

Datum: 2026-04-30
Projekt ID: F0260527
Kund: Kristinehamns kommun

Riskutredning Farligt gods

Detaljplan för Visnums-skogen 1:294, Björneborg, Kristinehamns kommun

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	5
<i>1 Inledning</i>	7
1.1 Syfte och mål	7
1.2 Avgränsningar.....	7
<i>2 Styrande lagstiftningar</i>	9
2.1 Plan- och bygglagen	9
2.2 Miljöbalken.....	9
2.3 Riktlinjer – Länsstyrelsen Dalarna.....	9
2.4 Riktlinjer - Trafikverket	11
2.5 Kvantitativa riskmått.....	11
2.5.1 Individrisk	11
2.5.2 Samhällsrisk.....	11
2.5.3 Presentation av risken	12
2.6 Kriterier för riskvärdering.....	12
2.6.1 Det Norske Veritas (DNV).....	12
<i>3 Metod</i>	14
3.1 Programvara	15
<i>4 Beskrivning av planområde och omgivning</i>	16
4.1 Skyddsvärda objekt.....	17
4.2 Riskobjekt	17
4.2.1 Väg.....	18
4.2.2 Järnväg	18
<i>5 Riskinventering</i>	19
5.1 Olycka med farligt gods.....	19
5.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	20
5.1.2 Klass 2 – Gaser.....	21
5.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor	22
5.1.4 Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen	23
5.1.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.....	23
5.1.6 Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen	24
5.1.7 Klass 7 – Radioaktiva ämnen	24
5.1.8 Klass 8 – Frätande ämnen.....	25

5.1.9 Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål	26
5.2 Sammanfattning av aktuella olyckstyper	26
6 Riskanalys.....	27
6.1 Förutsättningar för beräkningar	27
6.1.1 Väderförhållanden	27
6.1.2 Personbelastning.....	27
6.1.3 Trafikmängd	29
6.1.4 Fördelning av farligt gods	31
6.1.5 Frekvens för olycka med farligt gods	33
6.2 Individrisk.....	33
6.2.1 Olycka med farligt gods	33
6.2.2 Sammanfattning av individriskavstånd.....	37
6.3 Samhällsrisk	37
6.3.1 Länsväg 603.....	38
6.3.2 Järnväg, Värmlandsbanan.....	38
7 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys.....	40
7.1 Känslighetsanalys.....	40
7.1.1 Antal transporter av farligt gods.....	40
7.1.2 Fördelning av farligt gods	41
7.1.3 Personbelastning.....	41
7.1.4 Konsekvenser till följd av olycksscenarierna	41
7.2 Osäkerhetsanalys	42
7.2.1 Antal transporter av farligt gods.....	42
7.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods.....	43
7.2.3 Olycksfrekvens	43
7.2.4 Personbelastning.....	44
7.2.5 Konsekvenser för olyckor	44
8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	45
8.1 Riskvärdering.....	45
8.2 Riskreducerande åtgärder.....	46
8.2.1 Rekommendationer	46
9 Slutsatser.....	48
Referenser	50

Bilagor:

Beräkningsbilaga till Riskutredning Farligt gods, Detaljplan för Visnums-skogen
1:294, Björneborg, Kristinehamns kommun

Sammanfattning

Inom Kristinehamns kommun pågår en detaljplaneprocess med syfte att planlägga ett större område för etablering av ytkrävande tung industri. Planläggningen inriktas mot en generell industrietablering med bred användbarhet för olika typer av industriella verksamheter, inklusive Sevesoverksamhet, och ska möjliggöra både industriverksamhet och tillhörande kontorsfunktioner.

Det aktuella planområdet är beläget i anslutning till länsväg 603, som utgör en sekundär rekommenderad transportled för farligt gods, samt intill Värmlandsbanan där transporter av farligt gods förekommer. Då avståndet mellan den planerade markanvändningen och såväl väg som järnväg understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd, föreligger behov av en särskild riskutredning avseende olyckor kopplade till transporter av farligt gods.

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på länsväg 603 och Värmlandsbanan.

Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera aktuella risker mot fastställda riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms tolerabla utreds och presenteras nödvändiga åtgärder.

Följande resultat på individ och samhällsrisk har erhållits:

Väg 603:

- Individrisken inom 19 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 19 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Samhällsrisk ligger uteslutande inom tolerabla risknivåer.

Värmlandsbanan:

- Individrisken inom 60 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 60 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till individrisknivån vid olika avstånd konstateras att olyckor med giftig gas och brandfarlig gas står för majoriteten av den totala individrisken.
- Samhällsrisk är inom det nedre ALARP-området för scenarier där mer än 10 och mindre än 100 personer förväntas omkomma. Samhällsrisk är

tolerabel för scenarier där fler än 100 personer förväntas omkomma samt för mindre än 10 personer förväntas omkomma.

- Samhällrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällrisken kan det konstateras att olyckor med giftig gas står för majoriteten av samhällrisken för undersökt område (94 procent).

Beräknade risknivåer inom väg 603 studerade område är generellt låga. Risknivåerna för järnvägens studerade område är högre men ligger i det nedre ALARP-området, detta trots att det genomgående gjorts konservativa antaganden.

Eftersom samhällrisken delvis ligger inom ALARP-området bör riskreducerande åtgärder övervägas med rimlig hänsyn till kostnad och proportionalitet. Från känslighetsanalysens slutsats om spridning av giftig gas bör riskreducerande åtgärder kopplade till dessa skadehändelser därför prioriteras, dessa bör övervägas men utgör inget krav.

- **Skyddsavstånd**

Inom 19 meter från väg 603 avstånd bör endast okänslig verksamhet eller funktioner som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse utomhus tillåtas, såsom trafikytor, parkeringar, odlingar eller liknande. Motsvarande avstånd för Värmlandsbanan är 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

Kontor eller annan verksamhet som innebär stadigvarande vistelse bör placeras med ett skyddsavstånd på minst 30 meter från väg 603. För Värmlandsbanan är motsvarande rekommenderade skyddsavstånd 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

- **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 samt möjliggör att stänga av intagande av luft.

1 Inledning

I Kristinehamns kommun pågår en detaljplaneprocess som syftar till att planlägga ett större område som syftar till att i första hand möjliggöra markanvändning för ytkrävande, storskalig industriverksamhet med tillhörande infrastruktur.

