

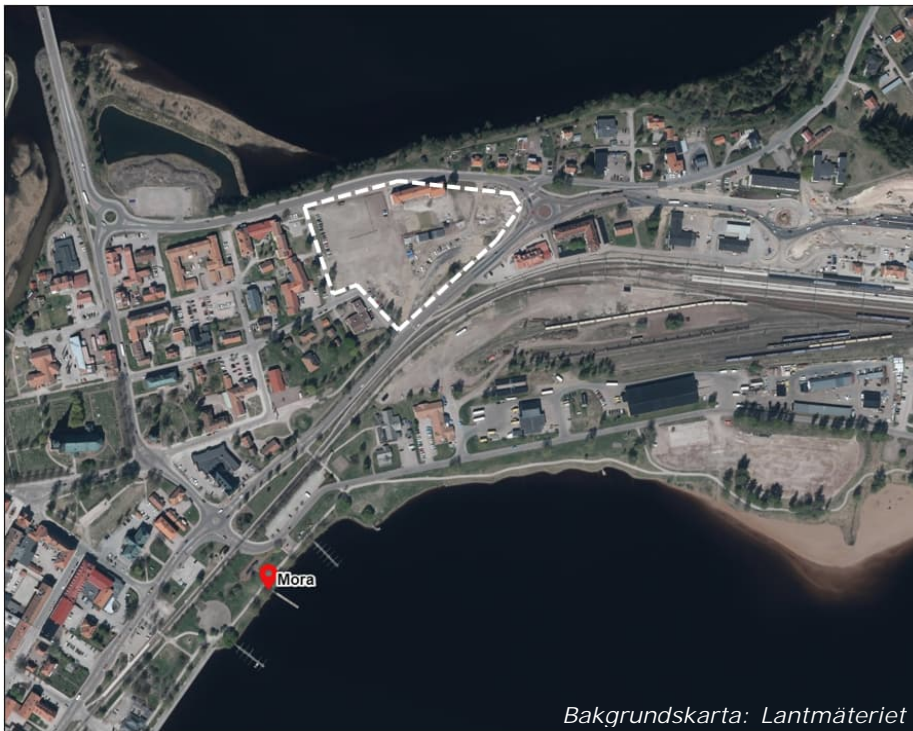
## Riskutredning

Uppdragsledare/Handläggare  
Jennifer Wolsing  
Telefon  
010-505 28 06  
Mobil  
+46 72 206 46 39  
E-post  
jennifer.wolsing@afry.com

Datum  
16/04/2024  
Projekt ID  
D0102980  
Beställare  
Niclas Larsson  
E-post  
niclas.larsson@mora.se

Kund  
Mora kommun

## Riskutredning med avseende på transporter av farligt gods för detaljplan för Strandens skolorområde, Mora



Uppdragsledare/handläggare: Jennifer Wolsing  
Handläggare: Cecilia Magnusson  
Intern kvalitetsgranskning: Tove Raquette

# Riskutredning

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	7
1.1	Syfte och mål .....	8
1.2	Avgränsningar .....	8
2	Styrande lagstiftning och riktlinjer .....	9
3	Metod .....	11
3.1	Programvara .....	12
3.2	Kvantitativa riskmått .....	12
3.2.1	Individrisk .....	12
3.2.2	Samhällsrisk .....	12
3.3	Risikvärdering .....	12
4	Beskrivning av planområde .....	15
4.1	Skyddsvärda objekt .....	16
4.2	Riskobjekt .....	16
5	Risikinventering .....	17
5.1	Olycka med farligt gods .....	17
5.2	Olycksscenarier vid olycka med farligt gods .....	17
5.3	Sammanfattning av aktuella olycksscenarier .....	22
6	Risikanalys .....	23
6.1	Förutsättningar för beräkningar .....	23
6.1.1	Personbelastning .....	23
6.1.2	Trafikuppgifter väg .....	26
6.1.3	Trafikuppgifter järnväg .....	26
6.1.4	Fördelning av farligt gods vägtransporter .....	27
6.1.5	Fördelning av farligt gods på järnväg .....	28
6.2	Individrisk .....	30
6.3	Samhällsrisk .....	33
7	Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys .....	35
7.1	Känslighetsanalys .....	35
7.1.1	Antal transporter av farligt gods .....	35
7.1.2	Personbelastning .....	35
7.1.3	Konsekvenser för studerade olycksscenarier .....	36
7.2	Osäkerhetsanalys .....	36
7.2.1	Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor .....	37
7.2.2	Sannolikhet för olycka .....	39
7.2.3	Personbelastning .....	41
7.2.4	Konsekvenser för studerade olycksscenarier .....	41

## Riskutredning

8	Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder .....	43
8.1	Riskvärdering .....	43
8.2	Förslag och beskrivning av ytterligare riskreducerande åtgärder .....	44
8.2.1	Skyddsavstånd och begränsa stadigvarande vistelse utomhus .....	44
8.2.2	Utrymningsvägar och entréer .....	44
8.2.3	Ventilation .....	44
8.2.4	Brandtekniskt skydd .....	45
8.2.5	Avåkningsskydd .....	45
9	Slutsatser .....	46
	Referenser .....	48

## Riskutredning

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Revidering	Handläggare
1.0	2023-03-17	Första utgivna version.	Jennifer Wolsing
2.0	2023-04-11	Slutversion	Jennifer Wolsing
3.0	2023-04-17	Mindre justering	Jennifer Wolsing
4.0	2023-05-16	Tillägg på sida 27, 29, 32, 38 och 39. Förtydligande om järnvägstransporter samt kumulativ risk och hastighet 70 km/h på Älvgatan.	Jennifer Wolsing
5.0	2023-09-05	Mindre justering s.43	Jennifer Wolsing
6.0	2024-04-16	Åtgärder avseende brandskyddad fasad har förtydligats i dialog med uppdragsledare Jennifer Wolsing, så att förslag på åtgärder i kapitel 8 överensstämmer med sammanfattningen samt slutsatserna i kapitel 9.	Rasmus Jonason

# Riskutredning

## Sammanfattning

I Mora kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att bland annat utveckla fastigheten Stranden 51:2 som ligger i centrala Mora. Under hösten 2020 tog kommunstyrelsen ett inriktningsbeslut som anger att en högstadieskola ska placeras på Strandenområdet, tillsammans med bland annat lokaler för kultur- och idrottsverksamheter. Det geografiska läget och byggnationens omfattning gör att byggnation på platsen kommer få en stor påverkan på omgivningen och kan bli ett nytt landmärke i kommunen.

Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av en byggnad som kallas "Rosa huset" som är en ungdomsgård. Resterande område är idag obebyggt. Utredningsområdet för denna rapport är beläget intill riksväg 70 (Rv70) och europaväg 45 (E45) som är utmärkt som primära leder för farligt gods. Även järnvägen Dalabanan passerar söder om aktuellt utredningsområde.

Länsstyrelsen i Dalarna läns riktlinjer Farligt gods, riskhantering i fysisk planering, rekommenderar att markanvändning "skola" placeras bortom 150 meter från rekommenderad transportled för farligt gods. I aktuellt fall är en skola planerad på plats där denna blir omringad på 3 av 4 sidor av farligt gods lederna. Dessa skolbyggnader är placerade cirka 20 meter från de två transportlederna för farligt gods samt ca 40-50 meter från järnvägen. Länsstyrelsen i Dalarnas län anger vidare att om den föreslagna markanvändningen avviker från rekommenderade skyddsavstånd behöver en riskutredning göras. Om det, baserat på platsens förutsättningar, inte uppenbart kan påvisas att risken kan bedömas acceptabel behöver en kvantitativ riskutredning genomföras som inkluderar individ- och samhällsrisknivåer. I aktuellt fall har därför en kvantitativ analys genomförts som visar att risknivåerna hamnar inom en nivå där rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas (inom lägre ALARP-området) både avseende individrisk och samhällsrisk. Följande åtgärder bedöms vara av sådan karaktär:

- Skyddsavstånd  
Ny bebyggelse ska inte placeras inom ett avstånd om 20 m från Rv70 och E45, vilket bygger på det planförslag som getts idag. Ett längre avstånd är att eftersträva ur ett riskperspektiv. Detta bedöms dock vara svårt att uppfylla med hänsyn till behovet av att inrymma skolan och dess nödvändiga ytor på aktuellt område.
- Utrymningsvägar och entréer  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från riskkällorna och huvudsakliga entréer är placerade bort från riskkällorna. Detta kan möjliggöras genom att entréer och utrymningsvägar exempelvis placeras mot skyddad skolgård.
- 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 riskkällorna. I aktuellt fall finns riskkällor åt alla håll utom västerut. Att placera ventilation och friskluftsintag på tak bedöms ge en tillräcklig riskreducering då koncentrationer av eventuell giftig gas minskar med ett ökat avstånd från olycksplatsen.
- Brandtekniskt skydd  
Fasader till den första raden av bebyggelse inom 30 m från Rv 70 samt E45, och som vetter mot väg, rekommenderas utföras i lägst EI30 med fönster i lägst EW30.

## Riskutredning

- Avåkningskydd  
Hindra att brandfarlig vätska och fordon hamnar utanför Rv 70 och E45 vid en eventuell olycka genom att placera exempelvis en mur eller kantsten kombinerat med avåkningskydd/räcke. En skärm kan ge liknande skydd samt (om möjligt i kombination med växtlighet såsom träd och buskar) minska den koncentration av giftiga och/eller brandfarlig gas som sprids in mot skolgården vid en olycka med sådana ämnen.

Givet att etablering i samband med utvecklingen av aktuellt utredningsområde på Stranden 51:2 följer beskrivning och presenterade åtgärder övervägs bedöms risken avseende farligt gods som acceptabel.

Eftersom risknivåerna ligger inom ALARP finns inga krav på åtgärder, vilket hade varit fallet om beräknade risknivåer varit oacceptabla. Detta innebär alltså att om det framkommer att någon av de föreslagna åtgärderna inte är tekniskt genomförbar eller ekonomiskt försvarbar så kan dessa bortses ifrån. Enligt rimlighetsprincipen (se avsnitt 3.3) ska dock risker reduceras eller elimineras om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk. De åtgärder som föreslagits är åtgärder som normalt brukar bedömas vara kostnadseffektiva och rimliga att genomföra avseende risker från farligt gods.

# Riskutredning

## 1 Inledning

I Mora kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att utveckla fastigheten Stranden 51:2 m.fl. som ligger i centrala Mora. Under hösten 2020 tog kommunstyrelsen ett inriktningsbeslut som anger att en högstadieskola ska placeras på Strandenområdet, tillsammans med bland annat lokaler för kultur- och idrottsverksamheter.

Markanvändningen inom fastigheten utgörs idag av en byggnad som kallas "Rosa huset" som är en ungdomsgård. Resterande område är obebyggt.

Området för utredning i denna rapport är beläget intill riksväg 70 (Rv 70) och europaväg 45 (E45) som är utpekade som primära leder för farligt gods. Även järnvägen Dalabanan passerar söder om aktuellt utredningsområde. Eftersom avståndet till området för utredning understiger Länsstyrelsens riktlinjer (se avsnitt 2) för skyddsavstånd ska risker kopplade till transport av farligt gods undersökas.

Aktuellt utredningsområde i förhållande till omgivande riskkällor illustreras i Figur 1-1.



Figur 1-1. Aktuellt utredningsområde i förhållande till omgivande riskkällor.

## Riskutredning

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt utredningsområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på närliggande transportled.

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 aktuellt utredningsområde. Vid beräkning av samhällsrisk betraktas även personbelastningen i området utanför aktuellt planområde. I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på 1 km<sup>2</sup>.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta olyckor på rekommenderade transportleder för farligt gods i anslutning till planområdet, dvs. på Rv 70 och E45 samt järnvägen Dalabanan. Enligt tidigare riskutredningar förekommer inte rangering av farligt gods på intilliggande bangård, varför risker från denna inte hanteras i denna utredning. 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.

För att den planerade bebyggelsen ska vara hållbar ur ett riskperspektiv behöver hänsyn tas till framtida förändring av transporter på transportlederna förbi planområdet. Därmed har förväntad trafikering av transportled och förväntad personbelastning för 2040 tillämpats.

Projektering av skyddsåtgärder ingår ej.

Riskutredningen är avgränsad till att inte beakta eventuella risker från andra riskobjekt i omgivningen såsom från omgivande verksamheter och industrier.



## Riskutredning

### 2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Plan- och bygglagen (2010:900) samt Miljöbalken (1998:808) är lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys eventuellt 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 typer av markanvändning som kan användas vid planering.

I denna utredning används Länsstyrelsen i Dalarna läns riktlinjer *Farligt gods, riskhantering i fysisk planering* [1]. Riktlinjerna baseras på en zonindelning med fyra zoner som behöver uppnå olika skyddsavstånd. Om skyddsavstånden följs krävs generellt inte några ytterligare skyddsåtgärder.

NÄRMRE ÄN 30 METER	30-70 METER	70-150 METER	ÖVER 150 METER
Odlingar	Bilservice	Bostäder i högst 2 plan	Bostäder i mer än 2 plan
Trafikytor	Industrier	Mindre samlingslokaler	Vård
Ytparkeringar	Mindre handel	Handel	Kontor i flera plan
Friluftsområden	Tekniska anläggningar	Mindre kontor (inte hotell)	Hotell
	Övrig parkering	Kultur- och idrottsanläggningar utan betydande åskådarplats	Skolor
	Lager		Större samlingslokaler
			Kultur- och idrottsanläggningar med betydande åskådarplats

Figur 2-1. Zonindelning enligt Länsstyrelsen i Dalarnas län. Markanvändning som normalt kan planeras utan särskild riskhantering. Avstånden gäller från väg- och rälskant [1].

De olika zonerna och dess skyddsavstånd beskrivs nedan.

1. *Området 0-30 meter från riskkällan*  
Områden närmast transportleden bör begränsas i användning så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Områden i direkt anslutning till farligt godsleden bör inte heller exploateras på ett sådant sätt att eventuella olycksförlopp kan förvärras.  
Inom 30 meter finns risk för mekanisk påverkan från avkörande fordon och samtliga ADR-klasser (olika typer av farligt gods) påverkar detta område. Den största mängden farligt gods som idag transporteras längs våra vägar är petroleumprodukter. Dessa ämnen genererar ett riskavstånd som begränsas till cirka 30 meter från väkant.
2. *Området 30-70 meter från riskkällan*  
I området närmast efter det bebyggelsefria området bör markanvändningen utformas så att få personer uppehåller sig i området och de personerna alltid är i vaket tillstånd.

## Riskutredning

3. *Området 70-150 meter från riskkällan*

På detta avstånd kan de flesta typer av markanvändning förläggas utan särskilda åtgärder eller analyser. Undantaget är sådan markanvändning som innefattar särskilt många eller utsatta personer.

4. *Området mer än 150 meter från riskkällan*

Praktiskt taget alla former av bebyggelse är lämplig. Motiveringen är att individriskkurvan har "planat ut". Nyttan med ytterligare skyddsavstånd är svår att påvisa. I vissa planeringssituationer bör man dock beakta riskerna med farligt gods även längre bort än 150 meter, till exempel om typen av markanvändning ställer särskilda krav på skyddsavstånd, till exempel mycket personintensiv verksamhet, eller intill leder med mycket omfattande transporter av explosiva ämnen eller där andra intilliggande riskobjekt kan innebära att riskområden överlagras varandra.

Om den föreslagna markanvändningen avviker från ovan skyddsavstånd behöver en riskutredning göras. Inledningsvis kan en sådan riskutredning vara kvalitativ. Om denna, baserat på platsens förutsättningar, inte uppenbart kan påvisa att risken kan bedömas acceptabel behöver en kvantitativ riskutredning genomföras som inkluderar individ- och samhällsrisknivåer. Beskrivning av kriterier för riskvärdering, för de situationer då det bedöms att en detaljerad riskutredning krävs, presenteras i avsnitt 3.3.

I det aktuella fallet för Stranden 51:2 ska skola planeras inom de rekommenderade 150 meter som riktlinjerna förespråkar, dessutom finns det alltså tre olika transportleder för farligt gods som omringar det aktuella området. Denna utredning kommer därför kvantitativt att bedöma riskerna och förutsättningarna avseende farligt gods för placering av skola på avsedd fastighet.

## Riskutredning

### 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.

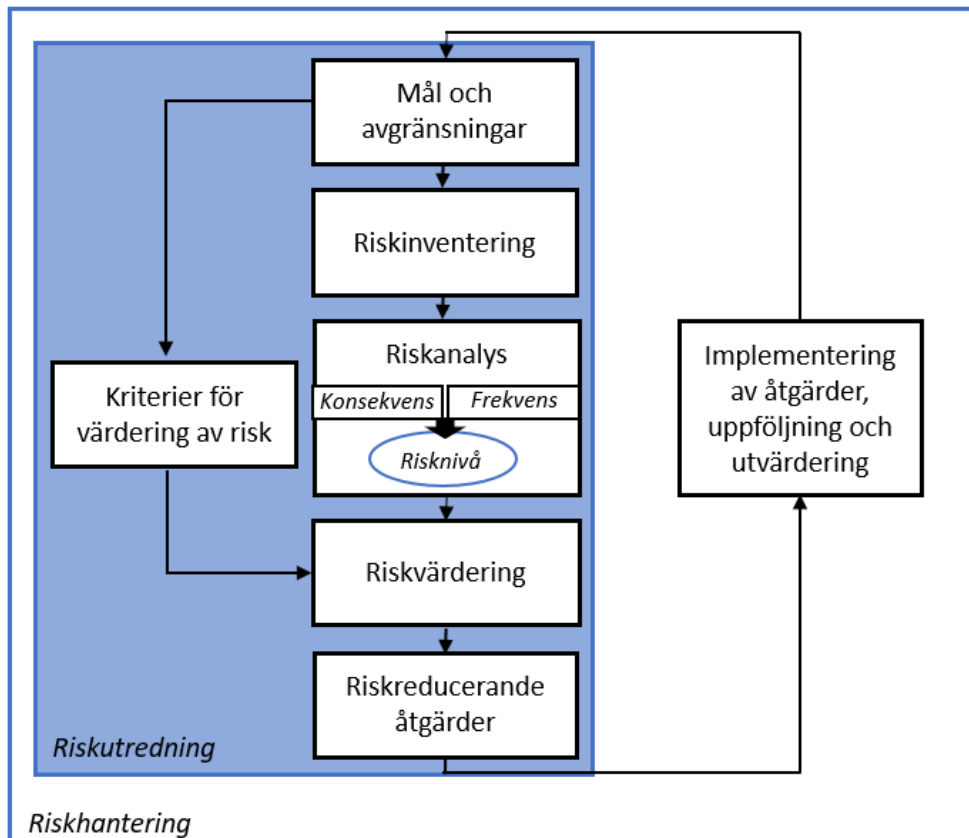
Därefter tar riskinventeringen vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. I riskinventeringen identifieras således aktuella olycksscenarier.

