannolikheten att ett urspårat tåg orsakar mekanisk påverkan på ett visst avstånd från spåret beräknas enligt:

$$P_K = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \cdot 0,5 \cdot \frac{c}{d}$$

Där

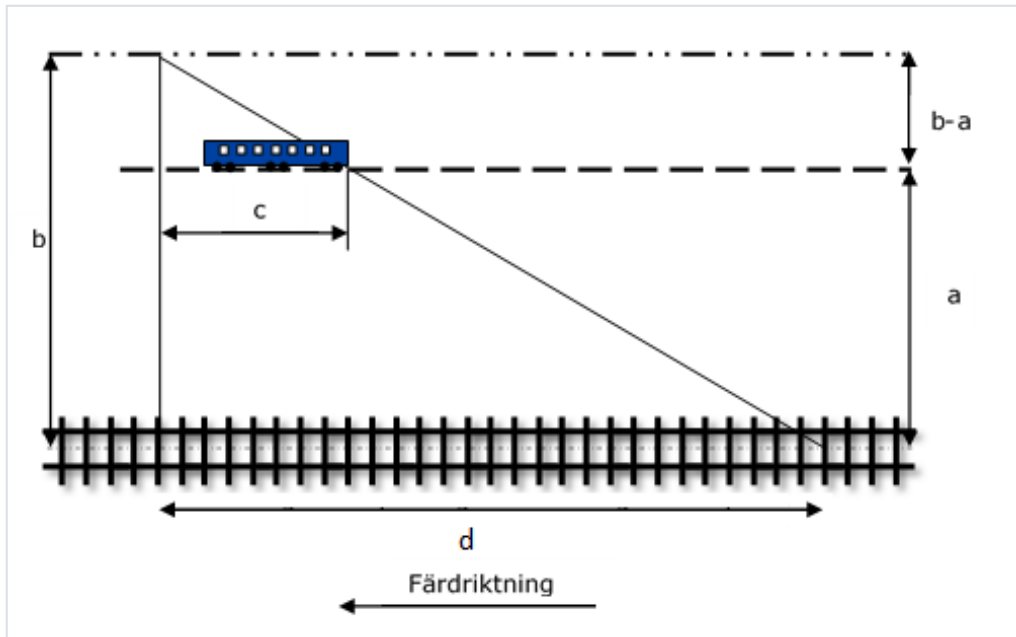
- $a$  = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och studerat område
- $b$  = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som tågagn kan hamna efter urspårning. Beräknas genom  $v/0,55$  där  $v$  är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.
- $c$  = det parallella avstånd (m) längs med spåret inom vilket det finns risk för mekanisk påverkan av urspårat tåg vid avståndet  $a$ .
- $d$  = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom  $v/80$ , där  $v$  är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

Värde på  $c$  beräknas enligt:

$$\text{om } b > a \rightarrow c = \frac{d}{b} \cdot (b - a)$$

$$\text{om } b < a \rightarrow c = 0 \rightarrow P_K = 0$$

En beskrivning av de olika avståndsfaktorerna som används i beräkningarna illustreras i Figur 6-1. Triangeln intill spåret kan ses som det område som kan påverkas av en urspårning, givet att urspårningen sker i triangelns nedre högra hörn.



Figur 6-1. Illustration av de olika avståndsfaktorerna som används i ekvationerna för urspårning.

## 6.2 Underlag

För att kunna tillämpa beräkningsmetodiken från UIC krävs underlag i form av en urspårningsfrekvens per tågkilometer samt underlag om antalet tågpassager och hastighet för tågpassagerna.

Urspårningsfrekvens per tågkilometer härleds genom statistik från Trafikanalys [6, 23] för antal tågkilometer och antal urspårade tåg vid tågrörelse på det svenska järnvägsnätet. Statistiken presenteras i Tabell 6-1. Statistik för antal tågkilometer i Tabell 6-1 gäller för såväl el- som dieseldrivna fordon. Med tågrörelse menas den trafikverksamhet som normalt uppfattas som tågtrafik, och som utförs för att framföra spårfordon från bland annat en driftplats till en annan, och med urspårning menas att minst ett hjul lämnar rälsen [23].

Tabell 6-1. Statistik för tågkilometer och urspårningar vid järnvägsdrift på det svenska järnvägsnätet för år 2011-2020 [6, 23].