Planområdet är beläget i anslutning till länsväg 603, vilken utgör en sekundär rekommenderad transportled för farligt gods, samt intill Värmlandsbanan där transporter av farligt gods förekommer. Då avståndet mellan den planerade markanvändningen och både väg- och järnvägsinfrastrukturen är kortare än de skyddsavstånd som rekommenderas av Länsstyrelsen, krävs en särskild utredning av risker kopplade till transport av farligt gods.

1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på länsväg 603 och Värmlandsbanan.

Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera aktuella risker mot fastställda riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms tolerabla utreds och presenteras nödvändiga åtgärder.

1.2 Avgränsningar

Geografiskt omfattar riskutredningen planområdet för aktuell detaljplan. Vid beräkning av samhällsrisik beaktas även personbelastningen i området utanför aktuellt planområde. I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på en kvadratkilometer med planområdet placerat centralt inom området.

Riskutredningen är avgränsad till att enbart omfatta olyckshändelser med farligt gods på länsväg 603 samt Värmlandsbanan. Avgränsningen innebär att potentiella risker från andra riskkällor i närområdet, såsom omkringliggande verksamheter och industrier, inte beaktas i denna utredning.

Med olyckor avses oavsiktliga händelser där det saknas avsikt att åsamka skada. Händelseförlopp som innebär medvetna handlingar i syfte att skada människor eller anläggningar, så kallade antagonistiska händelser, omfattas inte av föreliggande utredning.

Beräkningar omfattar enbart sådana olyckor med farligt gods som medför direkt påverkan på människor som leder till dödsfall, det vill säga inte till skadefall. Detta beror på utformningen av kriterierna för värdering av risk, vilka har utgångspunkt specifikt i frekvensen för dödsfall. Det bör dock påpekas att det finns en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skadade, även om sambandet skiljer sig mellan olika olycksfall. Genom att utreda och värdera risken för dödsfall sker därför även en indirekt värdering av risken för skadefall. Avgränsningen innebär också att ingen hänsyn tas till exempelvis skador på miljön eller materiella skador inom området.

För att den planerade bebyggelsen ska vara långsiktigt hållbar ur ett riskperspektiv ska hänsyn tas till framtida förändringar i trafikflöden på länsväg 603 samt Värmlandsbanan i anslutning till planområdet. Riskbedömningen baseras därför på prognosticerad trafikering av transportlederna samt förväntad personbelastning för målåret 2050.

I denna rapport och tillhörande beräkningsbilaga används uttrycket "konservativ" i sammanhang såsom "konservativ bedömning" och "konservativt antagande". Uttrycket "konservativ" innebär att de bedömningar, antaganden och dylikt som avses medför att utredningen tar höjd för möjligheten att konsekvenser skulle kunna bli större, eller att frekvenser kan vara högre. Detta är ett sätt att hantera de osäkerheter som är förknippade med denna typ av riskutredning då många parametrar är okända.

2 Styrande lagstiftningar

Nedan presenteras den lagstiftning och de riktlinjer som motiverar behovet av att utreda risker inom ramen för fysisk planering. Vidare presenteras information om hur risker ska utredas och vilka kriterier för riskvärdering som gäller, samt grundläggande information om kvantitativa riskmått för att kriterierna ska kunna förstås.

2.1 Plan- och bygglagen

Enligt *Plan- och bygglagen (2010:900)* (PBL) ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors liv och hälsa samt risken för olyckor¹. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till bland annat skydd mot uppkomst och spridning av brand, trafikolyckor och andra olyckshändelser².

2.2 Miljöbalken

Miljöbalken (1998:808) (MB) ska tillämpas så att människors hälsa skyddas mot skador och olägenheter, oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan³. Verksamheter eller åtgärder som tar ett mark- eller vattenområde i anspråk ska placeras på en plats som är lämplig så att ändamålet kan uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa⁴. Vidare ska alla som avser att bedriva verksamhet eller vidta en åtgärd utföra de skyddsåtgärder, iakttä de begränsningar och vidta de försiktighetsmått som är nödvändiga för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa⁵.

2.3 Riktlinjer – Länsstyrelsen Dalarna

I Sverige saknas nationellt fastställda riktlinjer för riskhänsyn vid transporter av farligt gods i fysisk planering, och Länsstyrelsen i Värmlands län har inte heller utarbetat några egna länsspecifika riktlinjer inom området. I stället framgår det av Länsstyrelsens planeringsunderlag (DNR 401-2156-2022) att Länsstyrelsen Värmland tillämpar de riktlinjer som tagits fram av Länsstyrelsen Dalarna, *Farligt gods, riskhantering i fysisk planering* [1].

Riktlinjerna baseras på en zonindelning med fyra zoner som behöver uppnå olika skyddsavstånd, se Figur 2-1. Om skyddsavstånden följs krävs generellt inte några ytterligare skyddsåtgärder.

¹ PBL 2 kap. 5 §.

² PBL 2 kap. 6 §.

³ MB 1 kap. 1 §.

⁴ MB 2 kap. 6 §.

⁵ MB 2 kap. 3 §.

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 Dalarnas länsstyrelse. Markanvändning som normalt kan planeras utan särskild riskhantering. Avstånden gäller från väg- och rälskant [1].

De olika zonerna och dess skyddsavstånd beskrivs nedan.

- **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 gods-leden 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 väggkant.

- **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.

- **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.

- **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 tolerabel 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 2.6.

2.4 Riktlinjer - Trafikverket

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

2.5 Kvantitativa riskmått

En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med fastställda kriterier för vad som kan anses vara en tolerabel risk. De två riskmåttorna är individrisk och samhällsrisk. Bedömningen av individrisken syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker medan bedömningen av samhällsrisk syftar till att säkerställa att ett definierat område som helhet inte utsätts för oacceptabla risker. För mer ingående beskrivning av hur dessa riskmått kvantifieras hänvisas till riskutredningens beräkningsbilaga.

Båda riskmåttorna utgår från hur ofta olyckor förväntas inträffa (frekvens) och hur allvarlig olyckan är när det kommer till dödsfall (konsekvens). Frekvensen uttrycks ofta som antal gånger per år och eftersom de olyckor som analyseras förväntas inträffa väldigt sällan blir frekvensen liten. Ofta ligger frekvensen i spannet från 10^{-9} till 10^{-5} gånger per år (0,000000001 till 0,00001 gånger per år), vilket motsvarar att olyckan förväntas inträffa en gång på mellan 1 000 000 000 och 100 000 år. I tabeller och diagram skrivs frekvenser ofta istället ut som exempelvis $1E-9$, vilket motsvarar 10^{-9} .