I riskanalysen analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet/frekvens. 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.

## Riskutredning

### 3.1 Programvara

I denna riskutredning görs konsekvens- och frekvensberäkningar med programvaran Riskcurves [2]. Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande utredning baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves [3]. 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 [4]. 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.

#### 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.

Samhällsrisk 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.

### 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.

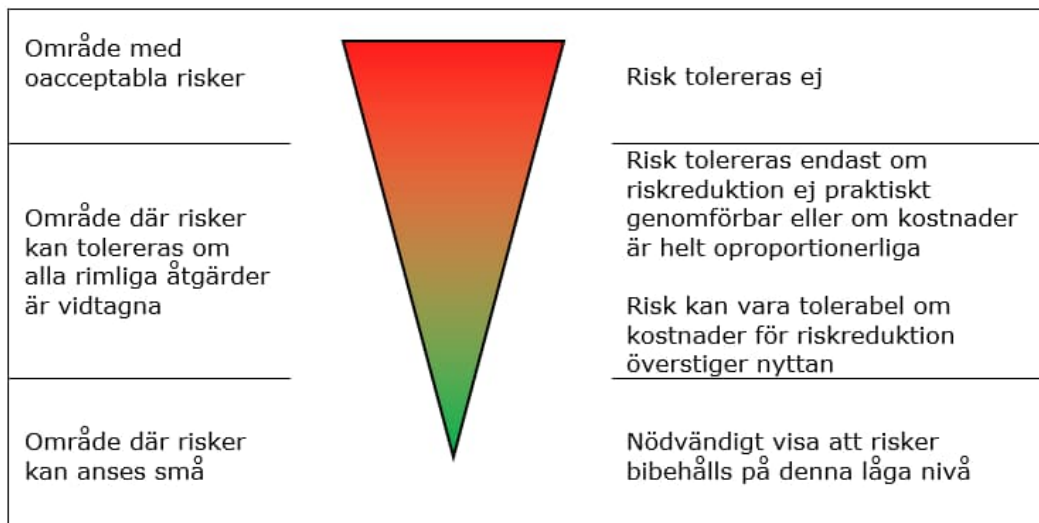
## Riskutredning

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

*Principen om undvikande av katastrofer:* Om risker realiseras 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.

I enlighet med aktuella riktlinjer och branschpraxis används kriterier framtagna av Det Norske Veritas (DNV) på uppdrag av Räddningsverket gällande såväl individrisk som samhällsrisk [4]. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 3-2.



Figur 3-2. Princip för värdering av risk [4].

Följande förslag till tolkning föreslås:

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

## Riskutredning

- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

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

För individrisk och samhällsrisk föreslås följande kriterier angivna i Tabell 3-1. För beskrivning av beräkning av riskmått, se tillhörande beräkningsbilaga.

Tabell 3-1. Kriterier för individrisk och samhällsrisk enligt DNV [4]. IR=Individrisk och  $F_N$ =Samhällsrisk.

Risknivå	Riskmått [gångar per år]	
	Individrisk	Samhällsrisk*
Oacceptabel	$IR \geq 10^{-5}$	$F_{N=1} \geq 10^{-4}$
Risk kan eventuellt tolereras	$10^{-7} \leq IR < 10^{-5}$	$10^{-6} \leq F_{N=1} < 10^{-4}$
Acceptabel	$IR < 10^{-7}$	$F_{N=1} < 10^{-6}$

\*För  $N=1$  och där lutning på  $F/N$ -kurva är -1.

Ett mått på frekvens som är lägre än 1 kan vara svårt att föreställa sig. Återkomsttid kan vara ett mer greppbart mått. Återkomsttid anger den tid det kan förväntas gå mellan de riskhändelser som studeras. Om frekvensen för en händelse är  $10^{-5}$  är återkomsttiden för motsvarande händelse  $1/10^{-5}$ , dvs. händelsen kan förväntas inträffa en gång under 100 000 år.

För transportleder föreslås kriterierna av DNV [4] gälla för en sträcka av 1 km. Kriterier för samhällsrisk tillämpas generellt på ett kvadratisk område med arean  $1 \text{ km}^2$  i anslutning till transportleden.

## Riskutredning

### 4 Beskrivning av planområde

Planområdet för utredning är beläget intill Rv 70 och E45 som är utmärkt som primära leder för farligt gods. Även Badstugatan väster om området är utpekad som farligt-godsled men denna hanteras ej i denna rapport då den ligger cirka 250 meter från området. Järnvägen Dalabanan passerar som närmast cirka 40 meter söder om aktuellt område och även på denna kan det transporteras farligt gods. Området ligger i centrala Mora där bland annat bostäder, handel, kontor, restauranger och Mora resecentrum ligger. Vasaloppsmålet ligger cirka 160 meter sydväst om aktuellt utredningsområdesgräns.

Utformningen av planområdet är inte helt fastställd i dagsläget men ett förslag för skolan finns framme där cirka 20 meter kommer hållas mellan skolbyggnader och Rv 70 och E45. Den befintliga ungdomsgården "Rosa huset" ligger dock som närmast cirka 5 meter från Rv 70.

Aktuellt förslag för skolan illustreras i Figur 4-1.



Figur 4-1. Framtaget förslag på utformning för skolan på Stranden 51:2 från Tengbom arkitekter. Röd markerad yta motsvarar område beläget inom 20 meter från Rv 70 och E45. Lila markerad yta motsvarar område beläget inom 30 meter från Rv 70 och E45.

I kommande avsnitt beskrivs skyddsobjekt och riskobjekten vidare.

## Riskutredning

### 4.1 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på oavsiktliga olycksrisker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som vistas inom planerad markanvändning inom planområdet, både i och utanför byggnader. För att ta hänsyn till samhällsrisken i aktuellt område beräknas denna på ett område om ca 1 km<sup>2</sup>. Antagna persontätheter för aktuellt område och omgivningen beskrivs i avsnitt 6.1.1.

### 4.2 Riskobjekt

De identifierade riskobjekten som kommer analyseras vidare är väg E45 och Rv 70 samt järnvägen Dalabanan. Endast risker avseende transporter med farligt gods på dessa leder analyseras.



## Riskutredning

### 5 Riskinventering

Nedan presenteras aktuella olyckstyper som kan komma att påverka planområdet.

#### 5.1 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 väg/järnväg delas in i ett antal så kallade ADR/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. Fördelningen av farligt gods på aktuella transportleder, som används i beräkningarna, presenteras i avsnitt 6.1.4 för väg och 6.1.5 för järnväg. För ytterligare information om framtagandet av fördelningen av farligt gods hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

#### 5.2 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.

## Riskutredning

### 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 [5].

*Bedömning klass 1:* 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 [6]:

- 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.

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 [7].

#### 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 [7].

## Riskutredning

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. I de flesta fall krävs även 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 klass 2.1:* 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  
Ämnen i klass 2.2 är varken brandfarliga eller giftiga.

*Bedömning klass 2.2:* Dessa ämnen utgör 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 samma fysikaliska former som klass 2.1 [6].

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 höjdlid. 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.

## Riskutredning

### 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 höjdlid efter inblandning av luft i gasmolnet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak.

*Bedömning klass 2.3:* 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 klass 3:* 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 klass 4:* Konsekvenserna vid en olycka med ämnen i klass 4 begränsas till närområdet på olycksplatsen och värmestrålningsnivåerna är endast 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 förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

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

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska 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

## Riskutredning

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 friggjord 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 nödgärder då måste sättas in under transporten [8, 9, 10, 11].

*Bedömning klass 5:* 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 klass 6:* 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 klass 7:* Mängden radioaktiva ämnen som transporteras i Sverige är minimalt och transportererna 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 klass 8:* 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. Vissa ämnen i klass 8 kan bilda giftiga gaser (exempelvis fluorvätesyra). Det finns inget som tyder på att sådana ämnen skulle utgöra en större del av transportererna av klass 8 utmed aktuell sträcka, därför antas att dessa ämnen omfattas av olycksscenario med klass 2.3.

**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 klass 9:* Konsekvenserna är begränsade kring olycksplatsens närområden. Olyckor med övriga farliga ämnen och föremål beaktas därmed inte i beräkningarna.

## Riskutredning

### 5.3 Sammanfattning av aktuella olycksscenarier

Utifrån riskinventeringen bedöms att följande olycksscenarion bör beaktas i riskanalysen:

- 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

I beräkningsbilaga redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

## Riskutredning

### 6 Riskanalys

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.

#### 6.1 Förutsättningar för beräkningar

Konsekvensberäkningar i denna utredning baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves [3]. Förutsättningar som behöver ansättas i Riskcurves är bland annat personbelastning. För frekvensberäkningarna är det trafikmängd och fördelning av farligt gods som utgör viktiga indata. Indata kring personbelastning, trafikmängd och fördelning av farligt gods beskrivs översiktligt i detta avsnitt. Även vindförhållanden tas i beaktning och i aktuellt fall har mätstation Mora A använts då det var den närmaste aktiva väderstationen. Djupare beskrivning av dessa och övriga indata och antaganden beskrivs i detalj i beräkningsbilagan till denna rapport.

##### 6.1.1 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 aktuellt utredningsområde 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 (den nya skolan), medan det andra är ett nollalternativ för att kunna resonera kring ökningen i samhällsrisk som planförslaget medför.

Utöver planområdet beaktas ytterligare 9 områden i anslutning till planområdet som ingår i det kvadratiske området med arean 1 km<sup>2</sup>, se Figur 6-1. I Tabell 6-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny markanvändning. Skillnaden i förslagen är att tillkommande skola (betecknad "J" i Figur 6-1 och Tabell 6-1) finns med i utvecklingsalternativet. Antaganden om personbelastning baseras på dagens utformning. För att ta hänsyn till att dessa antaganden är osäkra för framtiden och att det eventuellt kan ske en ökning av personbelastning om fler områden etableras inom centrala Mora, har en beräkning gjorts med dubbel personbelastning (i alla polygoner utom skolan) från dessa antaganden i avsnitt 7.

## Riskutredning



Figur 6-1. Indelning av område efter markanvändning för nollalternativ. Vissa polygoner överlappar varandra. G ligger på samma område som A, F på ungefär samma område som B och E.

Tabell 6-1. Specificering av nuvarande användning av aktuellt område och användning enligt ny markanvändning. Antalet folkbokförda i området har antagits utifrån information i Eniros karttjänst [12].

Område	Markanvändning	Kommentar
A	Bostäder	Ca 70 personer folkbokförda i detta område.
B	Bostäder	Ca 80 personer folkbokförda i detta område.
C	Bostäder	Ca 10 personer folkbokförda i detta område.
D	Rosa huset	Antagit att ca 50 personer befinner sig konstant i Rosa huset under dagtid, inga under natten.
E	Vasaloppet	Antagit 5000 personer konstant under dagtid under 2 veckor.
F	Verksamheter	Antagit 2 000 personer/km <sup>2</sup> vilket omfattar ca 113 personer dagtid och 13 personer nattetid i detta område.
G	Verksamheter	Antagit 2 000 personer/km <sup>2</sup> vilket omfattar ca 27 personer dagtid och 3 personer nattetid i detta område.
H	Verksamheter	Antagit 2 000 personer/km <sup>2</sup> vilket omfattar ca 12 personer dagtid och 2 personer nattetid i detta område.
I	Verksamheter	Antagit 2 000 personer/km <sup>2</sup> vilket omfattar ca 34 personer dagtid och 3 personer nattetid i detta område.
J	Tillkommande skola (utvecklingsalternativ)	Antar skola med 1200 personer dagtid och inga personer nattetid



## Riskutredning

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, d.v.s. hur många dagar av året ett visst område används

Generellt antas att 93% befinner sig inomhus under dagen och 99% under natten. För bostäder antas nyttjandegraden vara 365 dagar per år medan detta kan variera beroende på verksamhet för t.ex. kontor, handel, lager med mera. Antalet personer i området har antagits genom att räkna hur många som är skrivna på fastigheterna (Eniro karta [12]), genom att anta antal personer för verksamheter genom schablonvärden samt genom information utifrån tidigare erfarenhet från liknande uppdrag. Antalet personer för området kring Vasaloppet kan ha antagits något i underkant sett till tiden då det är som allra flest personer i området. Det är dessutom svårt att uppskatta hur många som befinner sig kring vasaloppets mål under vasaloppsveckan då personer som deltar och publik troligtvis befinner sig vid just målet en kortare tid. Det bedöms dock inte vara rimligt att en enskild händelse under en kort tid ska begränsa utvecklingen i aktuellt område. En känslighetsanalys har genomförts för att illustrera hur samhällsrisknivån påverkas av att anta dubbel persontäthet för alla polygoner utom för skolan, samt att öka alla polygoner och dessutom anta att personer sover i skolan under vasaloppsveckorna, se avsnitt 7.

För mer detaljer gällande personbelastningen hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

## Riskutredning

### 6.1.2 Trafikuppgifter väg

Prognostiserade trafikuppgifter för den aktuella delen av vägarna år 2040 som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-2. Trafiksiffrorna gäller den totala trafikmängden för båda riktningar och beskrivs som årsdygnstrafik (ÅDT). ÅDT är det genomsnittliga trafikflödet per dygn, mätt som fordon per dygn, för ett år.

Trafikuppgifter om ÅDT total och tung har hämtats från Trafikverkets nationella vägdatabas [13]. För att beräkna förväntad ÅDT för 2040 tillämpas Trafikverkets trafikuppräkningsstal [14]. Trafikuppräkningsstalen som anges för såväl lastbil som personbil för Dalarna för åren 2017-2040 är 1,28 respektive 1,15 (omräknat från uppräkningsstalet 2017-2040).

För mer detaljerad information om dessa uppgifter hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Tabell 6-2. Trafikuppgifter för 2040 för Rv70 och E45.

Trafiktyp	Rv70 (ÅDT)	E45 (ÅDT)
Total trafik	9 540	18 253
Tung trafik	1 153	1 966

Mellan 2012 och 2021 utgjorde farligt gods i snitt 4,1% av total transporterad godsmängd på väg i Sverige och 2,55% av totalt godstransportarbete på väg i Sverige [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Utefter denna statistik antas det generellt att andelen ÅDT för farligt gods utgör 4% av ÅDT för tung trafik. Mora Brandkår genomförde dock en inventering av farligt gods under sju dagar år 2002 [25] som indikerar att antalet transporter av farligt gods på aktuella sträckor kan vara lägre än det nationella genomsnittet på 4% av tung trafik. Diskussion kring inventeringen som genomfördes 2002 och gjorda antaganden i denna rapport finns i beräkningsbilagan.

I aktuellt fall antas konservativt att 4 % av den tunga trafiken utgörs av farligt gods. I avsnitt 7.1.1 och 7.2.1 diskuteras och illustreras hur samhällrisken påverkas av om i stället 2 % skulle antas. Antagna trafikuppgifter för farligt gods presenteras i Tabell 6-3.

Tabell 6-3. Trafikuppgifter farligt gods för 2040 för Rv70 och E45.

Trafiktyp	Rv70 (ÅDT)	E45 (ÅDT)
Farligt gods 4 % av tung trafik	~ 46	~ 80
Farligt gods 2 % av tung trafik	~ 23	~ 40

Inventeringen som genomfördes 2002 gjordes på två platser utmed E45, en av dessa var sydväst om Mora och en nordost om Mora. Antalet transporter per dag var då 20,1 respektive 14,3 om det bortses från styckegods (se vidare i 6.1.4, Tabell 6-5 samt beräkningsbilaga).

### 6.1.3 Trafikuppgifter järnväg

Det här avsnittet sammanfattar trafikuppgifter för Dalabanan för 2040. Uppgifter om antal godståg för 2040 samt genomsnittlig längd för godståg på den aktuella sträckan är baserade på prognos från Trafikverket [26]. Beräkningarna utgår från att andelen vagnar med farligt gods är 6% för godstransporter på järnväg, se resonemang i beräkningsbilagan

## Riskutredning

tillhörande denna riskutredning. Även antalet växlar och godstågens längd tas i beaktning vid beräkningar och hämtas från NJDB [27] och Trafikverkets prognos [26].

Inventeringen 2002 visade att det järnvägsbaserade flödet över sju dygn var 12 stycken vagnar av farligt gods [25]. Samtliga av dessa med klass 3. Om dessa fördelas jämnt över de sju dagarna skulle det omfatta cirka 4,3 vagnar per dag lastade med klass 3. Inventeringen av järnvägstransporter med farligt gods skedde genom erhållande av statistik från Green Cargo som då ansvarade för sådana transporter genom Mora.

Antagna trafikuppgifter för Dalabanan presenteras i Tabell 6-4. Genom antaganden om 6 % farligt gods av antalet godsvagnar (som beskrivs vidare i beräkningsbilagan) fås att cirka 19 vagnar med farligt gods passerar på Dalabanan per dag år 2040. Detta är alltså betydligt fler än de som inventerades år 2002 men används för beräkningar i denna rapport för att ta hänsyn till den ökning som kan ha skett sedan dess samt för att ta hänsyn till ytterligare ökning till 2040. Det ska dock tilläggas att det i en rapport från 2017 [28] hänvisas till att det framkommit i tidigare riskanalyser<sup>1</sup> att det inte förekommer transporter av farligt gods genom Mora, och alltså förbi aktuellt område. I denna rapport antas dock att de transporter som sker på Dalabanan på Sträckan Repbäcken-Mora, även går förbi aktuellt område. Detta i brist på annat underlag samt för att ta hänsyn till att det i framtiden kan gå transporter på aktuell sträcka. I avsnitt 7.2.1 presenteras beräkningar som illustrerar om antagande görs att det inte transporteras farligt gods på järnvägssträckan söder om planområdet. För de flesta järnvägar i Sverige ska det vara möjligt att transportera farligt gods, även om det inte går några transporter idag.

Tabell 6-4. Trafikuppgifter för den aktuella delen av Dalabanan [29]. Endast godstågen räknas upp för att beräkna risker med farligt gods.

Trafiktyp	Antal tåg per dygn 2040
Total trafik	32,8
Persontåg	22,8
Godståg	10

### 6.1.4 Fördelning av farligt gods vägtransporter

I samband med transport på väg används benämningen ADR-klasser för de olika klasserna av farligt gods. Fördelningen av transporter av olika klasser av farligt gods på den aktuella vägsträckan uppskattas utifrån nationell statistik. Fördelningen av farligt gods på väg som används i beräkningarna i den här riskutredningen redovisas i Tabell 6-5. För mer ingående beskrivning av framtagna fördelning av farligt gods hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

I tabellen nedan illustreras även inventeringen 2002 som visade att endast transporter av klass 2, 3, 5 och 9 samt styckegods skedde genom centrala Mora. Det kan även från siffrorna i tabellen konstateras att antalet uppskattade transporter av farligt gods, om vi antar 4% av den tunga trafiken, i de flesta fall är större än för inventeringen för E45 än det generella antagandet som baseras på nationell statistik för E45. Detta är även fallet för om 2 % farligt gods av den tunga trafiken skulle antas förutom för klass 5. För beräkningarna har det antagits att 4% av den tunga trafiken omfattas av farligt gods. För jämförelse med den inventering som gjordes 2002 har även beräkning med 2% farligt gods av tung trafik

<sup>1</sup> Riskanalys, Mora Strand, Underlag för detaljplanarbetet, 2020 hänvisar till "Riskanalys avseende transporter av farligt gods, genomfart Mora. Firetech, 2017-05-22"

## Riskutredning

gjorts och presenteras i avsnitt 7. Skulle styckegods räknas in så kan det ses att 4% farligt gods av den tunga trafiken ligger strax över den inventerade mängden år 2002.