Trafiktyp	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Antal tågkilometer uttryckt i miljontal</b>										
<b>Persontrafik</b>	104	106	113	116	117	122	124	129	132	116
<b>Gods- trafik</b>	43	40	38	37	35	36	36	36	36	35
<b>Total trafik</b>	147	146	151	153	153	158	160	165	168	151
<b>Antal urspårningar vid tågrörelse</b>										
<b>Total trafik</b>	7	10	9	10	3	4	5	8	7	6

Godståg är generellt mer drabbade av urspårningar i jämförelse med persontåg. I den rapporterade statistiken går det inte att särskilja urspårningar som drabbat persontåg respektive godståg. För att kunna beräkna urspårningsfrekvenserna har därför tågkilometertalen för person- och godståg sammanslagits. Från data i Tabell 6-1 beräknas den genomsnittliga urspårningsfrekvensen per tågkilometer ( $e_r$ ) till  $4,44 \cdot 10^{-8}$ .

Antal tåg längs Godsstråket genom Skåne per dygn förbi aktuellt område ( $Z_d$ ) förväntas år 2040 i genomsnitt vara 13 tåg, där samtliga utgörs av godståg [10].

Den längsta urspårningssträckan längs med spåret som ett tåg kan färdas ( $d$ ) beror på tågets hastighet vid tillfället för urspårningen. Den största tillåtna hastigheten (STH) för godståg är begränsad till 100 km/h på det svenska järnvägsnätet [10]. Eftersom samtliga tåg på sträckan utgörs av godståg är det endast denna hastighet som är aktuell.

Ovanstående information om antal tåg och hastigheter på Vänerbanan och DVVJ sammanfattas i Tabell 6-2.

Tabell 6-2. Antalet tåg uppdelat efter hastighet på Godsstråket genom Skåne [10].

Hastighet [km/h]	Antal tåg per dygn
100	13

Kombinationen av antalet tåg och hastighet innebär sammantaget att frekvensen för urspårning ( $F_U$ ) på den studerade järnvägssträckan är  $2,6 \cdot 10^{-4}$  per år, vilket motsvarar en olycka ungefär en gång på 3 794 år, enligt beräkningsmetodiken från UIC.

### 6.3 Konsekvensavstånd

Tabell 6-3 redovisar det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt som en tågsvagn kan hamna efter urspårning ( $b$ ) och den längsta urspårningssträckan längs med spåret ( $d$ ) för aktuella hastigheter enligt beräkningsmetodiken från UIC som presenteras i avsnitt 6.1. En illustration av avståndsfaktorerna  $b$  och  $d$  finns i Figur 6-1 i avsnitt 6.1.

Tabell 6-3. Det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt som tågsvagn kan hamna efter urspårning ( $b$ ) och den längsta urspårningssträckan längs med spåret ( $d$ ) för aktuella hastigheter.

Hastighet [km/h]	$b$ [m]	$d$ [m]
100	12,6	125

Det maximala vinkelräta avståndet från spårmittpunkt där mekanisk påverkan till följd av urspårning kan inträffa är 12,6 m enligt Tabell 6-3. Enbart tåg med hastigheten 100 km/h eller mer kan medföra påverkan på detta avstånd.

### 6.4 Konsekvenser med avseende på personskador

Det förväntas att de människor som befinner sig utomhus inom det område som påverkas av en urspårning kommer att omkomma. Ovanstående antas även gälla för personer som befinner sig inomhus. Detta är ett konservativt antagande eftersom det krävs att den fysiska påverkan på en byggnad är så pass kraftig att byggnaden rasar eller på annat sätt påverkas för att personer som befinner sig i byggnaden ska omkomma.



## Referenser

- [1] TNO Riskcurves, RISKCURVES 11.4.2.
- [2] Länsstyrelsen Skåne, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, 2007.
- [3] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/>. [Accessed 2022-02-02].
- [4] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"," 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [5] FOI, "Osäkerheter i observationer och beräkningar," Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.
- [6] Trafikanalys, "Bantrafik 2020 - Statistik 2021:23," 2021-06-23.
- [7] Räddningsverk, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [8] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [9] Trafikverket, "NJDB på webb," [Online]. Available: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Accessed 2022-02-25].
- [10] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar," 2021-04-09.
- [11] SJ Godsvagnar.
- [12] VTI, "Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - Projektsammanfattning, VTI-rapport 387:1," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [13] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [14] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [15] Drivkraft Sverige, "Volymer," [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>. [Accessed 30 07 2021].
- [16] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [17] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.
- [18] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.

- [19] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", " 1992.
- [20] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.
- [21] EPA, "Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values," 29 08 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
- [22] UCI, "Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone," UIC, 2002.
- [23] Trafikanalys, "Bantrafikskador 2020 - Statistik 2021:17," 2021-06-10.