2.5.1 Individrisk

Med individrisk avses risken för att en hypotetisk och oskyddad individ omkommer, givet att individen kontinuerligt befinner sig på en och samma plats (ofta utomhus) på ett visst avstånd från ett riskobjekt [3]. Individrisken tar inte hänsyn till hur många personer som faktiskt kan förväntas befinna sig i området runt riskobjektet och att det i verkligheten kan omkomma fler än en person vid en olycka. I stället fokuserar individrisken på just individen och hur ofta vi kan förvänta oss att en person omkommer på en specifik plats.

2.5.2 Samhällsrisk

Måttet för samhällsrisk tar till skillnad från individrisken även hänsyn till att flera personer kan omkomma vid samma olycka. Man väger sedan samman hur många

personer som förväntas omkomma vid en olycka (konsekvens) med hur ofta olyckan förväntas inträffa (frekvens). För att beräkna hur många som förväntas omkomma vid en olycka utgår man från hur många personer som förväntas befinna sig i området och man kan också ta hänsyn till hur personantalet i området varierar över dygnet eller över året.

2.5.3 Presentation av risken

När individrisk och samhällsrisk har beräknats kan dessa mått presenteras på olika sätt. Vilket sätt som är lämpligt beror på hur kriterierna för riskvärdering är uttryckta. Risken behöver presenteras så att den går att jämföra med acceptanskriterierna.

Individrisk uttrycks ofta geografiskt med hur individrisken varierar med avståndet till riskobjektet. Till exempel kan man presentera det med individriskkonturer på karta, där varje individriskkontur motsvarar en viss risknivå.

2.6 Kriterier för riskvärdering

När man ska bedöma om en risk är tolerabel eller inte så finns det fyra vägledande principer som kan användas som allmän utgångspunkt [3]:

- **Rimlighetsprincipen:** Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.
- **Proportionalitetsprincipen:** En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen:** Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer:** Om oönskade händelser inträffar bör de hellre inträffa ofta med mindre omfattning än sällan med katastrofal omfattning. Mindre olyckor kan enklare hanteras av befintliga resurser.

2.6.1 Det Norske Veritas (DNV)

Det Norske Veritas (DNV) har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram riktlinjer som kan användas för värdering av individrisk och samhällsrisk [3]. Dessa kriterier har blivit något av en praxis att använda vid riskutredningar med avseende på transport av farligt gods i Sverige, och liknar de kriterier som finns i flera andra europeiska länder. I Dalarnas riktlinjer anges dessutom specifikt att DNV:s kriterier ska användas vid redovisning av risknivåer.

Kriterierna innebär att individrisken och samhällsrisken värderas utifrån två olika nivåer: en övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora; och en undre nivå,

under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs. Området däremellan kallas ofta ALARP-området⁶. Vad dessa innebär förtydligas nedan:

- **Område för oacceptabel risk:** Risker inom detta område ska inte accepteras för nyetablering. För befintliga situationer föreslås däremot en mer flexibel tillämpning, som innebär att ett åtgärdsprogram bör utarbetas och praktiskt möjliga åtgärder för att reducera risken bör implementeras. Vid oacceptabel risk bör det inte tillåtas ombyggnader eller förändringar som ökar risken ytterligare.
- **ALARP-område:** Risker inom ALARP-området ska värderas som tolerabla om samtliga rimliga åtgärder vidtas. Vad som är rimliga åtgärder behöver värderas från fall till fall, men en utgångspunkt kan vara att göra en bedömning av respektive åtgärds kostnad i förhållande till den riskreducerande effekten. Om en risk ligger i den övre delen, nära området för oacceptabla risker, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder tolereras den endast om nyttan med verksamheten är mycket stor. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder för riskreduktion ska beaktas.
- **Område där risker kan anses små:** Risker inom detta område kan anses vara små och därmed värderas som tolerabla utan krav på omfattande riskreduktion. Fokus bör ligga på att säkerställa att den låga risknivån upprätthålls snarare än att reducera risken ytterligare. Dock bör möjligheter för ytterligare riskreduktion utredas, och åtgärder som inte innebär en omfattande kostnad bör implementeras.

För individrisk föreslås följande kriterier [3]:

- Övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora: 10^{-5} per år.
- Nedre nivå, under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs: 10^{-7} per år.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier [3]:

- Övre nivå, över vilken risker anses oacceptabelt stora: $F = 10^{-4}$ per år, för $N = 1$ med lutning på F/N-kurva = -1.
- Nedre nivå, under vilken risken anses vara så låg att inga åtgärder behövs: $F = 10^{-6}$ per år, för $N = 1$ med lutning på F/N-kurva = -1.

För transportleder föreslår DNV [3] att kriterierna för samhällsrisk tillämpas för en sträcka av 1 kilometer. Vidare anges att detta innebär att halva värdet kan tillämpas för en sträcka av 0,5 kilometer, och så vidare.

⁶ ALARP står för As low as reasonably practicable.