Det har antagits att alla ämnen kan transporteras, även om information från tidigare inventering exempelvis indikerar att vissa klasser inte transporterades på E45.

*Tabell 6-5. Fördelning av farligt gods på väg som används i beräkningar. Jämförelse mellan att anta 2% respektive 4 % farligt gods av den tunga trafiken mot den inventering som gjordes 2002 i Mora över antalet transporter av farligt gods.*

Klass	Fördelning [%]	Antal transporter per dag <u>Rv 70</u> 2040		Antal transporter per dag <u>E45</u> 2040		Antal transporter per dag inventering 2002 <u>E45</u> [25]	
		2 % av tung trafik	4 % av tung trafik	2 % av tung trafik	4 % av tung trafik	Sydväst om Mora E45	Nordost om Mora E45
1	0,97	0,2	0,4	0,4	0,8	-	-
2.1	4,58	1,1	2,1	1,8	3,6	0,1	0,3
2.2	14,69	3,4	6,8	5,8	11,6		
2.3	0,10	0,0	0,0	0,0	0,1		
3	50,82	11,7	23,4	20,0	40,0	12,6	16,4
4	3,16	0,7	1,5	1,2	2,5	-	-
5	2,55	0,6	1,2	1,0	2,0	1,3	2,0
6	4,99	1,2	2,3	2,0	3,9	-	-
7	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
8	13,52	3,1	6,2	5,3	10,6	-	-
9	4,60	1,1	2,1	1,8	3,6	0,3	1,4
Totalt	100	23,1	46,1	39,3	78,6	20,1*	14,3**

\*Styckegods omfattade 40 stycken transporter  
\*\*Styckegods omfattade 53 stycken transporter

### 6.1.5 Fördelning av farligt gods på järnväg

I samband med transport på järnväg används benämningen RID-klasser för de olika klasserna av farligt gods. Fördelningen av transporter av olika klasser av farligt gods på den aktuella järnvägssträckan uppskattas utifrån nationell statistik. Fördelningen av farligt gods på järnväg som används i beräkningarna i den här riskutredningen redovisas i

## Riskutredning

Tabell 6-6. För mer ingående beskrivning av framtagna fördelning av farligt gods hänvisas till beräkningsbilagan tillhörande den här riskutredningen.

Under inventeringen 2002 framkom att det endast var transporter av klass 3 som passerade på järnvägen. I aktuellt fall tas även hänsyn till att andra transporter kan vara aktuella idag och i framtiden.

## Riskutredning

Tabell 6-6. Fördelning av farligt gods på järnväg som används i beräkningar.

Klass	Fördelning [%]
1	0,00034
2.1	19,24
2.2	0,68
2.3	6,43
3	26,47
4	3,72
5	22,83
6	2,03
7	0,01
8	18,02
9	0,58
Totalt	100

### 6.2 Individrisk

Nedan presenteras resultaten med avseende på individrisk. Eftersom individrisken är oberoende av persontäthet är denna samma för nollalternativ och utvecklingsalternativ.

Figur 6-2 visar den kumulativa (sammanvägda) individrisken kopplat till aktuella riskobjekt. Från Rv70 nås acceptabel individrisk ( $10^{-7}$ ) cirka 40-45 meter från vägen och från E45 och cirka 30 meter från vägen. Från rondellen där E45 och Rv70 (Älvgatan och Vasagatan) möts är avståndet cirka 60 meter eftersom dessa två riskkällor samt järnvägen ger en större kumulativ risknivå där de möts. Att E45 och järnvägen ger kortare avstånd än Rv70, trots att trafikmängden är större på E45 och att det finns 2 riskkällor (E45 och järnvägen) söder om planområdet, beror troligtvis på att vinden till större del kommer från nordväst. Enligt statistik från SMHI (se Beräkningsbilaga för vindros och detaljerad information) kommer cirka 43,2% från vindriktningen nordväst.

## Riskutredning



Figur 6-2. Individrisk från transport av farligt gods på de studerade riskkällorna. Gul konturkurva motsvarar acceptabel individrisknivån på  $10^{-7}$ . De angivna avstånden ska mätas från väggkant.

Följande resultat för individrisken för olycka med farlig gods, med avseende på avstånd från riskobjekt till risknivåer, kan utläsas ur Figur 6-2:

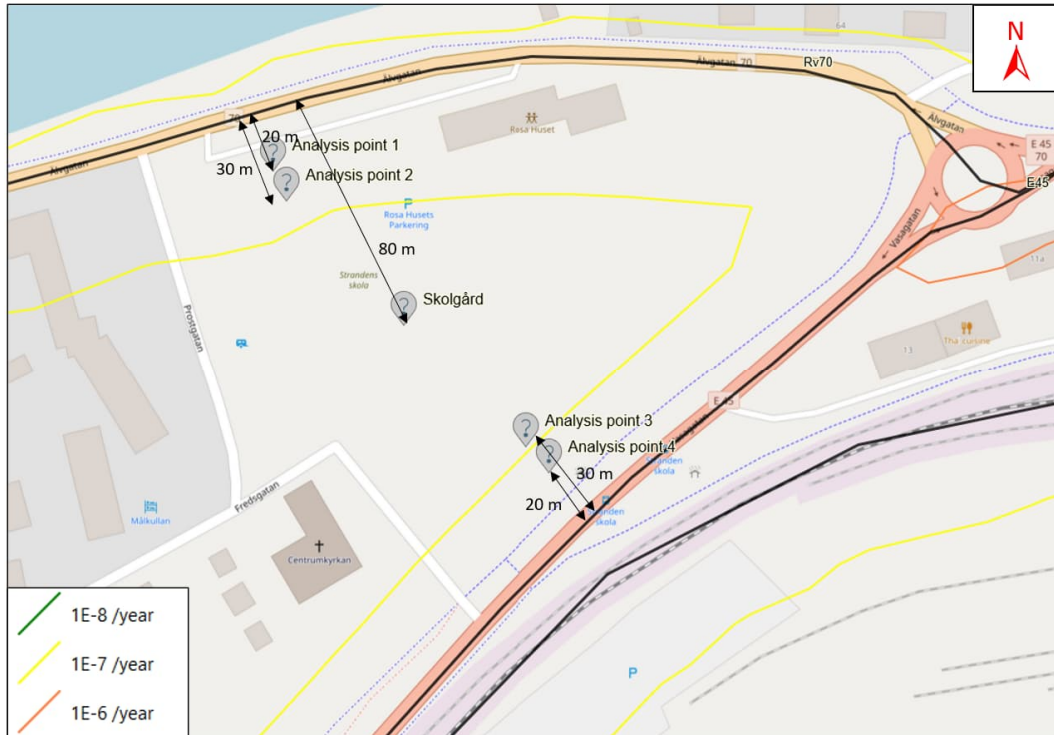
- Oacceptabel risk (större än  $10^{-5}$ ) från riskobjektet förekommer inte på något avstånd.
- Risk inom övre ALARP-området ( $10^{-5}$ - $10^{-6}$ ) förekommer inte på något avstånd.
- Risk inom nedre ALARP-området ( $10^{-6}$ - $10^{-7}$ ) förekommer på avstånd kortare än cirka 40-45 meter från Rv70, inom 30 meter från E45 och inom ca 60 meter från rondellen (där Rv70 och E45 möts) öster om aktuellt planområde.
- Risken är acceptabel på avstånd längre än ovan beskrivna avstånd.

Rondellen och vägarna kan komma att ändras. Ovan avstånd ska mätas från väggkant.

Fem analyspunkter sattes i beräkningen för att bedöma bidraget till individrisken i olika punkter på aktuellt utredningsområde. Beskrivning av individriskbidraget i dessa punkter finns i Tabell 6-7. Dessa sattes på följande platser och illustreras i Figur 6-3:

- Analyspunkt 1: 20 meter från Rv70
- Analyspunkt 2: 30 meter från Rv70
- Analyspunkt 3: 30 meter från E45
- Analyspunkt 4: 20 meter från E45
- Analyspunkt skolgård: Ca 80 meter från Rv70 och 80 meter från E45

## Riskutredning



Figur 6-3. Lokalisering av analyspunkter.



## Riskutredning

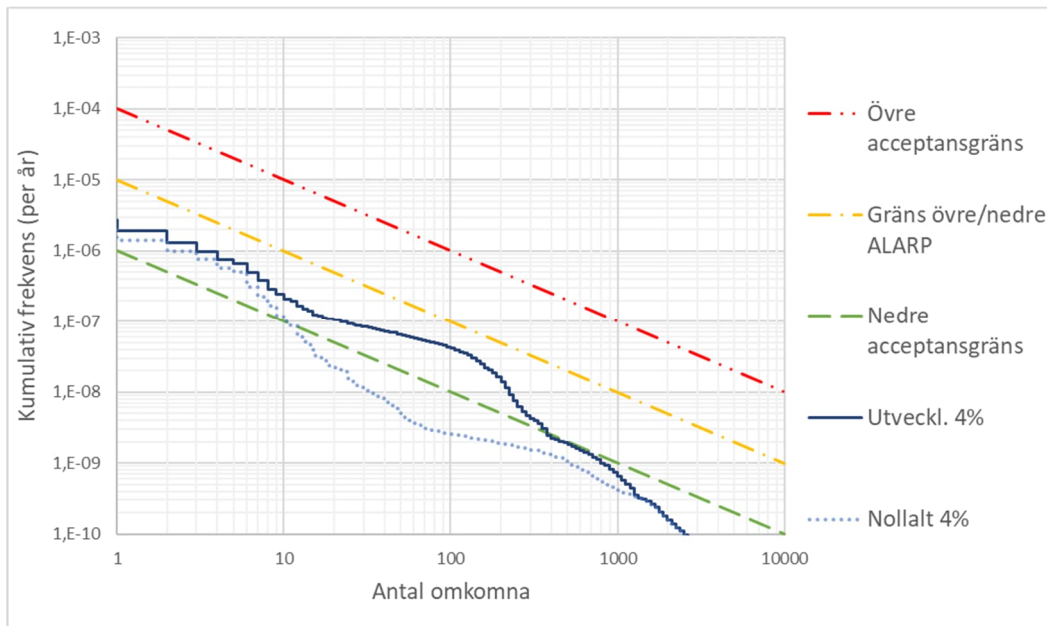
Tabell 6-7. Beskrivning av individriskbidraget i respektive analyspunkt.

Punkt	Kommentar
1	I denna punkt utgörs ca 65% av risken från olyckor med brandfarlig vätska på Rv70. Ca 17 % av individriskbidraget omfattas av risken från giftig gas, dock från både Rv70, E45 och järnvägen. 14% av individrisken utgörs av risken från giftig gas från järnvägen där det tidigare framkommit (från inventeringen 2002) att det i verkliga fall inte förekommer giftig gas. Detta innebär alltså att endast 3% av bidraget från giftig gas kommer från vägarna.
2	I denna punkt utgörs ca 41% av risken från olyckor med brandfarlig gas på Rv70. 46 % utgörs av risken från giftig gas. 35% av individrisken i denna punkt utgörs av giftig gas från järnvägen.
3	I denna punkt utgörs ca 33% av risken från olyckor med brandfarlig gas på E45. 48 % utgörs av risken från giftig gas. 37 % av individrisken i denna punkt utgörs av giftig gas från järnvägen.
4	I denna punkt utgörs ca 60% av risken från olyckor med brandfarlig vätska på E45. Ca 17 % av individriskbidraget omfattas av risken från giftig gas, dock från både Rv70, E45 och järnvägen. 15% utgörs av risken från giftig gas från järnvägen. Brandfarlig gas på E45 utgör ca 20 % av individriskbidraget.
Skolgård	På Skolgården ligger individrisknivån på acceptabel nivå vilket innebär att risken avseende farligt gods kan jämföras med att vara lägre än risken att omkomma av att bli träffad av blixten. Individriskbidraget här utgörs främst av giftig gas (55%). 47% av individrisken i denna punkt utgörs av giftig gas på järnväg. Brandfarlig gas utgör 41 % av individrisken, större delen av detta riskbidrag kommer från vägarna.

### 6.3 Samhällsrisk

Figur 6-4 visar samhällsrisken från olyckor på riskobjekt i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet och nollalternativet. I samhällsrisken som presenteras ingår risken från Rv 70, E45 och järnvägen och omfattar ett område om 1 km<sup>2</sup> kring aktuellt område.

## Riskutredning



Figur 6-4. Samhällsrisk för olyckor med farligt gods.

Följande resultat för samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 6-4.

- Oacceptabel risk förekommer inte.
- Risk inom övre ALARP-området förekommer inte.
- Risken är inom det nedre ALARP-området för händelser där 0-130 personer förväntas omkomma för utvecklingsalternativet. Motsvarande för nollalternativet är 0-10 omkomna.
- Risken är acceptabel för händelser där fler än 130 personer förväntas omkomma för utvecklingsalternativet. Motsvarande för nollalternativet är fler än 10 omkomna.

Figur 6-4 visar dessutom att utvecklingsalternativet medför en ökning av samhällsrisk jämfört med det nollalternativet. Även nollalternativet ligger delvis inom lägre ALARP för händelser med färre än ca 10 omkomna.

Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan det konstateras att pölbrand från brandfarlig vätska och oxiderande ämnen tillsammans utgör 24 % av samhällsrisk för undersökt område. Händelser med giftiga gaser utgör cirka 16 % av samhällsrisk. 14% av samhällsrisk kommer från giftiga gaser på järnvägen. Enligt tidigare inventering transporterades dock endast klass 3, brandfarliga vätskor, på aktuell järnvägsdel. Cirka 56 % av samhällsrisk utgörs av risker från klass 2.1, brandfarliga gaser. 7% av samhällsrisk utgörs av brandfarliga gaser på järnvägen.

## Riskutredning

### 7 Kvalitativ 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.

#### 7.1 Känslighetsanalys

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

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

##### 7.1.1 Antal transporter av farligt gods

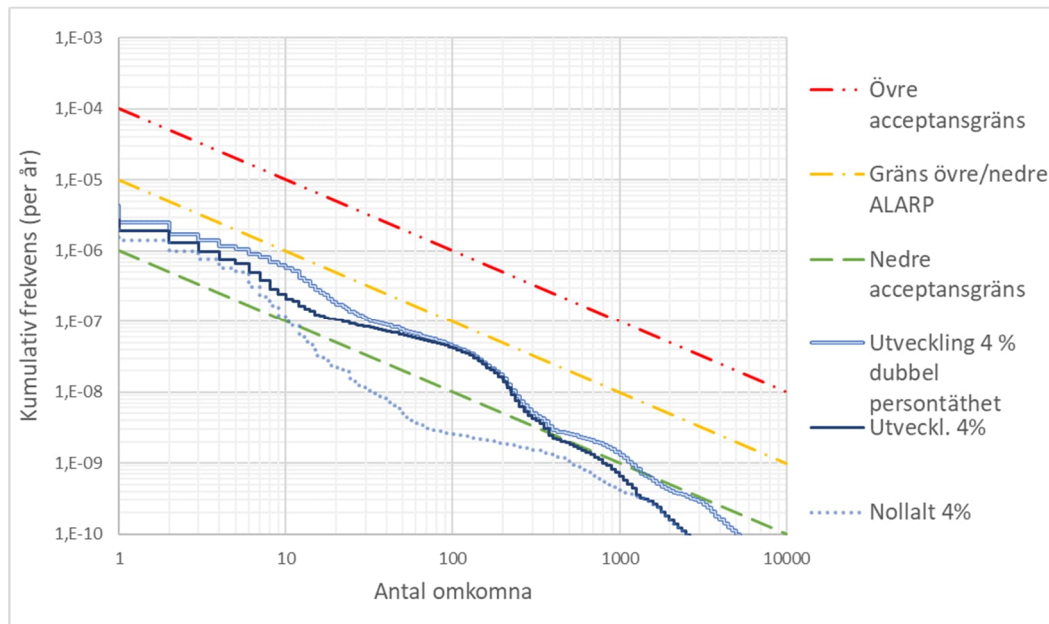
Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i antalet transporter. Detta innebär att en procentuell förändring av antalet transporter ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med 10 % att olycksfrekvensen, och därmed individrisken och samhällsrisken, ökar med 10 %. P.g.a. osäkerheter i antalet transporter av farligt gods har beräkningar gjorts för fallet att antalet transporter av farligt gods utgör 2% av den tunga trafiken, i stället för standardantagandet om 4%. Genom att studera dessa kan det ges en indikation om känsligheten i beräkningarna för ökad eller minskad mängd transporter av farligt gods.

##### 7.1.2 Personbelastning

Det kan konstateras att förändring i personbelastning 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 personbelastning och samhällsrisken känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av personbelastningen 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 personbelastning innebär en förskjutning av F/N-kurvan uppåt och åt höger.

För att illustrera hur samhällsrisken påverkas om en fördubbling av personbelastningen antas i aktuellt område har en sådan beräkning genomförts. I fallet har alltså alla polygoner (utom den som avser skolan) fördubblats. Resultatet visar på en liten ökning av samhällsrisken men att den fortsatt ligger inom lägre ALARP-området, se Figur 7-1.

## Riskutredning



Figur 7-1. Illustration över hur fördubblad personbelastning påverkar samhällsrisk för aktuellt område.

### 7.1.3 Konsekvenser för studerade olycksscenarier

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser för studerade olycksscenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser är beroende av en rad olika parametrar såsom hålstorlek för utsläpp och diverse väderparametrar. Varierande väderparametrar såsom vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklass samt varierande hålstorlekar 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 för att hantera denna osäkerhet.

Av erfarenhet är det känt att parametrar såsom yttertemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har mindre påverkan på konsekvensavstånd och hanteras därför inte.

## 7.2 Osäkerhetsanalys

Generellt delas osäkerhet upp i två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunningsosäkerhet) 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.

## Riskutredning

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.

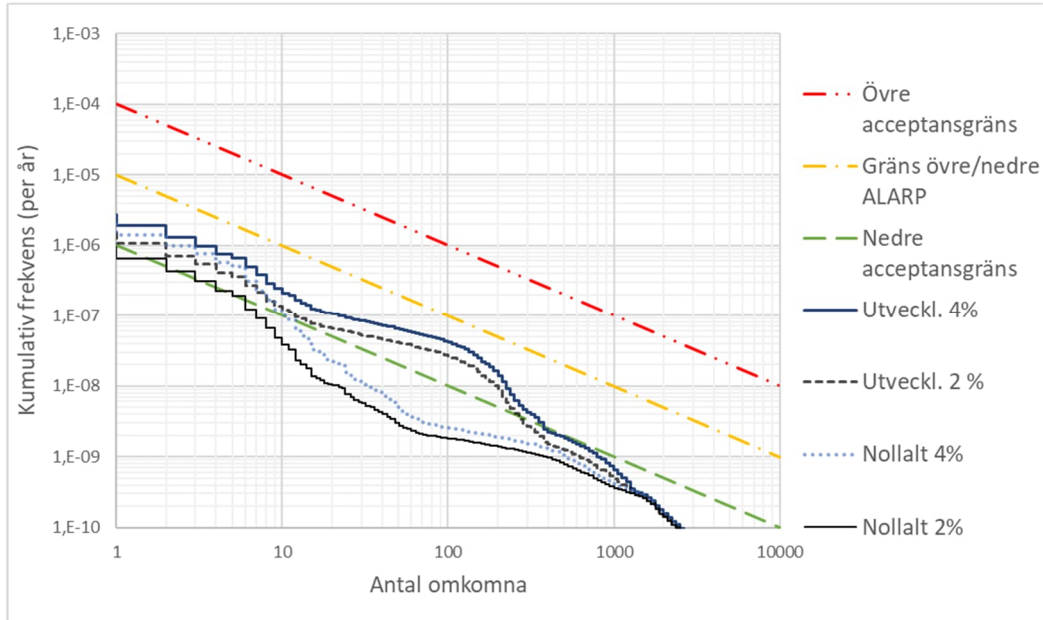
### 7.2.1 Antal transporter av farligt gods och sannolikhet för olyckor

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. Osäkerheten i antalet transporter diskuteras även i 7.1.1 där en beräkning gjorts med ett lägre antal transporter än vad som antagits. Detta kan även ge en indikation på hur mycket samhällsrisk skulle öka av ett högre antagande av mängden farligt gods. För aktuellt område skulle mängden transporter behöva bli betydligt högre, för att oacceptabla risknivåer (över ALARP) ska uppnås.

Utöver antalet transporter så finns det en osäkerhet i vilka ämnen som transporteras på både väg och järnväg. Det har antagits att alla ämnen kan transporteras, även om information från tidigare inventering exempelvis indikerar att endast klass 3 transporterades på järnväg.

I aktuellt fall finns indikationer på att antagandet om att 4% av den tunga trafiken på väg utgörs av farligt gods är ett konservativt antagande (se beräkningsbilaga). För att illustrera hur ett antagande om 2% (som går mer i enlighet med den inventering som gjordes 2002) påverkar resultatet har två beräkningar gjorts för 2%, ett för utvecklingsalternativet och ett för nollalternativet (dvs. utan att skolan byggs), se Figur 7-2. Resultatet visar en lägre risknivå som delvis ligger inom acceptabel nivå och delvis inom lägre ALARP. Risknivåerna för båda fallen (4%, respektive 2 % farligt gods av tung trafik) ligger i samma område (lägre ALARP) och bör därför bedömas likvärdigt.

## Riskutredning



Figur 7-2. Illustration över skillnaden i samhällsrik om 2 % farligt gods av den tunga trafiken antas i stället för 4 %.

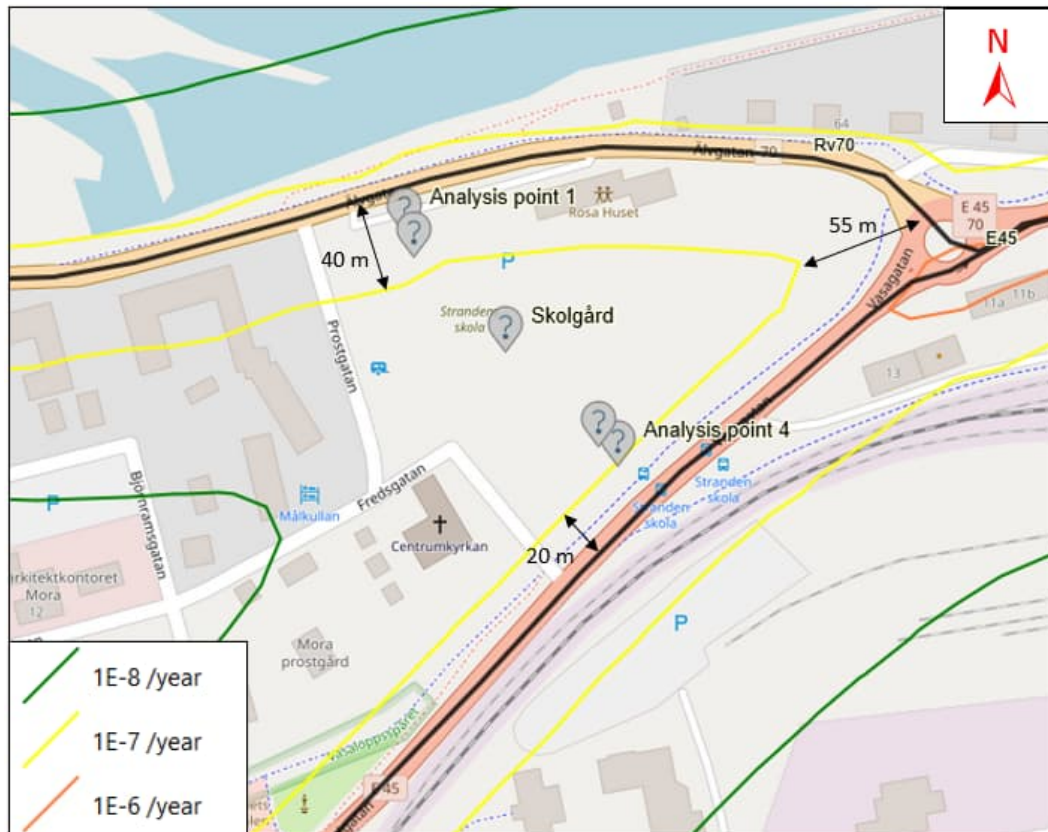
Även individrisken påverkas av att lägre antal transporter av farligt gods antas. Hur individrisken skulle se ut om i stället 2 % av den tunga trafiken antas utgöras av farligt gods (jämfört med standardantagandet om 4%) illustreras i Figur 7-3. Avstånden har minskat med cirka 5-20 meter från olika delar av Rv 70 och E45 (jämförelse med Figur 6-2).



Figur 7-3. Individrisk om det i stället för 4% farligt gods av tung trafik antas 2%. Gul konturkurva motsvarar acceptabel individrisknivå på  $10^{-7}$ . Rondellen och vägarna kan komma att ändras. Övan avstånd ska mätas från väggkant.

## Riskutredning

Beräkning har även gjorts för om det antas att inga transporter av farligt gods kommer gå på järnvägssträckan söder om planområdet. Resultatet för samhällsrisk presenteras i Figur 7-5 i avsnitt 7.2.2 och visar på en liten minskning av samhällsrisk men risknivån är fortsatt inom lägre ALARP-området. Avstånden till olika nivåer av individrisk för antagandet att inga transporter av farligt gods går på järnvägen illustreras i Figur 7-4 och visar på något kortare avstånd från de som illustreras i Figur 6-2 för antagna värden.



Figur 7-4. Individrisknivåer på olika avstånd från vägarna om antagande förs att det inte går några transporter av farligt gods på järnvägen.

### 7.2.2 Sannolikhet för olycka

Det finns osäkerheter som kan innebära att sannolikheten för olycka är högre än vad statistiken anger. Exempelvis kan lokala förhållanden innebära en ökad olycksrisk, både vad gäller risk för olycka samt förekomst av farligt gods. Generellt finns dock anledning att anta att sannolikheten för olycka kommer minska till följd av utveckling av säkrare fordon och teknik. Sådan minskning av sannolikhet för olycka tas inte hänsyn till, vilket innebär att framräknade olycksfrekvenser inte bedöms medföra en underskattad risk.

Idag är hastigheten 60 km/h på Älvgatan (Rv70), i beräkningarna har 50 km/h antagits då statistikunderlaget som används för sannolikhet för olycka finns för 30, 50, 70, 90 och 110 km/h. För att illustrera hur risknivån påverkas av att hastigheten antas vara 70 km/h samt vägslag "tätort, gata/väg) på Älvgatan har en sådan beräkning genomförts och resultatet presenteras i Figur 7-5. Resultatet visar att risknivån ökar något för fallet där hastigheten väljs till 70 km/h på Rv70 men den ligger fortsatt inom lägre ALARP-området.





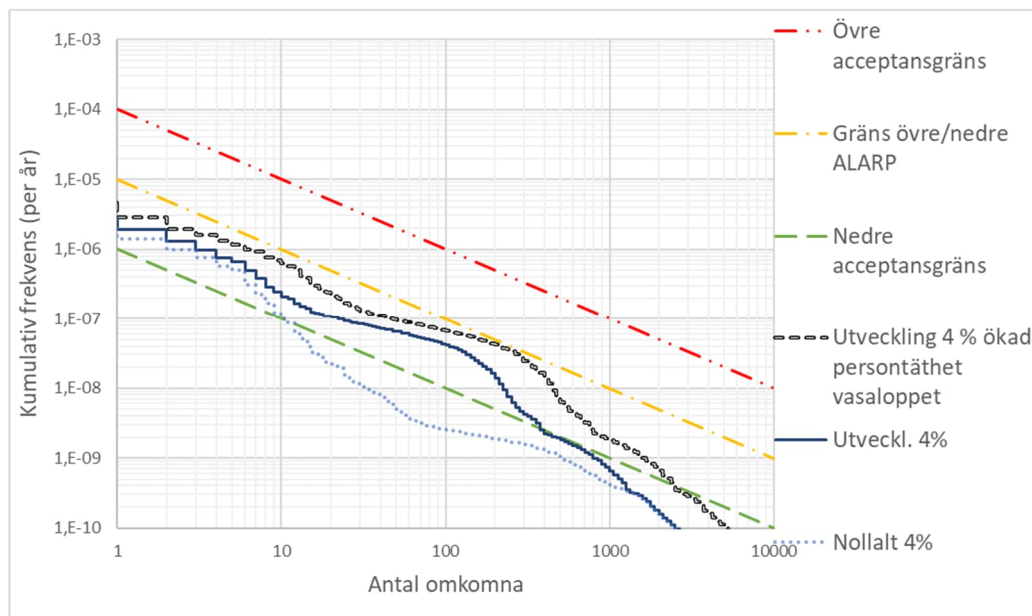
## Riskutredning

### 7.2.3 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 folkbokförda för det specifika området. För verksamheterna samt vasaloppsmålet är osäkerheterna högre men dessa bedöms ändå vara rimligt antagna eftersom det främst rör sig om verksamheter som inte innebär att många personer befinner sig där samt att de som besöker dessa inte stannar en längre tid. För Vasaloppsmålet bedöms att det inte är rimligt att anta en alldeles för hög personbelastning då detta skulle ge ett för stort bidrag till risknivåerna och begränsa utvecklingen i området.

För aktuellt område finns en osäkerhet kring hur många personer som kan befinna sig i området kring Vasaloppet. Det är troligt att skolan kan komma att användas som sovsalar och för duschmöjligheter under Vasaloppet och därför har en beräkning gjorts med samma förutsättningar som i Figur 7-1, avsnitt 7.1.2 gjorts men med ökning även för skolan. Detta innebär att alla polygoner fördubblats i persontäthet, för skolan ökades dels personbelastningen till det dubbla (2400 personer) under årets alla dagar (240 dagar/år) dels för att vara konservativ för en eventuell ökning av elever och personal i skolan, dels för att ta hänsyn till fler personer under Vasaloppet. Det antogs även att under 14 dagar befinner det sig ca 1000 personer i skolan under natten ifall det blir aktuellt att människor övernattar i skolan under Vasaloppsveckorna.

Beräkningen visar att för aktuellt område skulle persontätheten behöva bli betydligt högre, alternativt att antalet transporter av farligt gods ökar betydligt, för att oacceptabla risknivåer (över ALARP) ska uppnås.



Figur 7-7. Beräkning med hänsyn till ökad persontäthet till följd av Vasaloppet.

### 7.2.4 Konsekvenser för studerade olycksscenarioer

Osäkerheten avseende konsekvenser för studerade olycksscenarioer bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms osäkerheten avseende representativa scenarier

## Riskutredning

vara relativt liten. Det finns vissa osäkerheter kring förekomsten av olika ämnen inom de olika klasserna. Bedömningen är dock att de ämnen som i beräkningarna representerar de olika klasserna innebär allvarligare konsekvenser än majoriteten av de ämnen som transporteras inom respektive klass. Antagandena bedöms alltså vara konservativa och medför troligen en ökning av risken som är större än vad som faktiskt gäller. Vidare finns 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.

## Riskutredning

### 8 Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder

#### 8.1 Riskvärdering

De åtgärder som presenteras i detta avsnitt utgår från resultat presenterade i avsnitt 6 avseende individrisk och samhällsrisk:

- Individrisken är acceptabel på avstånd längre än cirka 40-45 meter från Rv70, 30 meter från E45 och ca 60 meter från rondellen (där Rv70 och E45 möts) öster om aktuellt planområde. Närmare vägarna än dessa avstånd ligger individrisknivån inom lägre ALARP-området.
- Samhällsrisken för både nollalternativet och utvecklingsalternativet ligger delvis inom risknivån för acceptabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

Inom ALARP ska alla rimliga, ekonomiskt försvarbara och genomförbara åtgärder vidtas. I den nedre delen av ALARP-området bör generellt kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda som i övre ALARP, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Dock ska det även övervägas att det är en skola som planeras. De flesta riktlinjer rekommenderar att känsliga individer som kan ha svårare att förstå risker och att utrymma, ska placeras i skydd av annan bebyggelse från riskkällor. I aktuellt fall kommer riskkällorna Rv70 och E45 samt järnvägen, nästan omringa fastigheten. Åtgärder som brukar anses vara rimliga för att minska risknivåer avseende farligt gods är att ventilation och utrymningsvägar eller entréer placeras bort från riskkällor. I aktuellt fall kan detta möjligtvis lösas genom att dessa placeras på en skyddad skolgård.

I den undre delen av ALARP-området, där både individ- och samhällsrisken ligger för aktuellt område, är kraven på riskreduktion inte lika hårda som i den övre delen av ALARP-området. Enligt rimlighetsprincipen (se avsnitt 3.3) ska dock risker reduceras eller elimineras om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk.

Riskreducerande åtgärder inom följande områden ska övervägas i samband med den nya detaljplanen:

- Skyddsavstånd
- Placering av utrymningsvägar och entréer
- Ventilation
- Brandtekniskt skydd

Nedan beskrivs de riskreducerande åtgärderna, dess potentiella effekt och i vilka områden de huvudsakligen bör övervägas. Även om åtgärderna huvudsakligen är framtagna med avsikt att reducera individrisken medför de även en reduktion av samhällsrisken.

Att genomföra åtgärder på befintlig bebyggelse (exempelvis "Rosa huset" i aktuellt utredningsområde) kan vara problematiskt. Om risknivåerna är oacceptabla är det rimligt att genomföra åtgärder även på befintlig bebyggelse för att uppnå acceptabla nivåer men i fall där risknivån ligger inom ALARP (som i detta fall) behöver kostnader vägas mot nyttan. Vilken typ av fönster och fasad som finns i den befintliga byggnaden har inte inventerats. Förslag på åtgärder har främst gjorts avseende ny bebyggelse men det kan även vara rimligt att genomföra åtgärder för befintlig bebyggelse.

## Riskutredning

Det har inte legat i denna riskutredningen att genomföra en kostnadsnyttoanalys över vilka åtgärder som är ekonomiskt försvarbara varken för ny eller befintlig bebyggelse. Detta då det är svårt att kostnadsätta åtgärderna i detta tidiga skede samt att det även är svårt att ange den ekonomiska nyttan med att placera aktuell skola på avsedd plats. Vid en sådan analys kan hänsyn tas till att en annan plats skulle bli aktuell med andra risker och förutsättningar samt möjligtvis längre resväg och att annan mark behöver tas i anspråk. De åtgärder som föreslås i denna rapport är åtgärder som generellt anses vara ekonomiskt försvarbara inom branschen och eftersom det rör sig om markanvändningen "skola" där barn, som har lägre riskmedvetenhet och möjligtvis svårare att utrymma, är det rimligt att åtgärder vidtas även om risknivåerna ligger i lägre ALARP-området. De åtgärder som föreslagits är åtgärder som normalt brukar bedömas vara kostnadseffektiva och rimliga att genomföra.

### 8.2 Förslag och beskrivning av ytterligare riskreducerande åtgärder

#### 8.2.1 Skyddsavstånd och begränsa stadigvarande vistelse utomhus

Område där oskyddade personer befinner sig (exempelvis skolgård) utomhus ska inte finnas där individrisknivån ligger inom ALARP. Individrisken gäller främst för personer som befinner sig utomhus och mycket av individrisken kan minskas genom att dessa personer befinner sig inomhus och då inte riskerar att inandas giftig gas eller få direkt värmestrålning från en olycka med farligt gods. Aktuellt förslag där byggnader skyddar skolgården från att ha direkt siktlinje mot Rv70 och E45 (bortsett från en liten del av skolgården) är därför mycket positiv och bör behållas.

Stadigvarande vistelse (t.ex. skolgård eller busshållplats för skolbarn) bör alltså inte placeras oskyddat inom det avstånd där individrisken ligger inom ALARP, dvs. dessa bör inte placeras inom ca 40-45 meter från Rv70, 30 meter från E45 och ca 60 meter från rondellen där Rv70 och E45 möts, se Figur 6-2. Det bör eftersträvas att bebyggelsen skyddar så stor del av skolgården som möjligt för att giftiga och brandfarliga gaser inte ska spridas in på skolgården samt att skolgården ligger i skydd från t.ex. värmestrålning och giftig brandgas om en olycka som involverar brand sker på någon av vägarna.

#### 8.2.2 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 transportlederna. Eftersom personer tenderar att utrymma den väg som de använde för att ta sig in i byggnaden är det fördelaktigt att huvudentréer om möjligt placeras bort från transportleden.

Placering av utrymningsvägar och entréer bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd, i alla fall för nybyggnation. Därför bör ovanstående rekommendationer med avseende på utrymningsvägar och entréer övervägas för nybyggnation inom hela planområdet.

#### 8.2.3 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

## Riskutredning

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. För bebyggelse där ett större antal människor vistas, exempelvis vårdbyggnader, flerbostadshus och kontor, kan det dessutom vara lämpligt att möjliggöra central avstängning av ventilation antingen automatiskt eller manuellt.