3 Metod

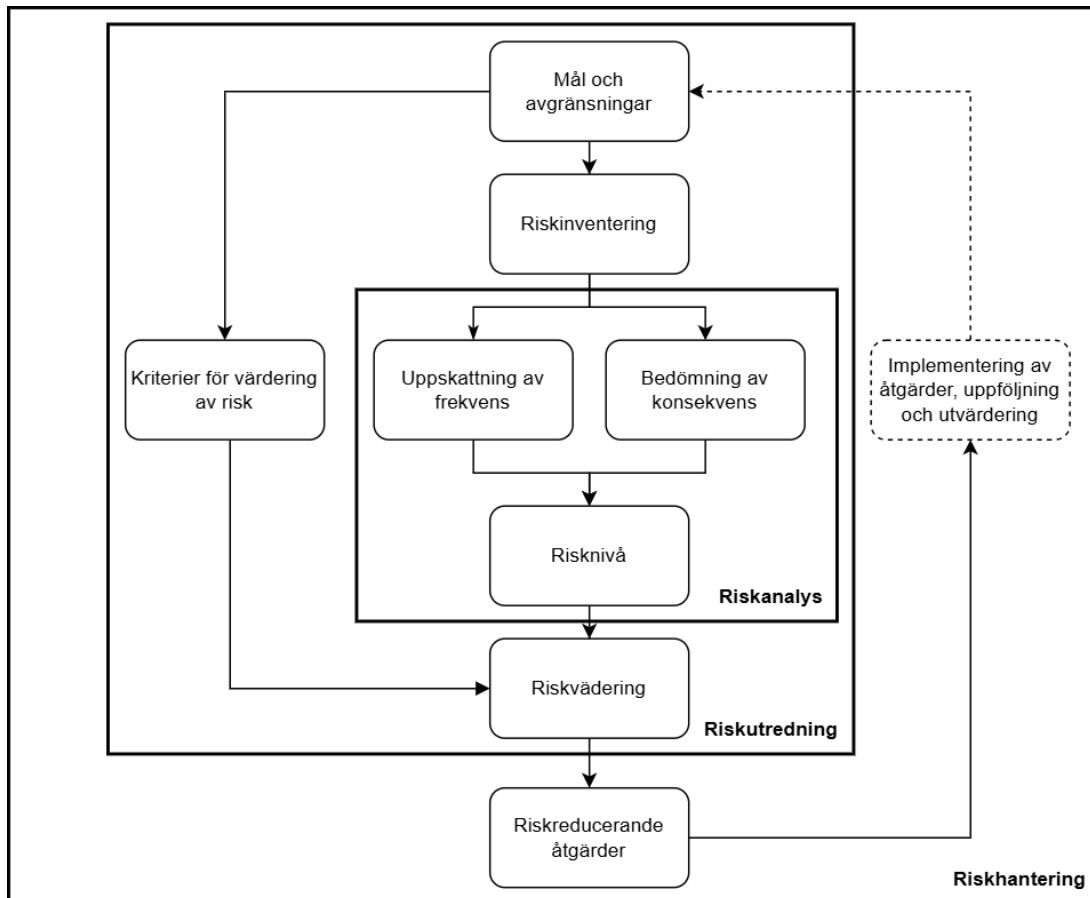
Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de mål och avgränsningar som gäller för den aktuella riskutredningen. Även kriterier för värdering av risk ska fastställas.

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

I riskanalysen analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen. I aktuell riskutredning kommer risken kopplat till farligt gods utföras kvantitativt och alla andra risker kommer att analyseras kvalitativt.

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 riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Riskhanteringsprocessen åskådliggörs i Figur 3-1.



Figur 3-1. Illustration som visar alla delar som ingår i riskhanteringsprocessen.

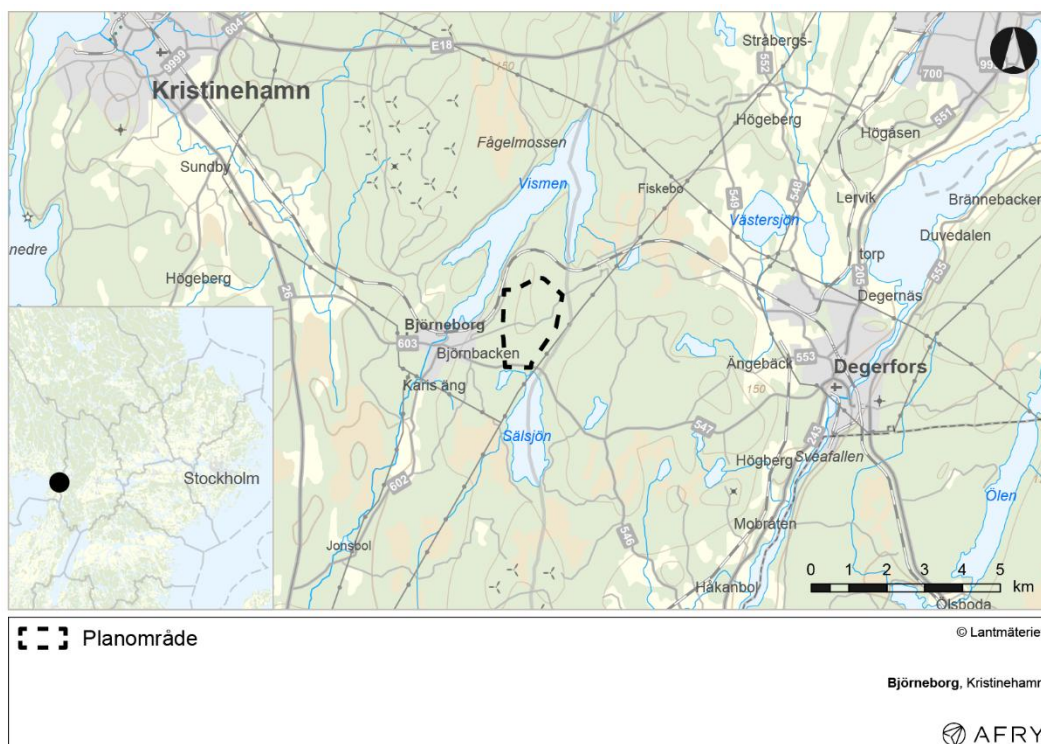
3.1 Programvara

Konsekvens- och frekvensberäkningar utförs med programvaran Riskcurves [4]. Programmet är framtaget av det oberoende forskningsinstitutet The Netherlands organisation for applied scientific research (TNO), och tillhandahålls av Gexcon. Beräkningarna i utredningen baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves. Dessa är Purple Book [5], Yellow Book [6] och Green book [7]. Där andra källor används i beräkningarna redovisas detta tydligt. Konsekvensmodelleringarna är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista.