Som tidigare nämnt kan olyckor med giftiga gaser medföra långa konsekvensavstånd. Dessutom bedöms strategisk planering av ventilationssystem vara en kostnadseffektiv åtgärd, i alla fall för nybyggnation. Därför bör ovanstående rekommendationer med avseende på ventilationssystem övervägas för nybyggnation inom hela planområdet.

### 8.2.4 Brandtekniskt skydd

Enligt beräkningarna kan ett stort utsläpp med pentan som resulterar i en pölbrand ge 15 kW/m<sup>2</sup> värmestrålning inom ca 30-38 meter från Rv70 och E45 (beror på väderförhållanden och presenteras i beräkningsbilagan). Värmestrålning med nivåer över 15 kW/m<sup>2</sup> orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering. Fasader inom detta avstånd, som vetter mot Rv70 eller E45, bör därför utföras i brandteknisk klassning minst EI30 och med fönster i minst EW30.

E står för integritet mot brand och är ett täthetskrav som innebär att brand i form av stickelågor och liknande inte tar sig igenom konstruktionen och W innebär att materialet begränsar strålning. W-klassningen på fönster innebär begränsning av strålning på ett avstånd av cirka en meter från fönster på den icke brandutsatta sidan och att produkten har provats och godkänts för att inte släppa igenom en genomsnittlig strålning som överskrider 15 kW/m<sup>2</sup>. I står för isolering och är ett krav på maximal temperaturhöjning på den icke brandutsatta sidan. I-kravet kombineras alltid med E-kravet och kan inte användas självständigt

Genom att fasad som vetter mot riskkällorna samt att utrymningsvägar och entréer skyddas inom 30 meter från Rv70 samt E45 kan risken avseende brandfarlig vätska reduceras. Klass 3 utgör cirka 65% av individrisken i analyspunkt ca 20 meter från Rv70 och 60% i analyspunkt ca 20 meter från E45. Enligt analyspunkterna har individriskbidraget minskat till ca 10% 30 meter från dessa båda vägar. Att antingen placera byggnad bortom 30 meter eller att utföra de fasader som vetter mot vägen i EI30-klassning bedöms reducera risknivån betydligt.

### 8.2.5 Avåkningsskydd

Vid en trafikolycka där vätska rinner ut på vägen är det viktigt att vätskan hindras från att rinna mot byggnaderna. Det är också viktigt att ett fordon lastat med farligt gods inte hamnar intill byggnaden och att det farliga ämnet läcker ut närmare planområdet än vid väggkanten. En tät mur av lämplig höjd (cirka 0,5-1 m) alternativt kantsten och ett avåkningsskydd kan vara den effektivaste åtgärden för att hindra att brandfarlig vätska rinner mot bebyggelse eller att fordon hamnar inom planområdet vid en olycka. För att begränsa mängden och koncentrationen av giftig eller brandfarlig gas som sprids mot området kan en tät skärm placeras mellan vägen och planområdet. Detta, tillsammans med exempelvis växtlighet såsom träd och buskar bidrar till turbulens i luften och att ett eventuellt utsläpp på så sätt sprids ut innan det når skolgården.

## Riskutredning

### 9 Slutsatser

Riskenivåerna ligger för aktuellt område inom lägre ALARP-området. Detta innebär att rimliga och ekonomiskt försvarbara åtgärder ska vidtas. Följande åtgärder bedöms vara av sådan karaktär:

- Skyddsavstånd  
Ny bebyggelse ska inte placeras inom ett avstånd om 20 m från Rv70 och E45, vilket bygger på det planförslag som getts idag. Ett längre avstånd är att eftersträva ur ett riskperspektiv. Detta bedöms dock vara svårt att uppfylla med hänsyn till behovet av att inrymma skolan och dess nödvändiga ytor på aktuellt område.
- Utrymningsvägar och entréer  
Nybyggnation inom hela planområdet bör planeras på ett sätt så att utrymningsvägar möjliggör utrymning bort från riskkällorna och huvudsakliga entréer är placerade bort från riskkällorna. Detta kan möjliggöras genom att entréer och utrymningsvägar exempelvis placeras mot skyddad skolgård.
- 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 riskkällorna. I aktuellt fall finns riskkällor åt alla håll utom västerut. Att placera ventilation och friskluftsintag på tak bedöms ge en tillräcklig riskreducering då koncentrationer av eventuell giftig gas minskar med ett ökat avstånd från olycksplatsen.
- Brandtekniskt skydd  
Fasader till den första raden av bebyggelse inom 30 m från Rv 70 samt E45, och som vetter mot väg, rekommenderas utföras i lägst EI30 med fönster i lägst EW30.
- Avåkningsskydd  
Hindra att brandfarlig vätska och fordon hamnar utanför Rv 70 och E45 vid en eventuell olycka genom att placera exempelvis en mur eller kantsten kombinerat med avåkningsskydd/räcke. En skärm kan ge liknande skydd samt (om möjligt i kombination med växtlighet såsom träd och buskar) minska den koncentration av giftiga och/eller brandfarlig gas som sprids in mot skolgården vid en olycka med sådana ämnen.

Rondellen och vägarna kan komma att ändras. Ovan avstånd ska mätas från väggkant.

Det bör även övervägas att genomföra ovan åtgärder på befintlig bebyggelse, dvs. "Rosa huset" inom aktuellt område. Att genomföra åtgärder på befintlig bebyggelse kan dock vara problematiskt eftersom riskenivån ligger inom det område där kostnader ska vägas mot nyttan. Vilken typ av fönster och fasad som finns i den befintliga byggnaden har inte inventerats men om möjligt bör brandskyddet förbättras och fasad och fönster bytas ut eller kompletteras till brandtekniskt klassade.

Givet att etablering i samband med utvecklingen av aktuellt utredningsområde på Stranden 51:2. följer beskrivning och presenterade åtgärder övervägs bedöms risken avseende farligt gods som acceptabel. Eftersom riskenivåerna ligger inom ALARP finns inga krav på åtgärder, vilket hade varit fallet om beräknade riskenivåer varit oacceptabla. Detta innebär alltså att om det framkommer att någon av de föreslagna åtgärderna inte är tekniskt genomförbar eller ekonomiskt försvarbar så kan dessa bortses ifrån. Enligt rimlighetsprincipen (se avsnitt 3.3) ska dock risker reduceras eller elimineras om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk. I denna utredning har inte kostnad

## Riskutredning

vägts mot nytta för föreslagna åtgärder. De åtgärder som föreslagits är åtgärder som normalt brukar bedömas vara kostnadseffektiva och rimliga att genomföra avseende risker från farligt gods.

## Riskutredning

### Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Dalarna, Farligt gods - Vägledning för planläggning intill transportleder för farligt gods, Falun: Länsstyrelsen i Dalarna, 2012.
- [2] TNO Riskcurves, "RISKCURVES 10.1.9.12276," 2018. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-software-for-quantitative-risk-assessment/>.
- [3] 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/>.
- [4] Det Norske Veritas (DNV) , "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [5] VTI, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387: 4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [6] MSB, "MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019," 2018.
- [7] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [8] PLASTICS, "Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices," Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS), 2017.
- [9] MSB, "Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen," 2014.
- [10] MSB, SÄIFS 1999: 2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [11] MSB, SÄIFS 1996: 4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.
- [12] Eniro karta, "Eniro karta," [Online]. Available: <https://kartor.eniro.se/>. [Använd 22 02 2023].
- [13] Trafikverket, "NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [14] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065 (Ärendenummer TRV 2017/111007)," 2022.
- [15] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2012 (Statistik 2013:12)," 2013.
- [16] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2013 (Statistik 2014:12)," 2014.



## Riskutredning

- [17] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2014 (Statistik 2015:21)," 2015.
- [18] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015 (Statistik 2016:27)," 2016.
- [19] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2016 (Statistik 2017:14)," 2017.
- [20] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2017 (Statistik 2018:13)," 2018.
- [21] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2018 (Statistik 2019:13)," 2019.
- [22] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2019 (Statistik 2020:14)," 2020.
- [23] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2020 (Statistik 2021:14)," 2021.
- [24] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2021 (Statistik 2022:16)," 2022.
- [25] Björn Olsson, "Inventering i Mora, Transporter av farligt gods, 2002, 28 sept - 4 okt," 2002.
- [26] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar," 2022.
- [27] Trafikverket, "NJDB på webb," [Online]. Available:  
<https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [28] Brandskyddslaget, "Riskanalys, Mora Strand, Underlag för detaljplanearbetet," 2020.
- [29] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2022.

## Beräkningsbilaga

Kund  
Mora kommun

# Beräkningsbilaga till Riskutredning med avseende på transporter av farligt gods för detaljplan för Strandens skolområde, Mora

Uppdragsledare/handläggare: Jennifer Wolsing  
Handläggare: Cecilia Magnusson  
Intern kvalitetsgranskning: Tove Raquette

# Beräkningsbilaga

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	4
2	Personbelastning .....	5
2.1	Sammanfattning av personbelastning .....	7
3	Väderdata .....	9
3.1	Vindhastighet .....	9
3.1.1	Stabilitetsklass.....	10
3.2	Vindriktning .....	11
4	Olycka med farligt gods.....	13
4.1	Fördelning av farligt gods.....	13
4.1.1	Väg.....	13
4.1.2	Järnväg .....	15
4.2	Trafikmängd.....	16
4.2.1	Väg.....	16
4.2.2	Järnväg .....	18
4.3	Riskmått.....	18
4.4	Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods .....	19
4.4.1	Väg.....	19
4.4.2	Järnväg .....	21
4.4.3	Olycksscenarion .....	24
4.4.4	Summering av frekvensberäkningar .....	34
4.5	Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods .....	36
4.5.1	Generella sårbarhetsparametrar .....	36
4.5.2	Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål .....	37
4.5.3	Klass 2.1 – Brandfarliga gaser.....	39
4.5.4	Klass 2.3 – Giftiga gaser.....	41
4.5.5	Klass 3 – Brandfarliga vätskor.....	42
4.5.6	Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.....	43
	Referenser .....	44

## Beräkningsbilaga

## Dokumenthistorik

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Revidering</b>	<b>Handläggare</b>
1.0	2023-03-17	Första utgivna version.	Jennifer Wolsing
2.0	2023-04-11	Slutversion	Jennifer Wolsing
3.0	2023-09-05	Justering av datum på huvudrapport s. 4	Jennifer Wolsing

# Beräkningsbilaga

## 1 Inledning

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

- Riskutredning med avseende på transporter av farligt gods för detaljplan för Strandens skolområde, Mora, 2023-09-05

Beräkningsbilagan omfattar följande områden:

- Personbelastning
- Väderdata
- Olycka med farligt gods

## Beräkningsbilaga

### 2 Personbelastning

Personbelastningen är relevant för beräkningar av 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 nollalternativ 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 tio delområden utifrån persontäthet. Dessa delområden illustreras i Figur 2-1. I Tabell 2-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny detaljplan. Skillnaden mellan nollalternativ och utvecklingsalternativ är att skola (betecknat "område J" finns med i utvecklingsalternativet.



Figur 2-1. Indelning av område efter markanvändning.

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

Område	Markanvändning nollalternativ
A	Bostäder
B	Bostäder

## Beräkningsbilaga

C	Bostäder
D	Rosa huset
E	Vasaloppet
F	Verksamheter
G	Verksamheter
H	Verksamheter
I	Verksamheter
J	Tillkommande skola (utvecklingsalternativ)

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.

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, d.v.s. hur många dagar av året ett visst område används

### Område A, B och C

Markanvändningen av Område A, B och C är bostäder. Antalet folkbokförda i området har antagits utefter de som finns registrerade i Eniros kartverktyg. 100 % antas finnas på plats i sina bostäder på natten och ca 60% på dagen.

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, B och C ansätts till 365 dagar per år.

### Område D

Markanvändningen av Område D är ungdomsgård.

Det antas att 50 personer befinner sig inom denna byggnad konstant under dagen. Nyttjandegraden har satts till 240 dagar per år då helger och sommarlov räknats bort.

### Område E

Markanvändningen av Område D är området kring Vasaloppsmålet. Det antas att Vasaloppet pågår 2 veckor och att ca 5000 personer befinner sig samtidigt dagtid i detta område. Vasaloppets vintervecka pågår i cirka tio dagar. Därutöver finns även cykel-lopp, löp-lopp och seeding-lopp. Övriga lopp bedöms omfatta färre personer än just Vasaloppet och det bedöms vara rimligt att anta att cirka 14 dagar om året råder en betydande ökning av personbelastningen i detta område.

### Område F, G, H och I

Markanvändningen av Område F, G, H och J är "verksamheter".

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 dessa ytor innebär detta ett personantal som presenteras i Tabell 2-2. 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.

## Beräkningsbilaga

Andelen personer inomhus under dagtid och natttid 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 fem dagar i veckan och 50 veckor om året, dvs. 250 dagar om året.

### Område J

Markanvändningen av Område J är "skola". Cirka 1 000 elever kommer att nyttja skolan och cirka 200 personer i personalen. Nyttjandegraden har satts till 240 dagar per år då helger och sommarlov räknats bort. Det antas konservativt att elever i skolor kan befinna sig utomhus på raster i högre utsträckning än andra typer av markanvändning, därför antas att 85% av personerna befinner sig utomhus

## 2.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen för utvecklingsalternativet och nollalternativet vid utvecklingsalternativet redovisas i Tabell 2-2. Att vissa siffror inte är heltal beror på att det för området valts 1000 personer/km<sup>2</sup> för verksamheter och att dessa antagits jämnt över hela den utritade polygonen.

Tabell 2-2. Sammanfattning av personbelastning. Skillnaden mellan nollalternativ och utvecklingsalternativ är att skolan, "J", finns i utvecklingsalternativet.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	42	70	0,93	0,99	365
B	50	80	0,93	0,99	365
C	2	10	0,93	0,99	365
D	50	0	0,93	0,99	240
E	5000	0	0	0	14
F	112,9	11,3	0,93	0,99	250
G	27	2,7	0,93	0,99	250
H	11,6	1,2	0,93	0,99	250
I	34,2	3,4	0,93	0,99	250
J	1200	0	0,85	0,99	240

Tabell 2-3. Sammanfattning av personbelastning för känslighets- och osäkerhetsanalysen med dubbel persontäthet samt ökad persontäthet under Vasaloppet.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
A	84	140	0,93	0,99	365
B	100	160	0,93	0,99	365
C	4	20	0,93	0,99	365
D	100	0	0,93	0,99	240
E	10 000	0	0	0	14



## Beräkningsbilaga

F	225,8	22,6	0,93	0,99	250
G	54,1	5,4	0,93	0,99	250
H	23,1	2,3	0,93	0,99	250
I	68,4	6,8	0,93	0,99	250
J	1200*	0*	0,85	0,99	240

\*För scenariot med ökad personbelastning pga. Vasaloppet så har 2400 personer antagits alla 240 dagar dagtid samt 1000 personer nattetid under 14 dagar.

## Beräkningsbilaga

### 3 Väderdata

Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Mora A. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är ca 4-5 km. Figur 3-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2002 och 2022 har hämtats från SMHIs öppna databas [3].

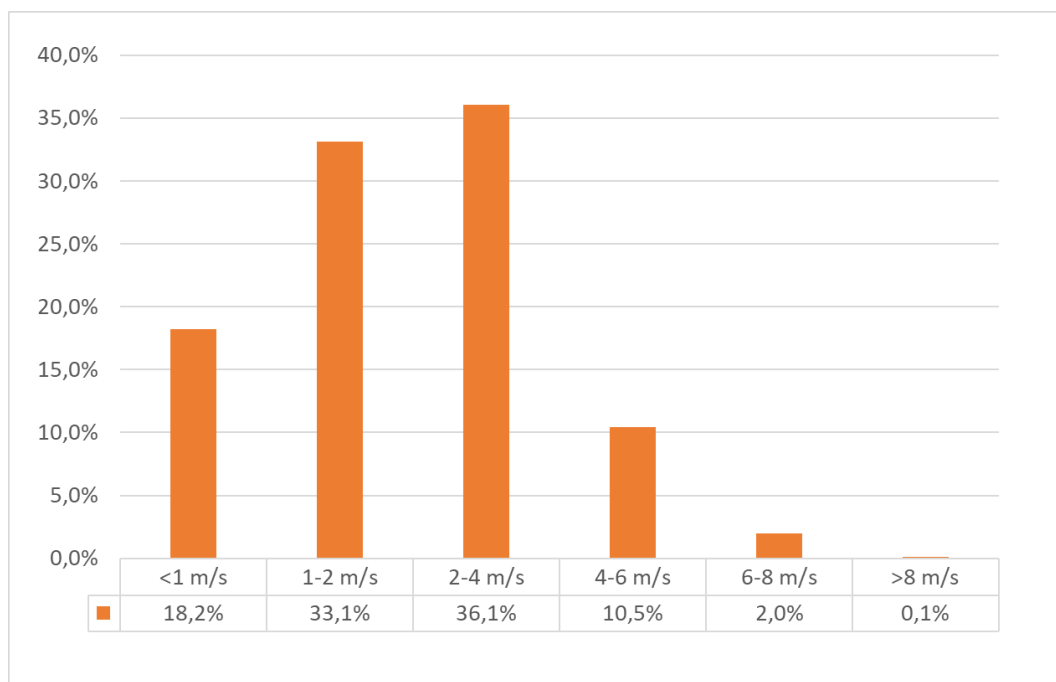


Figur 3-1. Placering av planområdet och mätstationen Mora A.

#### 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 Mora A från ovan nämnda data. Medelvärdet under den aktuella perioden var 2,3 m/s och vindstilla förhållanden uppmättes under ca. 6,9% av tiden.

## Beräkningsbilaga



Figur 3-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Mora A, 2002 – 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.

## Beräkningsbilaga

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

Turbulens	Beskrivning, väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
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
		B: Måttligt instabilt	2,5–4
		C: Svagt instabilt	>4
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
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under natten.	E: Svagt stabilt	>2,5
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5

För att ta höjd för olika förhållanden av 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 Mora A och presenteras i Tabell 3-2.