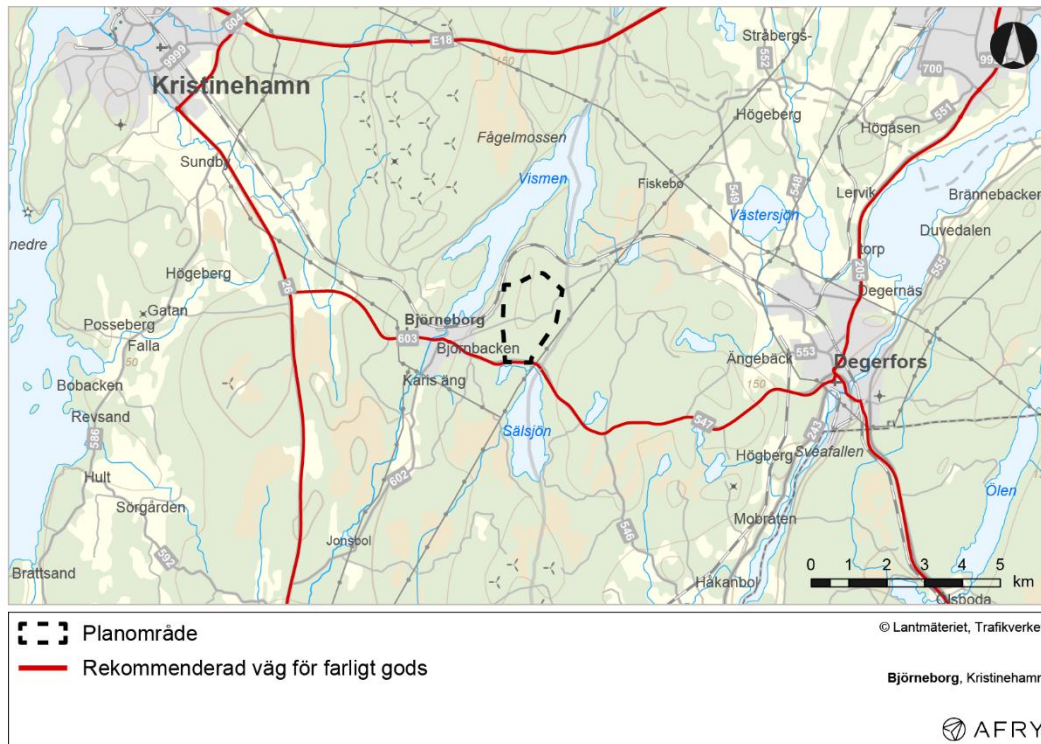
4 Beskrivning av planområde och omgivning

Planområdet för detaljplanen Visnums-skogen 1:294 är beläget i Björneborg (se Figur 4-1) cirka en mil sydost om Kristinehamns tätort, i anslutning till sjön Vismen och geografiskt avgränsat mellan länsväg 603 och Värmlandsbanan (se Figur 4-2).

Området består av produktionsskogsmark i kuperad terräng, men detaljplanering pågår för att möjliggöra markanvändning för ytkrävande, storskalig industriverksamhet med tillhörande infrastruktur. Totalt är planområdet 270 hektar.



Figur 4-1. Lokalisering av planområdet. Planområdet är markerat med svartstreckad linje. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.



Figur 4-2. Planområdet (svartstreckad linje) och rekommenderad väg för farligt gods (röda linjer). I kartan kan man även se Värmlandsbanan (svartvit linje) som avgränsar planområdet i norr och väster. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

4.1 Skyddsvärda objekt

I denna utredning utgörs skyddsvärda objekt av samtliga personer som vistas inom planområdet, både i och utanför byggnader. Dessa ska skyddas så att de inte utsätts för oacceptabla risker på grund av omkringliggande riskobjekt.

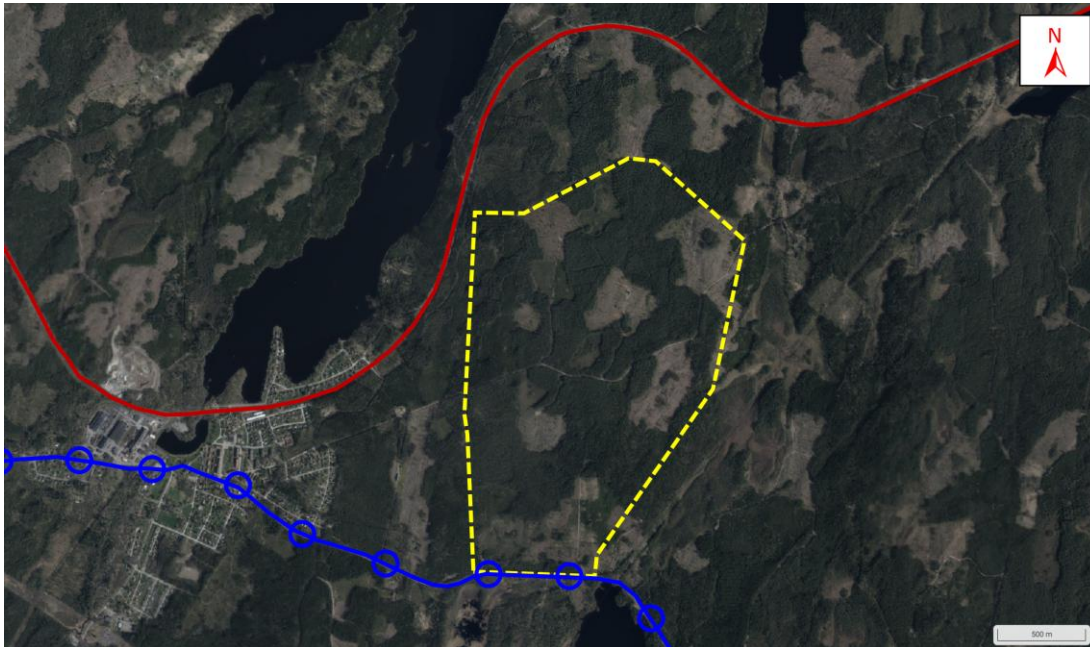
Detaljplanen bedöms medföra en betydande ökning av antalet personer som vistas inom området, till följd av planerad industriverksamhet med tillhörande kontorslokaler för stadigvarande vistelse. Då något slutligt planförslag ännu inte har fastställts saknas i nuläget kvantitativa uppgifter om den förväntade personbelastningen inom planområdet.

Den planerade markanvändningen bedöms dock vara mindre känslig ur risksynpunkt jämfört med exempelvis bostadsbebyggelse, där personer kan antas vistas i sovande tillstånd och därmed ha begränsad möjlighet att uppfatta och agera vid en risksituation. För det aktuella planområdet antas personer som vistas inom området i huvudsak vara vakna samt vara bekanta med och ha god orienteringsförmåga inom området, vilket innebär goda förutsättningar att uppmärksamma risker och vidta åtgärder för att påverka den egna säkerhet.

4.2 Riskobjekt

Intill planområdet är länsväg 603 samt Värmlandsbanan belägen. Området avgränsas i norr och väster av Värmlandsbanan där transporter av farligt gods

förekommer och i söder av länsväg 603 som utgör sekundär transportled för farligt gods, se Figur 4-3. Värmlandsbanan är belägen, som närmst, cirka 60 meter från planområdet. Planområdet ligger i direkt anslutning till länsväg 603, vilket innebär att det inte finns något direkt avstånd mellan planområdet och vägen.