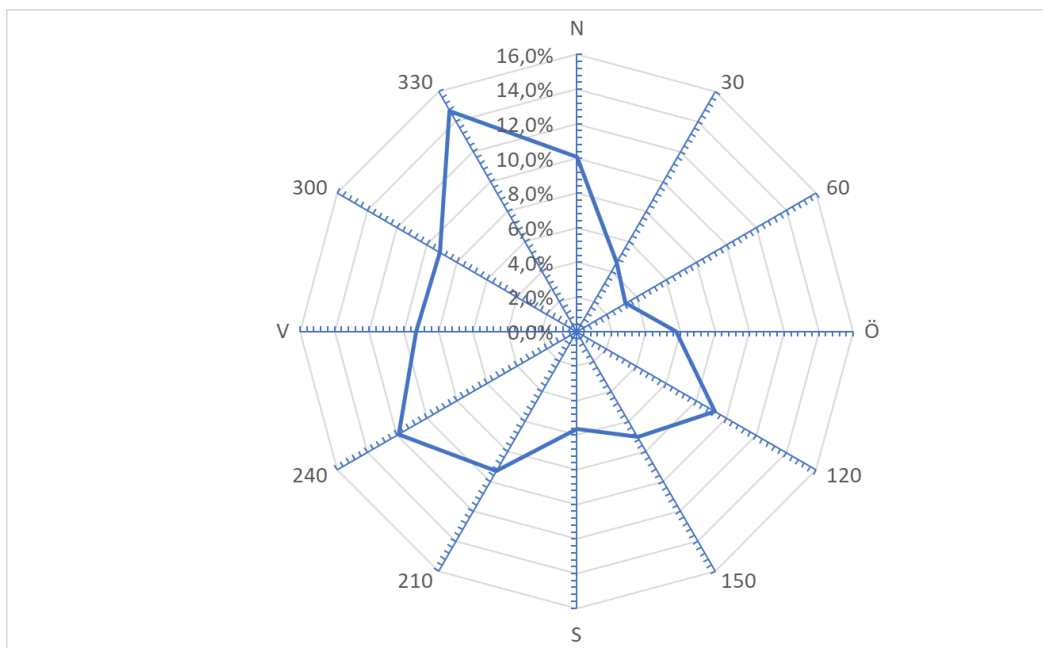
Tabell 3-2. Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid.

Väderförhållande	Dag [%]	Natt [%]
2F	15	25
2D	50	45
5D	35	30
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 Mora A från ovan nämnda data. Figur 3-3 visar att den mest förekommande vindriktningen är nordväst.

## Beräkningsbilaga



Figur 3-3. Fördelning av vindriktning vid mätstation Mora A, 2002 – 2022.

## Beräkningsbilaga

### 4 Olycka med farligt gods

Följande olycksscenarier 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

#### 4.1 Fördelning av farligt gods

Det här avsnittet redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på väg och järnväg. Farligt gods delas generellt in i följande klasser:

- 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 olycksscenarion 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

##### 4.1.1 Väg

I samband med transport på väg används benämningen ADR-klasser för de olika klasserna av farligt gods. Fördelningen av transporter av olika klasser av farligt gods på den aktuella vägsträckan uppskattas utifrån nationell statistik. Nationell statistik över antal transporter, godsmängd och transportarbete för svenskregistrerade transporter av farligt gods redovisas i Trafikanalys. Transportarbetet uttrycks generellt i enheten tonkilometer och en tonkilometer innebär en förflyttning av ett ton gods en kilometer.

## Beräkningsbilaga

Tabell 4-1 visar den genomsnittliga fördelningen av olika klasser av farligt gods utifrån antal transporter, godsmängd och transportarbete. Fördelningen i Tabell 4-1 baseras på uppgifter från Trafikanalys mellan 2012 och 2021. Tabell 4-1 visar dessutom medelvärdet av den genomsnittliga fördelningen baserat på antal transporter, godsmängd och transportarbete.

Tabell 4-1. Fördelning av farligt gods på väg mellan 2012 och 2021 baserat på information från Trafikanalys [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Klass	Antal transporter [%]	Godsmängd [%]	Transportarbete [%]	Medelvärde [%] (används i beräkningar)
1	2,05	0,49	0,37	0,97
2	21,15	14,61	22,35	19,37*
3	49,40	55,66	47,37	50,81
4.1	0,32	0,30	0,40	0,34
4.2	0,98	0,35	0,62	0,65
4.3	1,51	2,47	2,54	2,17
5.1	2,69	2,40	2,33	2,47
5.2	0,09	0,05	0,09	0,07
6.1	4,72	4,63	4,59	4,65
6.2	0,75	0,12	0,16	0,34
7	0,04	0,01	0,06	0,04
8	11,87	13,72	14,96	13,52
9	4,45	5,18	4,17	4,60
Totalt	100,00	100,00	100,00	100,00

\*Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 4-2.

Beräkningarna i den här riskutredningen utgår från medelvärdet som presenteras i Tabell 4-1. Underklasserna till klass 4, klass 5 och klass 6 behandlas gemensamt. Tabell 4-1 redovisar inte statistik för underklasserna av klass 2. Klass 2 utgörs av gaser och består av följande underklasser:

- Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
- Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
- Klass 2.3 – Giftiga 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 i ton på det svenska vägnätet under september 2006 [16].

Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods i ton på det svenska vägnätet under september 2006, där klass 2 delas in i underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3 [16]. Fördelningen presenteras i Tabell 4-2. Utifrån detta erhålls en andel av respektive underklass i relation till övriga klasser. För att erhålla konservativa beräkningsunderlag ökas andelen av klass 2.3 på bekostnad av klass 2.2, i enlighet med Tabell 4-2.

## Beräkningsbilaga

Tabell 4-2. Fördelning av klass 2 på underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3.

Klass	Andel av klass 2 [%]	Andel av totala antalet FG-transporter [%]	Andel som används i beräkningar
2.1	23,64	4,58	4,58
2.2	76,20	14,76	14,69
2.3	0,16	0,03	0,1
Totalt	100,00	19,37	19,37

### 4.1.2 Järnväg

I samband med transport av farligt gods på järnväg används benämningen RID-klasser för de olika klasserna av farligt gods. Fördelningen av transporter av olika klasser av farligt gods på den aktuella järnvägssträckan uppskattas utifrån nationell statistik. Nationell statistik över godsmängd och transportarbete på svenska järnvägar redovisas i Trafikanalys [17]. Transportarbetet uttrycks generellt i enheten tonkilometer och en tonkilometer innebär en förflyttning av ett ton gods en kilometer.

Tabell 4-3 visar den genomsnittliga fördelningen av olika klasser av farligt gods utifrån antal transporter, godsmängd och transportarbete. Fördelningen i Tabell 4-3 baseras på uppgifter från Trafikanalys [17] mellan 2012 och 2021. Tabell 4-3 visar dessutom medelvärdet av den genomsnittliga fördelningen baserat på godsmängd och transportarbete.

Tabell 4-3. Fördelning av farligt gods på järnväg mellan 2012 och 2021 baserat på information från Trafikanalys [17].

Klass	Godsmängd [%]	Transportarbete [%]	Medelvärde [%] (används i beräkningar)
1	0,00020	0,00049	0,00034
2	29,03	23,66	26,35*
3	33,90	19,03	26,47
4.1	0,18	0,33	0,26
4.2	0,07	0,11	0,09
4.3	2,69	4,07	3,38
5.1	14,11	30,66	22,38
5.2	0,44	0,45	0,45
6.1	1,84	2,21	2,03
6.2	0,00	0,00	0,00
7	0,01	0,01	0,01
8	17,16	18,87	18,02
9	0,58	0,58	0,58
Totalt	100,00	100,00	100,00

\*Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 4-4.

Beräkningarna i den här riskutredningen utgår från medelvärdet som presenteras i Tabell 4-3. Underklasserna till klass 4, klass 5 och klass 6 behandlas gemensamt. Tabell 4-3 redovisar inte statistik för underklasserna av klass 2. Klass 2 utgörs av gaser och består av följande underklasser:



## Beräkningsbilaga

- Klass 2.1 – Brandfarliga gaser
- Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser
- Klass 2.3 – Giftiga 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 i ton på det svenska vägnätet under september 2006, där klass 2 delas in i underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3 [16]. Fördelningen presenteras i Tabell 4-4.

Tabell 4-4. Fördelning av klass 2 på underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3.

Klass	Andel av klass 2 [%]	Andel av totala antalet FG-transporter [%] (används i beräkningar)
2.1	73,02	19,24
2.2	2,56	0,68
2.3	24,42	6,43
Totalt	100,00	26,35

## 4.2 Trafikmängd

Grundläggande för beräkning av risk med transport av farligt gods är trafikmängden. Nedan presenteras trafikmängd och hur denna tas fram för väg respektive järnväg.

### 4.2.1 Väg

Mellan 2012 och 2021 utgjorde farligt gods i snitt 4,1% av total transporterad godsmängd på väg i Sverige och 2,55% av totalt godstransportarbete på väg i Sverige [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Mora genomförde en inventering av farligt gods [18] under sju dagar år 2002. Under dessa sju dagar passerade 262 transporter med farligt gods genom centrala Mora varav 80 stycken omfattades av styckegods. Styckegods innebär att flera typer av farliga ämnen i olika kombinationer förpackade i mindre kollin transporteras tillsammans. En detaljerad redogörelse för olyckor med dessa typer av transporter är därför svår att ge. Generellt kan dock sägas att olyckor med styckegodstransporter kan ge samma typer av konsekvenser som övriga ADR-klasser. Konsekvenser kan dock förväntas i mindre utsträckning då inte alla kollin nödvändigtvis exponeras samtidigt, samt att mindre mängder per transport kan förväntas.

Detta innebär att cirka 26 transporter med farligt gods passerade genom centrala Mora per dag om dessa fördelas jämnt ut under veckans 7 dagar om det bortses från styckegods. Om hänsyn tas till styckegodstransporter så var denna siffra ca 37 stycken transporter om dagen. Det har gått 20 år sedan inventeringen genomfördes och det finns stora osäkerheter i att inventera under korta perioder då transporter av farligt gods kan skilja mycket från dag till dag eller mellan olika månader. Målsättningen med inventeringen var dock att den skulle kunna användas som planeringsunderlag inför framtida samhällsplanering. Vecka 40 valdes för inventeringen med hänsyn till att undvika att semesterar samt vinterfjälltrafik påverkade resultatet. De senaste 20 åren har den totala trafiken ökat genom centrala Mora och det är därmed rimligt att anta att även transporter av farligt gods kan ha ökat. Genom att anta att 4% av den tunga trafiken på Rv 70 och E45 utgörs av farligt gods erhålls dock 46, respektive 80 transporter av farligt gods i veckan för Rv 70 och E45. Detta är alltså cirka det dubbla från inventeringen genom Mora för Rv 70 och en tre gånger ökning på E45.

## Beräkningsbilaga

Det finns dock inte någon nyare eller mer specifik inventering än den gjord av Mora 2002. Räddningsverket har en inventering som är mycket översiktlig och som gjordes 2006 men inte heller denna bedöms vara särskilt aktuell eller tillämplar idag.

På vägar där det inte förekommer betydande mängder farligt gods skulle en lägre andel av den tunga trafiken kunna antas utgöras av farligt gods. Det har inte identifierats några verksamheter som hanterar betydande mängder farligt gods (exempelvis verksamheter som lyder under seveso-lagstiftningen) och enligt inventeringen 2002 utgjordes de flesta transporter av klass 3. Ca 80 % av alla transporter med farligt gods på E45 nordost om Mora och ca 50% av transportererna på E45 söder om Mora exklusive styckegods utgjordes av klass 3.

ÅDT för den totala samt tunga trafiken har erhållits från Trafikverkets Nationella vägdatabas [19]. Utöver detta behöver antalet transporter med farligt gods tas fram.

Andelen transporter skyltade med farligt gods (benämns  $Y$  i metoden i Räddningsverkets dokument) beräknas som:

$$Y = \dot{A}DT_{FG} \div \dot{A}DT_{total}$$

Där

- $Y$  = andel transporter skyltade med farligt gods
- $\dot{A}DT_{FG}$  = årsmedeldygnstrafiken för farligt gods
- $\dot{A}DT_{total}$  = årsmedeldygnstrafiken för total trafik

Mellan 2012 och 2021 utgjorde farligt gods i snitt 4,1% av total transporterad godsmängd på väg och 2,55% av totalt godstransportarbete på väg [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Beräkningarna utgår från att andelen ÅDT för farligt gods utgör 4% av ÅDT för tung trafik.

För att beräkna förväntad ÅDT för 2040 tillämpas Trafikverkets trafikuppräkningsstal [20]. Trafikuppräkningsstalen anges för såväl lastbil som personbil och presenteras för Dalarna i Tabell 4-5. Ökningen mellan 2017 och 2040 respektive 2040 och 2065 antas vara linjär. Baserat på trafikuppräkningsstalen beräknas trafikuppräkningskvoten mellan 2019 och 2040 och presenteras i Tabell 4-5. Kvoten för lastbil appliceras på ÅDT för tung trafik medan trafikuppräkningsstal för personbil appliceras på ÅDT för total trafik exklusive ÅDT för tung trafik. ÅDT för farligt gods antas utgöra 4% av ÅDT för tung trafik för såväl 2019 som 2040.

## Beräkningsbilaga

Tabell 4-5. Trafikuppräkningsstal för Dalarna [20].

Trafikuppräkningsstal	Personbil	Lastbil
Prognos 2017-2040 (kvot)	1,17	1,32
Trafikuppräkningskvot 2019-2040	1,15	1,28

Trafikuppgifter för 2019 och 2040 på den aktuella vägsträckan, baserade på ovan antaganden och beräkningar, sammanfattas i Tabell 4-6.

Tabell 4-6. Trafikuppgifter för 2019 och 2040.

ÅDT	Rv 70		E45	
	2019	2040	2019	2040
Total trafik	8172	9540	15 657	18 253
Tung trafik	898 (11%)	1 153 (12,1%)	1 531 (9,8%)	1 966 (10,8%)
Farligt gods 2% av tung trafik	18	23	31	39
Farligt gods 4% av tung trafik	36	46	62	78

### 4.2.2 Järnväg

Uppgifter om antal godståg för 2040 samt genomsnittlig längd för godståg på den aktuella sträckan är baserade på prognos från Trafikverket [21].

Mellan 2012 och 2021 utgjorde farligt gods i snitt 5,0% av total transporterad godsmängd på järnväg och 7,0% av totalt godstransportarbete på järnväg [17]. Därmed utgår beräkningarna från att andelen vagnar med farligt gods är 6% för godstransporter på järnväg. Trafikmängder för aktuell järnväg presenteras i Tabell 4-7.

Tabell 4-7. Trafikmängder för aktuell järnväg.

Parameter	Värde
Antal godståg 2040	3650
Antal farligt gods-vagnar 2040	6988

### 4.3 Riskmått

Riskmått som beräknas är individrisk och samhällsrisik.

Individerisken ( $IR$ ) 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 sluhändelsen  $i$ . 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

## Beräkningsbilaga

de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

Samhällsrisken 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.

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

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

### 4.4 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods

Följande avsnitt beskriver de modeller som har använts för frekvensberäkningar för olyckor på relevanta transportleder för farligt gods. Använda modeller är baserade på erkända källor som normalt används i samband med riskutredningar för detaljplaneprocesser.

#### 4.4.1 Väg

I det här avsnittet presenteras modellen som har använts för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på väg har genomförts för år 2040. Den studerade delen av den aktuella vägsträckan är 1 km.

Frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg har genomförts enligt den så kallade VTI-metoden som presenteras i Räddningsverkets dokument *Farligt gods – Riskbedömning vid transport* [22]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för olycka med farlig gods på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, antingen att använda olycksstatistik för sträckan eller att uppskatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Enligt Räddningsverket [22] kan antalet förväntade olyckor med farligt gods beräknas som:

$$F_{Olycka\ FG} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2))$$

Där

- $F_{Olycka\ FG}$  = förväntat antal olyckor med farligt gods
- $O$  = förväntat antalet olyckor med samtliga fordonsslag
- $X$  = andel singelolyckor
- $Y$  = andel transporter skyltade med farligt gods

Det förväntade antalet olyckor med samtliga fordonsslag beräknas som:

$$O = OK \cdot S_{samtliga\ fordonsslag} \cdot 10^{-6}$$

Där

- $OK$  = olyckskvot, förväntat antalet olyckor per miljon fordonskilometer

## Beräkningsbilaga

- $S_{\text{samtliga fordonsslag}}$  = sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag

Såväl andelen singelolyckor som olyckskvoten beror på ett antal vägparametrar såsom vägtyp och hastighetsgräns. I Räddningsverkets dokument [22] anges andelen singelolyckor och olyckskvoten för olika kombinationer av bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp. Dessa parametrar, och tillhörande värde på olyckskvot och andel singelolyckor, presenteras i Tabell 4-8.

Tabell 4-8. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor, samma har antagits för både Rv70 och E45 förbi aktuellt planområde.

Parameter	Värde
Bebyggelsemiljö	Tätort
Hastighetsgräns	50 km/h
Vägtyp	Trafikled
Olyckskvot	1,5
Andel singelolyckor	0,1

Sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag beräknas enligt:

$$S_{\text{samtliga fordonsslag, år}} = \text{ÅDT}_{\text{total}} \cdot 365 \cdot l_{\text{vägsträcka}}$$

Där

- $S_{\text{samtliga fordonsslag, år}}$  = antal fordonskilometer för ett år för samtliga fordonsslag
- $\text{ÅDT}_{\text{total}}$  = total årsmedeldygnstrafik för samtliga fordonsslag
- $l_{\text{vägsträcka}}$  = den aktuella vägsträckans längd uttryckt i kilometer

Med ovan beräkningar erhålls frekvens för olycka med farligt gods och återkomsttid enligt Tabell 4-9.

Tabell 4-9. Frekvens och återkomsttid för olycka med farligt gods på väg.

Parameter	Rv70	E45
Frekvens för olycka med farligt gods (per år) 2% FG av tung trafik	2,4E-02	4,1E-02
Frekvens för olycka med farligt gods (per år) 4% FG av tung trafik	4,8E02	8,2E-02
Återkomsttid för olycka med farligt gods (år) 2% FG av tung trafik	41,7	24,5
Återkomsttid för olycka med farligt gods (år) 4% FG av tung trafik	20,9	12,3

För att beräkna frekvensen för en olycka med en viss klass av farligt gods krävs kännedom om andelen transporter som innehåller den aktuella klassen av farligt gods. Avsnitt 4.1.1 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på väg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för olycka som:

$$F_{\text{olycka, Klass } X} = F_{\text{olycka FG}} \cdot A_{\text{Klass } X}$$

Där

- $F_{\text{olycka, Klass } X}$  = Frekvens olycka med farligt gods i Klass X, redovisas i Tabell 4-10

## Beräkningsbilaga

- $F_{olycka FG}$  = förväntat antal olyckor med farligt gods, redovisas i Tabell 4-9
- $A_{Klass X}$  = andel transporter av Klass X, redovisas i avsnitt 4.1.1

Frekvensen för olycka med olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 4-10. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 4-10 är enbart ämnesklasserna som beaktas i beräkningarna enligt avsnitt 4.1.

*Tabell 4-10. Frekvens för olycka på väg med olika klasser av farligt gods. 2% och 4% står för antagandet om andel farligt gods av den tunga trafiken*

Olycka med transport innehållande Frekvens per år	Rv 70		E45	
	2%	4%	2%	4%
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	2,33E-04	4,65E-04	3,97E-04	7,93E-04
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	1,10E-03	2,19E-03	1,87E-03	3,74E-03
Klass 2.3 – Giftiga gaser	2,40E-05	4,79E-05	4,09E-05	8,16E-05
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,22E-02	2,43E-02	2,08E-02	4,15E-02
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	6,10E-04	1,22E-03	1,04E-03	2,08E-03

### 4.4.2 Järnväg

I det här avsnittet presenteras modellen som har använts för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på järnväg. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på järnväg har genomförts för år 2040. Den studerade delen av den aktuella järnvägssträckan är 1 km.