Figur 4-3. Översiktskarta som redovisar fastighetsgränser, preliminärt planområde (gul streckad linje), länsväg 603 (blå linje med cirkelmarkeringar) samt Värmlandsbanan (röd helträddad linje). Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

4.2.1 Väg

Länsväg 603 är en avstickarväg som sticker av väg 26 österut, passerar Björneborg och söder om aktuellt planområde och vidare österut mot Degerfors. Planområdet ligger i direkt anslutning till länsväg 603, vilket innebär att det inte finns något direkt avstånd mellan planområdet och vägen. Längs med sträckningen söder om planområdet har vägen en hastighetsbegränsning på 80 km/h. Vägen utgör sekundär transportled för farligt gods.

4.2.2 Järnväg

Järnvägsstråket som löper längs med planområdets västra och norra sida är en del av Värmlandsbanan som löper mellan Laxå och Charlottenberg. På järnvägen går både person- och godstrafik. Avståndet mellan järnvägen och planområdets gräns är 60 meter.

5 Riskinventering

Nedan presenteras aktuella olyckstyper som kan komma att påverka planområdet.

5.1 Olycka med farligt gods

Gods som har potential att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka under transport går under begreppet farligt gods. Farligt gods som transporteras på väg/järnväg kategoriseras i ADR/RID-klasser, som beskriver godsets egenskaper och risker⁷:

- Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
 - Klass 1.1 – Ämnen och föremål som har en risk för massexplosion
 - Klass 1.2 – Ämnen och föremål som har en risk för splitter men inte en risk för massexplosion
 - Klass 1.3 – Ämnen och artiklar med risk för brand och antingen en mindre risk för explosion eller en mindre risk för splitter, eller båda, men inte en risk för massexplosion
 - Klass 1.4 – Ämnen och föremål som endast utgör en liten risk för explosion vid antändning eller initiering under transport
 - Klass 1.5 – Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion som är så okänsliga att det finns mycket liten sannolikhet för initiering eller övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden
 - Klass 1.6 - Extremt okänsliga föremål som inte har någon risk för massexplosion
- 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 smittsamma ämnen

⁷ I lagen (2006:263) om transport av farligt gods och tillhörande förordning regleras aspekter kopplat till förberedelse inför och utförande av transporter av farligt gods med syftet att förebygga, hindra och begränsa att transporter av farligt gods eller obehörigt förfarande med godset orsakar skador på liv, hälsa, miljö eller egendom. Dessa aspekter berörs inte i denna utredning.

- 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

Utifrån lastbilsstatistik från myndigheten Trafikanalys [8] för perioden mellan 2015 och 2024, kan konstateras att "Klass 3 – Brandfarliga vätskor" är den absolut vanligaste klassen som förekommer på svenska vägar och utgör ungefär hälften av alla transporter med farligt gods. Därefter följer "Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser" och "Klass 8 – Frätande ämnen". Övriga klasser är mindre vanligt förekommande.

Utifrån statistik över bantrafik från myndigheten Trafikanalys [9] för perioden mellan 2015 och 2024, kan konstateras att "Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider" och "Klass 2.1 – Brandfarliga gaser" är de vanligast förekommande klasserna på svenska järnvägar och utgör tillsammans ungefär hälften av alla transporter med farligt gods. Därefter följer "Klass 8 – Frätande ämnen" och "Klass 3 – Brandfarliga vätskor". Resterande klasser är mindre vanligt förekommande.

På transportled 603 förväntas transporter av farligt gods i samtliga klasser. Hur stor andel som respektive klass förväntas utgöra av det totala antalet godstransporter på den aktuella delen av vägen/järnvägen beskrivs i avsnitt 6.

Händelseförloppet vid en olycka med farligt gods beror på vilken klass av farligt gods som är inblandat i den aktuella olyckan. Följande delkapitel beskriver hur de olika klasserna av farligt gods kan komma att påverka det aktuella planområdet vid en olycka. Olycksscenarier som förväntas påverka planområdet beaktas i beräkningarna.

5.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål innehåller stora mängder energi som kan orsaka en explosion om energin släpps fri. Explosiva ämnen och föremål delas in i sex underklasser, och det är primärt "Underklass 1.1 – Ämnen och föremål med risk för massexlosion" som har ett konsekvensområde som är så pass utbrett att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner sig utanför olycksplatsens närområde.

Varor som tillhör Underklass 1.1 motsvarar varor där i princip hela lasten påverkas samtidigt vid en explosion. Risk för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor eller vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna på människor vid en explosion orsakas främst av explosionens tryckvågutredning, där påverkan kan vara både direkt eller indirekt. Indirekt påverkan handlar om att en explosion kan leda till att byggnader kollapsar, vilket i sin tur kan döda personer som befinner sig i byggnaderna. Eftersom konsekvensområdet vid en olycka med explosiva ämnen och föremål kan bli mycket stort inkluderas scenarier för sådana olyckor i riskanalysen.

5.1.2 Klass 2 – Gaser

Klass 2 delas in i tre underklasser: brandfarliga gaser, icke brandfarliga och icke giftiga gaser, och giftiga gaser.

5.1.2.1 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Brandfarliga gaser kan vid rumstemperatur bilda en antändbar gasblandning med luft. Exempel på brandfarlig gas är propan (gasol) som utgör en stor andel av transporterna med brandfarlig gas.

Vid en olycka där brandfarlig gas antänds kan konsekvenserna sträcka sig långt från olycksplatsen. Därför inkluderas denna typ av olyckor i riskanalysen. En olycka med brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- jetbrand
- gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion
- BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion).

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas, som strömmar ut genom ett hål i en tank, antänds och bildar en jetflamma. Flammans längd påverkas bland annat av hålets storlek och behållarens tryck [10]. En jetbrand kan orsaka skador på människor genom värmestrålning.

Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion

Om brännbar gas som läcker ur en tank inte antänds omedelbart kan det uppstå ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till en gasmolnsbrand och i vissa fall gasmolnsexplosion. Enbart gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som inte genererar någon tryckvåg. En gasmolnsbrand kan orsaka skador på människor genom värmestrålning.

Vid en gasmolnsexplosion har delar av eller hela gasmolnet förutsättningar för att förbränningshastigheten ska bli så hög att en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, vilket betyder att flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg jämfört med en 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. En gasmolnsexplosion kan orsaka skador på människor genom värmestrålning och övertryck från tryckvågen.

BLEVE

BLEVE kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas påverkas utifrån av en brand, exempelvis om ett läckage från en närliggande tank antänds. Värmestrålningen från branden gör att temperaturen i tanken höjs och den kondenserade gasen börjar förångas. Förångningen leder till en tryckökning i tanken som till slut rämnar. Innehållet i tanken övergår då helt i gasfas, expanderar och

antänds av den yttre branden. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter som avger en intensiv värmestrålning och tryckvåg som kan skada människor.