En förutsättning för att kunna beräkna frekvensen för en olycka med farligt gods är att frekvensen för urspårning av tåg är känd. Frekvensen för urspårning av tåg på den aktuella sträckan beräknas genom Banverkets dokument *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [23].

För frekvensberäkningarna krävs ett indata för ett antal parametrar, vilka presenteras i Tabell 4-11.

Studerad längd på transportleden är 1 km, enligt vedertagen branschpraxis. Aktuell spårklass är bedömd utifrån spårets utseende [23]. Antal växlar på sträckan är baserat på information från Trafikverket [24]. 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 [25]. Antal vagnaxlar på vagnar med farligt gods är ansatt till fyra, då detta är helt dominerande vid sådana transporter [26]. Vad gäller vagnar utan farligt gods används ett flertal olika vagnmodeller med olika vagnaxelantal, främst två och fyra [25], varför ett genomsnittligt värde på tre vagnaxlar används.

*Tabell 4-11. Indata till frekvensberäkningar för urspårning på järnväg.*

Parameter	Värde
Studerad spårlängd (km)	1
Spårklass	A
Antal växlar på sträckan	7
Genomsnittlig längd för godståg (m)	508
Längd normalvagn (m)	16
Antal vagnaxlar (icke farligt gods)	3

## Beräkningsbilaga

Antal vagnaxlar (farligt gods)	4
--------------------------------	---

Urspårning av tåg på järnväg kan orsakas av en rad olika olyckstyper. Dessa olyckstyper sammanfattas i Tabell 4-12 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 4-13 och är beräknade utifrån information i Tabell 4-11.

Tabell 4-12. Felintensitet och beroendefaktor för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Felintensitet ( $\xi$ )	Beroendefaktor ( $bf$ )
Rälsbrott	5,00E-11	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Solkurva	1,00E-05	Studerad spårlängd (km)
Vagnfel godståg	3,10E-09	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Lastförskjutning	4,00E-10	Vagnaxelkilometer för godsvagnar
Växel sliten, trasig	5,00E-09	Antal passager genom växel för godståg
Annan orsak	5,70E-08	Tågkilometer för godståg
Okänd orsak	1,40E-07	Tågkilometer för godståg
Spårlägesfel	4,00E-10	Vagnaxelkilometer för godsvagnar

Tabell 4-13. Beroendefaktorer för olyckstyper.

Beroendefaktor	Värde
Vagnaxelkilometer för godsvagnar	354651
Studerad spårlängd (km)	1
Antal passager genom växel för godståg	25550
Tågkilometer för godståg	3650

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 4-14
- $\xi$  = felintensitet, redovisas i Tabell 4-12
- $bf$  = beroendefaktor, redovisas i Tabell 4-13

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 4-14.

Tabell 4-14. Frekvens för urspårning av godståg, uppdelad på olyckstyp.

Olyckstyp	Frekvens per år
Rälsbrott	1,77E-05
Solkurva	1,00E-05
Vagnfel godståg	1,10E-03

## Beräkningsbilaga

Lastförskjutning	1,42E-04
Växel sliten, trasig	1,28E-04
Annan orsak	2,08E-04
Okänd orsak	5,11E-04
Spårlägesfel	1,42E-04
<b>Total frekvens för urspårning</b>	<b>3,84E-04</b>

Frekvenserna i Tabell 4-14 avser urspårning för samtliga godsvagnar. För att beräkna frekvensen för urspårning av vagnar med farligt gods tas hänsyn till det genomsnittliga antalet vagnar med farligt gods per godståg samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspåringsolycka är 3,5 vagnar [26]. Dessa förutsättningar medför att sannolikheten för att en vagn med farligt gods spårar ur, givet en urspårning av godståg, är 17%.

Tabell 4-15 redovisar frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods på den aktuella sträckan baserat på förväntad trafikering för 2040.

Tabell 4-15. Frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods.

Parameter	Värde
Frekvens för urspårning (per år)	2,26E-03
Återkomsttid för urspårning (år)	2602

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 4.1.2 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på järnväg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för urspårning som:

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

Där

- $F_{U,Klass X}$  = frekvens för urspårning av tåg/vagn med farligt gods i Klass X
- $A_{Klass X}$  = andel transporter som utgörs av Klass X, redovisas i avsnitt 4.1.2

Frekvensen för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 4-16. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 4-16 är enbart ämnesklasserna som beaktas i beräkningarna enligt avsnitt 4.1.

Tabell 4-16. Frekvens för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods.

Urspårning av vagn innehållande	Frekvens per år
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	1,31E-09
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	7,39E-05
Klass 2.3 – Giftiga gaser	2,47E-05
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,02E-04
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	8,77E-05



## Beräkningsbilaga

### 4.4.3 Olycksscenario

Olika utfall av en olycka är möjliga beroende på vilken klass av farligt gods som är involverad i olyckan. Det här avsnittet redovisar händelseträdd med möjliga olycksscenarioer för de klasser av farligt gods som kan medföra påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Följande klasser beaktas i enlighet med beskrivningen av olycksscenarioer vid olycka med farligt gods i riskutredningen:

- 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

#### 4.4.3.1 Klass 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 massexlosion) 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 massexlosion.

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1.1 transporteras, vilket ger olika potentiella olycksscenarioer. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexploderande varor transporteras i upp till 16 ton per transport men de flesta transporter innefattar endast små mängder av massexploderande 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 massexploderande varor.

Det faktum att ett fordon som transporterar explosiva varor är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att en explosion uppstår. Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för en mycket kraftig stöt i samband med olyckan.

Sannolikheten för en brand i fordonet i samband med en olycka bedöms vara beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, antas sannolikheten för brand i fordon givet en olycka vara 1%. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, beräknas sannolikheten för brand i fordon som:

$$P_{fordonsbrand} = 0,01 \cdot I_{Olycka\ FG} \div I_{Olycka,FG,max}$$

Där

- $P_{fordonsbrand}$  = sannolikhet för fordonsbrand vid olycka
- $I_{Olycka\ FG}$  = Index för olycka med farligt gods, erhålls från [22]
- $I_{Olycka,FG,max}$  = 0,42

Ovanstående formel medför att sannolikheten för brand i fordon för en väg med högst index för olycka med farligt gods enligt [22] motsvarar 1%. Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är index för olycka med farligt gods 2% enligt [22]. Enligt ovanstående formel beräknas sannolikheten för brand i fordon till 0,05%.

Sannolikheten för att branden sprider sig till lasten är beroende av fordonsklassen som används för transporten. Den högsta transporterade mängden, dvs. 16 000 kg, förutsätter

## Beräkningsbilaga

högsta fordonsklass. Utifrån detta antas sannolikheten för att en brand sprider sig till lasten vara 10% för transporter av 16 000 kg explosiva varor och 50% för transporter av 20 kg explosiva varor.

En explosion kan inträffa även om en brand inte uppstår i samband med olyckan. Det kräver att godset utsätts för en mycket kraftig stöt i samband med olyckan. Sannolikheten för en stötinitierad detonation i samband med en olycka är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För en stötinitierad detonation i det explosiva materialet krävs generellt mycket höga kollisionshastigheter. HMSO anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2% [27]. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, sätts sannolikheten för stötinitierad detonation därför till 0,2%. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, beräknas sannolikheten för stötinitierad detonation som:

$$P_{\text{kraftig stötinitiering}} = 0,002 \cdot I_{\text{Olycka FG väg}} \div 0,42$$

Där

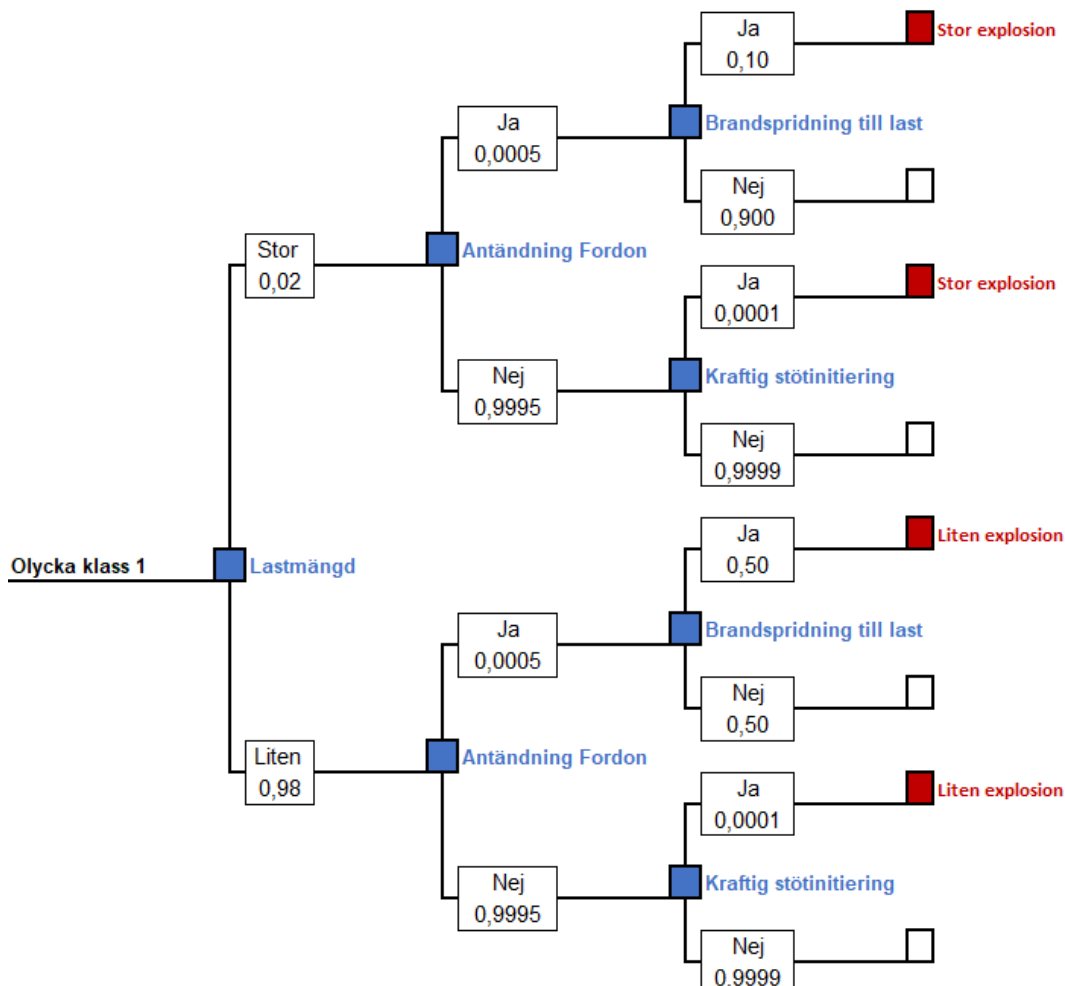
- $P_{\text{kraftig stötinitiering}}$  = sannolikhet för kraftig stötinitiering vid olycka
- $I_{\text{Olycka FG väg}}$  = index för olycka med farligt gods, erhålls från [22]

Ovanstående formel medför att sannolikheten för stötinitierad detonation för en väg med högst index för olycka med farligt gods enligt [22] motsvarar 0,2%. Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är index för olycka med farligt gods 2% enligt [22]. Enligt ovanstående formel beräknas sannolikheten för stötinitierad brand till 0,1%.

### Händelseträdet

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-1 som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 4-1 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg. Sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation varierar för de transportleder som har beaktats. Detaljerad information gällande sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-17.

## Beräkningsbilaga



Figur 4-1. Händelsesträd för olycka med explosiva ämnen och föremål.

Tabell 4-17. Sannolikhet för brand i fordon och stötinitierad detonation för beaktade transportleder.

Transportled	Brand i fordon [%]	Stötinitierad detonation [%]
Rv70 och E45	0,05	0,01
Dalabanan	1	0,2

### 4.4.3.2 Klass 2.1 – 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.

Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera enligt [23]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, erhålls sannolikheten för läckage från [22].

## Beräkningsbilaga

Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är sannolikheten för läckage 0,067% [22]. I [22] anges ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage. Därför antas att små läckage och stora läckage utgör 50% vardera.

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

### *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 flaskan samt trycket i denna. Sannolikheten för direkt antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10% för litet läckage och 20% för stort läckage [28].

### *Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion*

Om gasen vid ett läckage inte antänds direkt uppstår ett gasmoln av brandfarlig gas. Luftinblandningen i gasmolnet ökar med tiden och avgör huruvida en fördröjd antändning av gasmolnet leder till en gasmolnsbrand eller en gasmolnsexplosion. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [28] men konservativt ansätts en sannolikhet för fördröjd antändning även vid mindre läckage. Sannolikheten för fördröjd antändning antas vara 1% för litet läckage och 50% för stort läckage. 60% av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40% leder till gasmolnsexplosion [4].

Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet antänds vid ett senare skede kommer mer luft att ha blandats med den brandfarliga gasen. Antändning kan medföra en gasmolnsexplosion vid vissa koncentrationer av brandfarlig gas samt om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd brännbar gas och luft. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

En gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. För att gasmolnbranden/gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta sker när vindriktningen är mot området.

### *BLEVE*

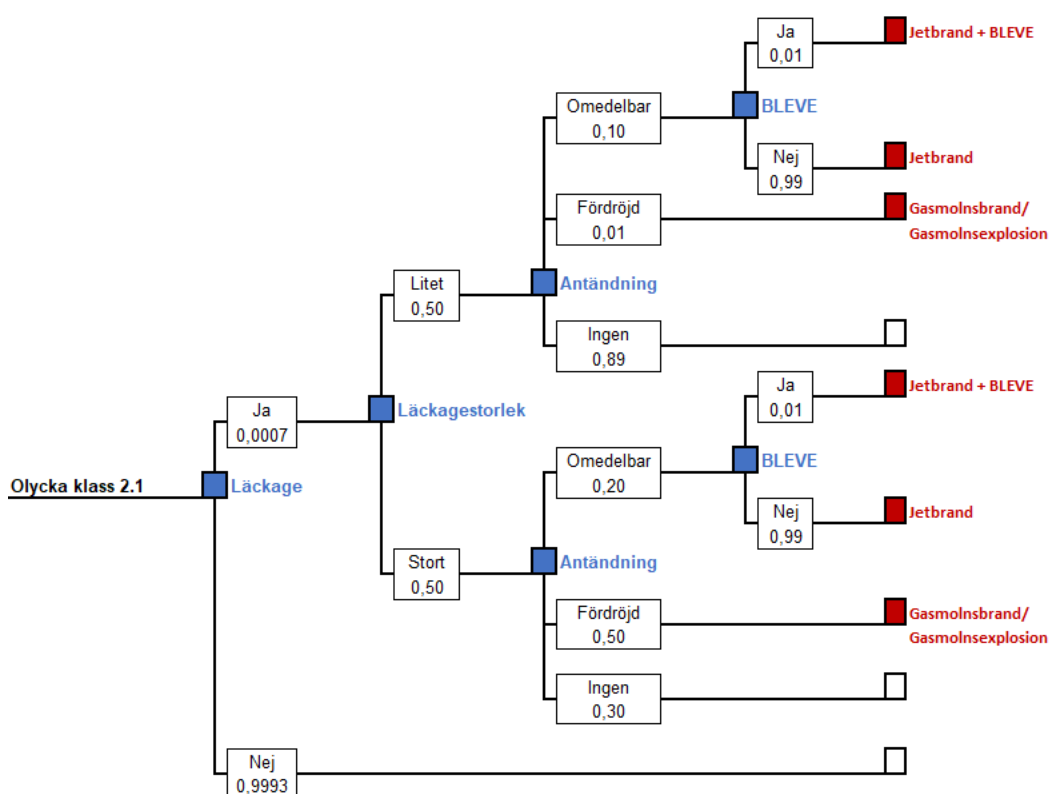
BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen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

Eftersom gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion är kortvariga händelser bedöms BLEVE inte kunna inträffa i samband med dessa händelser. Däremot är en jetbrand mer långvarig och bedöms därför kunna orsaka BLEVE. Sannolikheten för BLEVE givet en jetbrand antas vara 1%.

## Beräkningsbilaga

### Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-2 som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga gaser. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 4-2 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som har beaktats. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-18.



Figur 4-2. Händelseträd för olycka med brandfarlig gas.

Tabell 4-18. Sannolikhet för läckage av brandfarlig gas för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage
Rv70 och E45	0,07
Dalabanan	2

### 4.4.3.3 Klass 2.3 – 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

## Beräkningsbilaga

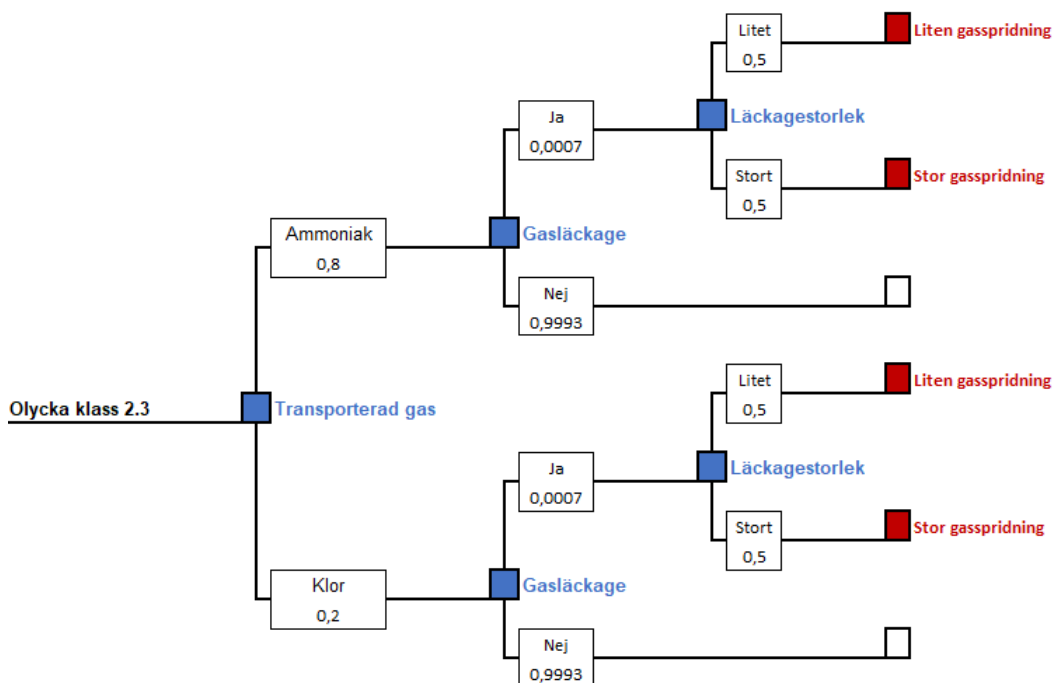
på 10 mm medan ett stort läckage antas motsvara en punktering med en hålstorlek på 50 mm.

Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera enligt [23]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, erhålls sannolikheten för läckage från [22]. Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är sannolikheten för läckage 0,067% enligt [22]. I [22] anges ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage.

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 2 och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet [1].

### Händelseträäd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-3 som visar händelseträdet för olyckor med giftiga gaser. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 4-3 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som har beaktats. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-19.



Figur 4-3. Händelseträäd för olycka med läckage av giftig gas.

Tabell 4-19. Sannolikhet för läckage av giftig gas för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Rv 70 och E45	0,07

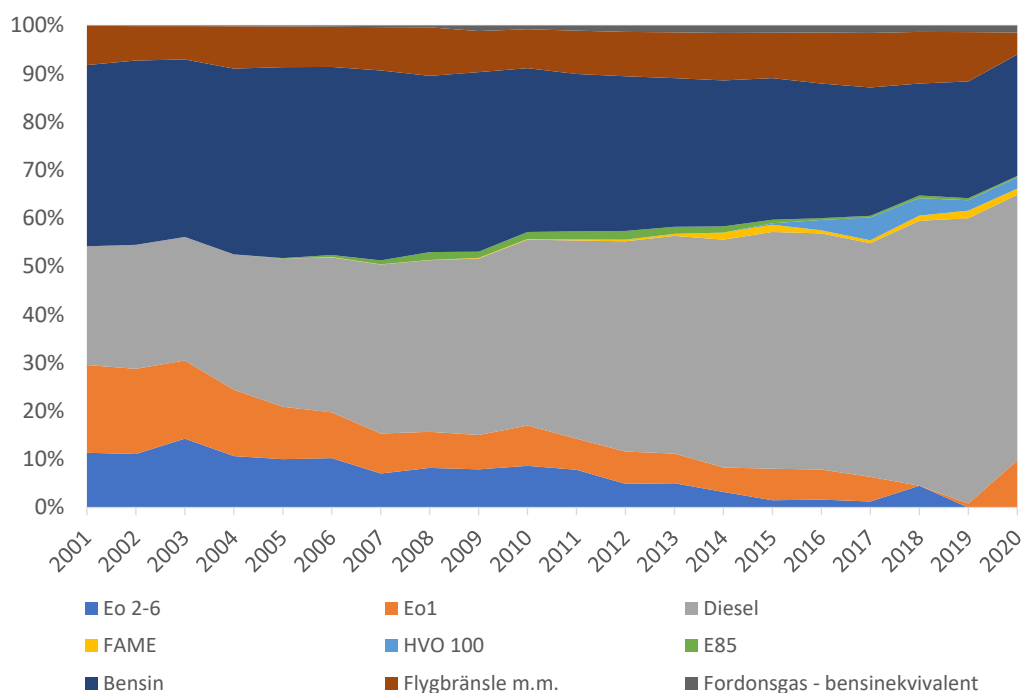
## Beräkningsbilaga

Dalabanan	2
-----------	---

### 4.4.3.4 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor transporteras under atmosfärstryck i tunnväggiga tankar. 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, parfymer, 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 [29] presenterar statistik avseende fördelning av utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken presenteras i Figur 4-4 och antas gälla både för transporter på såväl väg som järnväg.



Figur 4-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) [29].

Som framgår av Figur 4-4 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% och ca. 10% av samtliga transporterade drivmedel de senaste åren.

Den stora spridningen av olika typer av drivmedel enligt Figur 4-4 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 4-4 men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter.

Jämfört med statistiken i Figur 4-4 antas en något högre andel transport av bensin, vilket är konservativt eftersom bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet med avseende på

## Beräkningsbilaga

benägenhet för antändning och konsekvenser i samband med antändning. Bensin har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av läckage. Diesel och flygbränsle har högre flampunkter och hanteras under sina respektive flampunkter. I den här riskutredningen antas bensin representeras av ämnet pentan medan resterande ämnen representeras av ämnet n-dodekan som hädanefter benämns dodekan.

Sannolikheten för att en tunnväggig tank innehållande brandfarlig vätska skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30% enligt [23]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, erhålls sannolikheten för läckage från DNV's rapport [22]. Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är sannolikheten för läckage 2% enligt [22].

Läckage med brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med [4]. Utsläppsvolymer presenteras i Tabell 4-20 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 4-20 är gällande för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 4-20. 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 flamma 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 4-21.

Tabell 4-21. Sannolikhet för antändning av pölbrand [4].

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

### Händelseträdet

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-5 som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 4-5 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som har beaktats. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i Tabell 4-22.





## Beräkningsbilaga

### 4.4.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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% [30].

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) överskrider, exempelvis av en extern brand [31].

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.

Oxiderande ämnen transporteras under atmosfärstryck i tunnväggiga tankar. Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30% enligt [23]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, erhålls sannolikheten för läckage från [22]. Baserat på den aktuella vägsträckans bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp (se avsnitt 4.4.1) är sannolikheten för läckage 2% enligt [22].

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%.

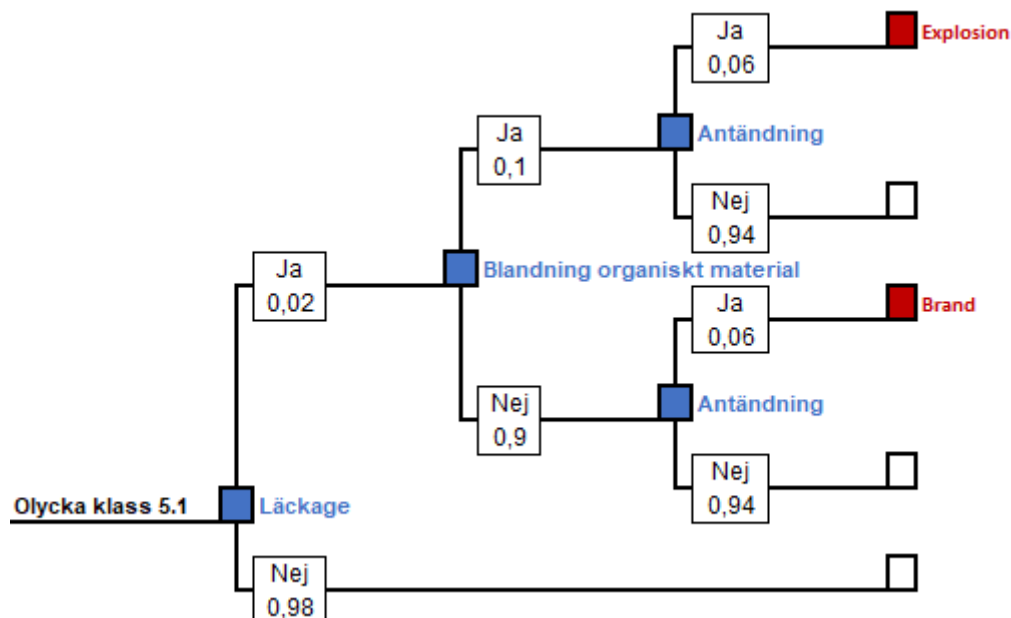
Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion.

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 dodekan och pentan.

#### *Händelseträdet*

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 4-6 som visar händelseträdet för olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 4-6 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som har beaktats. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 4-23.

## Beräkningsbilaga



Figur 4-6. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell 4-23. Sannolikhet för läckage av oxiderande ämnen och organiska peroxider för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Rv70 och E45	2
Dalabanan	30

### 4.4.4 Summering av frekvensberäkningar

Nedan presenteras en summering av de frekvens som används som indata till beräkning individ- och samhällrisken.

#### 4.4.4.1 Väg

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på väg redovisas i Tabell 4-24.

Tabell 4-24. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på väg.

Klass	Händelse (Frekvens per år)	Rv70		E45	
		2%	4%	2%	4%
Klass 1	Liten explosion	7,60E-08	1,52E-07	1,30E-07	2,59E-07
	Stor explosion	6,65E-10	1,33E-09	1,13E-09	2,26E-09
Klass 2.1	BLEVE	1,10E-09	2,19E-09	1,87E-09	3,74E-09
	Jetbrand (litet läckage)	3,66E-08	7,31E-08	6,24E-08	1,25E-07
	Jetbrand (stort läckage)	7,32E-08	1,46E-07	1,25E-07	2,49E-07
	Gasmolnsbrand/gasmolns explosion (litet läckage)	3,66E-09	7,31E-09	6,24E-09	1,25E-08
	Gasmolnsbrand/gasmolns explosion (stort läckage)	1,83E-07	3,65E-07	3,12E-07	6,23E-07
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	6,39E-09	1,28E-08	1,09E-08	2,18E-08

## Beräkningsbilaga

Klass	Händelse (Frekvens per år)	Rv70		E45	
		2%	4%	2%	4%
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	6,39E-09	1,28E-08	1,09E-08	2,18E-08
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,60E-09	3,19E-09	2,72E-09	5,44E-09
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,60E-09	3,19E-09	2,72E-09	5,44E-09
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	1,57E-07	3,14E-07	2,68E-07	5,35E-07
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	3,77E-07	7,53E-07	6,43E-07	1,28E-06
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	9,43E-08	1,88E-07	1,61E-07	3,21E-07
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	3,17E-06	6,32E-06	5,40E-06	1,08E-05
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	7,60E-06	1,52E-05	1,30E-05	2,59E-05
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	1,90E-06	3,79E-06	3,24E-06	6,47E-06
Klass 5	Explosion <sup>1</sup>	7,32E-08	1,46E-07	1,25E-07	2,49E-07
	Brand <sup>2</sup>	6,59E-07	1,32E-06	1,12E-06	2,24E-06

### 4.4.4.2 Järnväg

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på järnväg redovisas i Tabell 4-25.

Tabell 4-25. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på järnväg.

Klass	Händelse	Frekvens per år
Klass 1	Liten explosion	8,95E-12
	Stor explosion	7,80E-14
Klass 2.1	BLEVE	2,22E-09
	Jetbrand (litet läckage)	7,39E-08
	Jetbrand (stort läckage)	1,48E-07
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	7,39E-09
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	3,70E-07
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	1,98E-07
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	1,98E-07
	Utsläpp, klor (litet läckage)	4,94E-08
	Utsläpp, klor (stort läckage)	4,94E-08
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	1,97E-08
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	4,72E-08
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	1,18E-08
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	3,97E-07

<sup>1</sup> Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarierna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion.

<sup>2</sup> 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 dodekan och pentan.

## Beräkningsbilaga

Klass	Händelse	Frekvens per år
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	9,52E-07
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	2,38E-07
Klass 5	Explosion <sup>3</sup>	1,58E-07
	Brand <sup>4</sup>	1,42E-06

### 4.5 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods

Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods har genomförts i programvaran Riskcurves [1]. 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, dvs. Purple Book [4], Yellow Book [32] och Green book [33]. 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. Konsekvensberäkningarna är oberoende av om en olycka inträffar på väg eller järnväg.

#### 4.5.1 Generella sårbarhetsparametrar

Sårbarhetsparametrar för personer som exponeras för explosion, brand och giftiga gaser presenteras i Tabell 4-26. Parametrarna är hämtade från [33] om inget annat anges.

Tabell 4-26. 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 utbredning
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

<sup>3</sup> Explosionsscenarioer med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för en liten explosion av explosiva ämnen och föremål. Konsekvenserna för explosionsscenarioerna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för en liten explosion.

<sup>4</sup> Brandscenarierna 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 dodekan och pentan.

## Beräkningsbilaga

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	1 800 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

### 4.5.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

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.

Skador på människor 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 4-27 nedan redovisas uppgifter för skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus [34].

Tabell 4-27. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus [34].

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 4-28. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa medan byggnadsstommar antas kollapsa vid 20 kPa.

Tabell 4-28. Gränsvärden för skador på olika byggnadsverk.

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

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i Yellow book [32]. 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:

## Beräkningsbilaga

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

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, 4,18E+06 J/kg
- $\Delta H_c(metangas)$  = förbränningsvärme för metangas, 5,6E+07 J/kg
- $Y$  = effektivitetsfaktor [-], beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i [32] till 0.2

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 4-29. Mängden massexploderbara varor i en transport är antingen 20 kg eller 16 000 kg enligt avsnitt 4.4.3.1.

Tabell 4-29. TNT-ekvivalenter av metan.

Olycksscenario	Massa TNT [kg]	Massa metangas [kg]
Liten explosion	20	7,5
Stor explosion	16 000	5 970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt [34]:

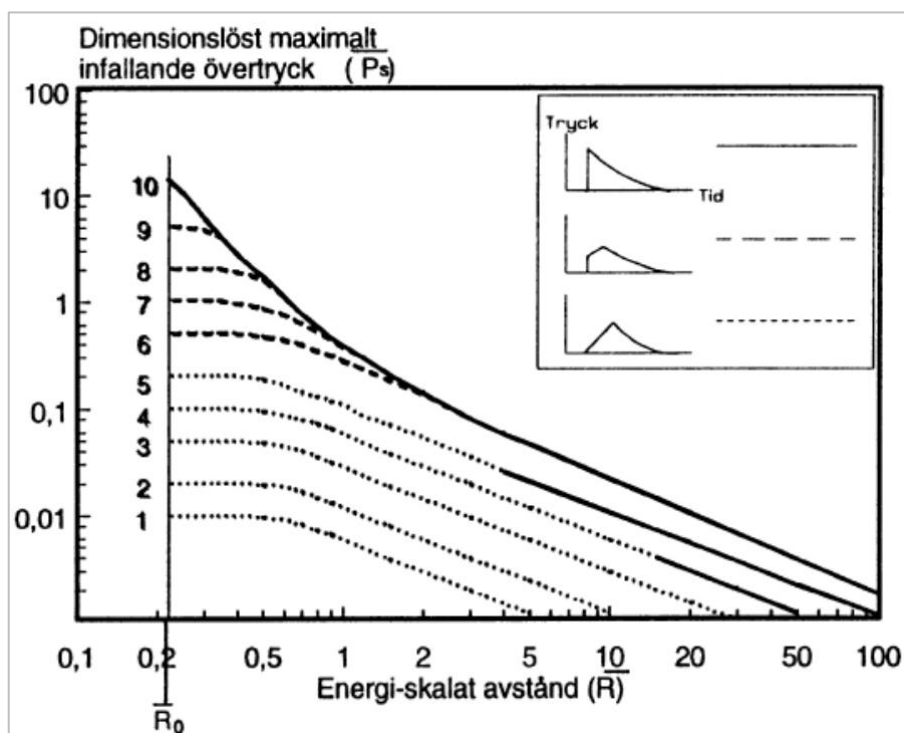
$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

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 4-7 [34].

## Beräkningsbilaga



Figur 4-7. Maximalt dimensionslöst tryck.

För beräkningarna har den högsta detonationsklassen ur Figur 4-7, dvs. detonationsklass 10, antagits. Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 4-7 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 4-30.

Tabell 4-30. Konsekvensavstånd för explosion.

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

### 4.5.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Mängden brandfarlig gas i ett släp antas vara 40 m<sup>3</sup>. För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande. För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.



## Beräkningsbilaga

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 4.4.3.2 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 2

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 4-31, Tabell 4-32 och Tabell 4-33.

Tabell 4-31 och Tabell 4-32 presenterar 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 4-33 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden.

*Tabell 4-31. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet läckage.*

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
20 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	24	27	28
35 kW/m <sup>2</sup> värmestrålning	Jetbrand	22	25	26

## Beräkningsbilaga

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 4-32. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med stort läckage.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m] vid angivet väderförhållande		
		D5	D2	F2
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 4-33. Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

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

### 4.5.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Enligt avsnitt 4.4.3.3 antas transporter av giftiga gaser innehålla antingen ammoniak eller klor. Mängden giftig gas i ett släp antas vara 40 m<sup>3</sup>. För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande. För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.

Spridningssimuleringar har genomförts 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 2 har tillämpats 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 4.4.3.3 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

## Beräkningsbilaga

- Tankfyllnadsgrad: 80%
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83%
- Molnighet: 75% (halvklart till molnigt)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 2

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 död. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma. AEGL-3 för ammoniak avseende 30 minuters exponering är 1600 ppm [35]. AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm [35]. Tabell 4-34 presenterar avstånd till AEGL-3 för 30 minuters exponering vid läckage av ammoniak och klor.

Tabell 4-34. 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	1 693
Klor (litet läckage)	668	1 065	3 481
Klor (stort läckage)	4 086	6 101	12 873

### 4.5.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

I konsekvensberäkningen används pentan för att modellera bensin 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 värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som kanske skulle efterspegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 4-35 redovisas avstånd till värmestrålningsnivåer 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 4-35. Avstånd till värmestrålningsnivåer för väderscenario D5.

Olycksscenario	Avstånd [m] till angiven värmestrålningsnivå vid väderscenario D5	
	20 kW/m <sup>2</sup>	35 kW/m <sup>2</sup>
Pentan (litet läckage)	20	15
Pentan (medelstort läckage)	27	20
Pentan (stort läckage)	34	25
Dodekan (litet läckage)	14	11
Dodekan (medelstort läckage)	19	15
Dodekan (stort läckage)	24	19

## Beräkningsbilaga

### 4.5.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I avsnitt 4.4.3.5 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 4.5.2 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 dodekan och pentan. Se avsnitt 4.5.5 för mer information om konsekvenser för en små pölbränder.

## Beräkningsbilaga

### 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/>.
- [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, "Lastbilstrafik 2012 (Statistik 2013:12)," 2013.
- [7] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2013 (Statistik 2014:12)," 2014.
- [8] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2014 (Statistik 2015:21)," 2015.
- [9] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015 (Statistik 2016:27)," 2016.
- [10] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2016 (Statistik 2017:14)," 2017.
- [11] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2017 (Statistik 2018:13)," 2018.
- [12] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2018 (Statistik 2019:13)," 2019.
- [13] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2019 (Statistik 2020:14)," 2020.
- [14] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2020 (Statistik 2021:14)," 2021.
- [15] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2021 (Statistik 2022:16)," 2022.
- [16] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [17] Trafikanalys, "Bantrafik 2021 (Statistik 2022:24)," 2022.
- [18] B. Olsson, "Inventering i Mora, Transporter av farligt gods,," 28 sept - 4 okt, 2002., 2002.
- [19] Trafikverket, "NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [20] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065 (Ärendenummer TRV 2017/111007)," 2022.

## Beräkningsbilaga

- [21] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar," 2022.
- [22] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.
- [23] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [24] Trafikverket, "NJDB på webb," [Online]. Available: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [25] SJ, "SJ Godsvagnar," 1991.
- [26] VTI, "Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - Projektsammanfattning, VTI-rapport 387:1," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [27] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [28] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [29] Drivkraft Sverige, "Volymer," [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>. [Accessed 30 07 2021].
- [30] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [31] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.
- [32] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [33] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", " 1992.
- [34] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.
- [35] 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>.