5.1.2.2 Klass 2.2 – Icke brandfarliga och icke giftiga gaser

Ämnen i Klass 2.2 är varken brandfarliga eller giftiga och utsläpp av dessa gaser påverkar inte människor som vistas i närheten. Det kan däremot inte uteslutas att människor påverkas av tryckutbredning eller splitterskador vid en så kallad BLEVE som involverar ämnen i klass 2.2. Risken för dödsfall i samband med tryckutbredning bedöms dock vara försumbar bortanför den omedelbara närheten till olycksplatsen [11]. Splitterskador förväntas enbart i mycket begränsad utsträckning medföra dödsfall. Sammanfattningsvis bedöms påverkan på riskbilden från ämnen i klass 2.2 vara försumbar. Ämnen i Klass 2.2 beaktas därmed inte i riskanalysen.

5.1.2.3 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Giftiga gaser kan ha en toxisk effekt på människor. Exempel på giftiga gaser är ammoniak, klor och svaveldioxid.

Vid en olycka med läckage av giftig gas kan ett moln av giftig gas spridas och orsaka allvarliga skador eller dödsfall bland människor hundratals meter från olycksplatsen. Olyckor med giftiga gaser inkluderas därför i riskanalysen. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka.

Två giftiga gaser som vanligtvis inkluderas i riskutredningar är ammoniak och klor. Både ammoniak och klor transporteras tryckkondenserade, vilket innebär att det vid läckage sker en kraftig förångning av gasen. Båda gaserna är mycket giftiga och kan vara livsfarliga vid inandning.

Ammoniak

När ammoniak förångas till gas och bildar ett gasmoln finns det kvar små droppar eller aerosoler av vätskeformig ammoniak i gasmolnet. Därför uppträder gasmolnet inledningsvis som en tung gas. I stället för att spridas uppåt, som gasmoln av lätta gaser vanligtvis gör, så sprids gasen inledningsvis i sidled längs marken. När luft blandas in efter hand och de sista dropparna av ammoniak också blir till gas så sjunker gasmolnets densitet och gasmolnet med ammoniak sprids även i höjdled. Beroende på hur mycket gas som läcker ut så kan riskområdet vara allt från några hundra meter upp till några kilometer.

Klor

Klor är en tung gas och sprids därför främst i sidled längs marken. När mer luft har blandats in i gasmolnet så kan den även spridas i höjdled. Eftersom klor är giftigare än ammoniak så kan riskområdet bli ännu större än för ammoniak och sträcka sig över en mil.

5.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor har en flampunkt på högst 100 °C. Exempel på brandfarliga vätskor är bensin, eldningsolja, alkoholer och många lösningsmedel.

En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett läckage som antänds. Beroende på den brandfarliga vätskans egenskaper kan antändningen ske antingen i form av direkt antändning vilket medför pölbrand, eller fördröjd antändning av förångad vätska vilket medför gasmolnsbrand och potentiellt gasmolnsexplosion. En pölbrand kan påverka människor direkt genom strålning eller genom giftiga brandgaser. Vid en gasmolnsexplosion kan människor utöver detta även påverkas av explosionsövertryck. Värmestrålningen som avges kan också orsaka en större brand i en byggnad där människor befinner sig. Värmestrålningen kan påverka människor inom ett avstånd i storleksordningen tiotals meter från olycksplatsen. Avståndet beror på typen och mängden vätska som läcker ut. Eftersom pölbränder kan orsaka konsekvenser utanför olycksplatsen inkluderas denna typ av olycka i riskanalysen.

5.1.4 Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen

Brandfarliga fasta ämnen är bland annat tändstickor och metallpulver, självantändande ämnen (till exempel kol och fiskmjöl), samt ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten.

Vid en olycka kan brandfarliga fasta ämnen antändas. Konsekvenserna orsakas av strålning och giftig rök från branden. Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. Detta innebär att konsekvenserna begränsas till olycksplatsens direkta närområde. Därför inkluderas inte olyckor med brandfarliga fasta ämnen i riskanalysen.

5.1.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Klass 5 delas in i två underklasser: oxiderande ämnen och organiska peroxider.

5.1.5.1 Klass 5.1 – Oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen är inte nödvändigtvis brännbara i sig själva men kan orsaka eller bidra till förbränning av andra ämnen. Exempel på oxiderande ämnen är väteperoxid, natriumklorat och ammoniumnitrat.

Vid en olycka med oxiderande ämnen som utsätts för en brand kommer brandens intensitet att öka, med risk för ett explosionsartat brandförlopp. Dessutom sönderfaller vissa oxiderande ämnen våldsamt vid upphettning, och om de kommer i kontakt med brännbara vätskor eller annat brännbart material så kan de avge mycket värme. Värmen som avges kan lätt orsaka antändning som ibland blir explosionsartad [12]. Konsekvenserna av denna typ av olyckor liknar konsekvenserna från pölbränder och explosioner; de kan orsaka allvarliga konsekvenser på avstånd som sträcker sig bortom olycksplatsen. Olyckor med oxiderande ämnen inkluderas därför i riskanalysen.

5.1.5.2 Klass 5.2 – Organiska peroxider

Organiska peroxider är instabila ämnen som kan reagera spontant och ge kraftig värmeutveckling. Exempel på organiska peroxider är bensoylperoxid och perättiksyra.

Vid en olycka med organiska peroxider kan ämnet reagera spontant och avge värme (exotermt sönderfall). Detta sönderfall kan orsakas av värme, kontakt med föroreningar, friktion eller stötar och kan inträffa vid en trafikolycka. Sönderfallshastigheten ökar med temperaturen och för flera ämnen kan sönderfallet börja redan under rumstemperatur. Det behöver alltså inte brinna för att sönderfallet ska börja. Sönderfallet kan ske explosionsartat och om ämnet börjar brinna kan branden bli mycket kraftig [13]. Konsekvenserna av denna typ av olyckor liknar konsekvenserna från pölbränder och explosioner; de kan orsaka allvarliga konsekvenser på avstånd som sträcker sig bortom olycksplatsen. Olyckor med oxiderande ämnen inkluderas därför i riskanalysen.

5.1.6 Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen

Klass 6 delas in i två underklasser: giftiga ämnen och smittsamma ämnen.

5.1.6.1 Klass 6.1 – Giftiga ämnen

Giftiga ämnen kan i små mängder och med kort exponering orsaka skador eller dödsfall bland människor vid inandning, absorption eller förtäring. Exempel på giftiga ämnen är arsenik, kloroform och cyanid.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med giftiga ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet. Därför inkluderas giftiga ämnen inte i riskanalysen.

5.1.6.2 Klass 6.2 – Smittsamma ämnen

Smittsamma ämnen innehåller mikroorganismer (patogener) som kan orsaka sjukdom, bestående skada eller dödsfall. Exempel på smittsamma ämnen är biologiska produkter, kulturer, medicinskt och kliniskt avfall.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med smittsamma ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet. Därför inkluderas smittsamma ämnen inte i riskanalysen.

5.1.7 Klass 7 – Radioaktiva ämnen

Radioaktiva ämnen innehåller atomer med instabil kärna som sönderfaller och avger radioaktiv strålning. Radioaktivt material innehåller radioaktiva ämnen och exempel på detta är densitetsmätare, produkter för utarmat uran och brandsläckningssystem [14].

Konsekvenserna av olyckor med radioaktiva ämnen är oftast väldigt begränsade till olycksplatsens närområde. Men om stora mängder transporteras kan konsekvenserna bli större. Det kan till exempel vara vid transport av kärnavfall. Transporter av radioaktiva ämnen omgärdas av stor säkerhet och flera försiktighetsåtgärder. Därför bedöms sannolikheten för en olycka med radioaktiva ämnen vara mycket låg. Olyckor med radioaktiva ämnen inkluderas därmed inte i riskanalysen.

5.1.8 Klass 8 – Frätande ämnen

Frätande ämnen orsakar bestående skador på huden. Exempel på frätande ämnen är formaldehyd, saltsyra, jod, metakrylsyra, salpetersyra och svavelsyra [15]. Frätande ämnen kan till exempel finnas i batterier.

Det krävs fysisk kontakt med ämnena för att bli skadad och vid en olycka med frätande ämnen begränsas därmed konsekvensområdet ofta till olycksplatsens absoluta närhet.

Efter kommunikation med verksamhet i Degerfors har det framkommit att fluorvätesyra levereras till deras anläggning. Ämnet är en vätska vid rumstemperatur men är mycket flyktig. Enligt uppgift transporteras ämnet i huvudsak på järnväg och primärt via Hallsberg, det vill säga inte från väster och då förbi aktuellt planområde. Det går däremot inte att helt utesluta att transportererna skulle dirigeras om förbi planområdet i samband med exempelvis olycka eller underhåll på den primära järnvägssträckan. På samma sätt går det heller inte att utesluta att transportererna av fluorvätesyra går via väg om det skulle vara problem på järnvägsnätet.

Utsläpp av ämnen inom klass 8 antas normalt endast ge lokal påverkan och inkluderas därför vanligtvis inte i denna typ av riskutredning. Detta beror dels på att ämnena har låg flyktighet, och dels på att ämnena lätt löser sig i luftens vattenånga, vilket avsevärt sänker konsekvensavståndet. Dock inkluderas vätefluorid i utredningen då de står för en icke försumbar mängd av det transporterade godset. Vätefluorid behandlas som giftig gas då det vid ett utsläpp bildar en pöl på marken som avdunstar med en hastighet som bland annat beror av temperatur, vind och storlek av pöl. Spridningen av ämnena kommer att påverkas av mängden vattenånga i luften vid den aktuella tidpunkten och av vindhastighet och riktning.

Fluorvätesyra är en stark syra och luktar därför skarpt och tydligt. I kroppen bildar fluorvätesyra olösliga salter med kalcium eller magnesium och kan då ha förödande effekt i och med att dessa salter är toxiska för hjärta, lever och njurar.

I denna ämneskategori kommer olycka med fluorvätesyra analyseras vidare. I övrigt bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori då konsekvenserna begränsas till närområdet precis intill olyckan/utsläppet. Det antas att fluorvätesyran transporteras på industrispåret och väg förbi studerat planområde.

På grund av att transport av ämnet förbi planområdet bedöms vara en sällan händelse hanteras olyckor med ämnesklass 8 i känslighetsanalys i avsnitt 7.1.

5.1.9 Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål

I klassen "Övriga farliga ämnen och föremål" finns ämnen och föremål som utgör fara men som inte omfattas av övriga klasser. Det kan exempelvis handla om miljöfarliga ämnen, fint damm som är farligt att andas in (till exempel asbest), livräddningsutrustning som innehåller farligt ämne eller är självupplåsende och litiumbatterier [16].

I samband med en olycka förväntas ingen spridning av de farliga ämnena och föremålen. Konsekvenserna begränsas till olycksplatsens närområde och beaktas därmed inte i denna typ av ämnen och föremål i riskanalysen.

5.2 Sammanfattning av aktuella olyckstyper

Utifrån riskinventeringen beaktas följande olyckstyper i riskanalysen:

- Olycka med farligt gods
 - Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål
 - Massexlosion
 - Klass 2.1 – Brandfarlig gas
 - Jetbrand
 - Gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion
 - BLEVE
 - Klass 2.3 – Giftig gas
 - Spridning av giftig gas
 - Klass 3 – Brandfarlig vätska
 - Pölbrand
 - Gasmolnsbrand och gasmolnsexlosion
 - Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider
 - Massexlosion
 - Pölbrand
 - Klass 8 – Frätande ämne*
 - Utsläpp av vätefluorid

*Utsläpp av klass 8 beaktas enbart i känslighetsanalysen.

I beräkningsbilagan redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående olyckstyper.

6 Riskanalys

Detta avsnitt presenterar resultatet från riskanalysen för år 2050. I efterföljande kapitel jämförs resultatet med kriterier för riskvärdering. För detaljer med avseende på beräkningsmetodik hänvisas till riskutredningens beräkningsbilaga.

6.1 Förutsättningar för beräkningar

Individ- och samhällsrisk beräknas med hjälp av datorprogrammet Riskcurves. För beräkningarna behövs olika indata, till exempel väderförhållanden, personbelastning, och frekvens för olika olycksscenarier. För att ta fram frekvensen för olika olycksscenarier behövs bland annat indata för trafikmängd och fördelning av farligt gods. I Riskcurves behövs även parametrar som beskriver omgivningen. För omgivningsparametrarna finns olika standardvärden i Riskcurves som används i denna riskutredning.

Detta avsnitt redovisar översiktligt viktiga indataparametrar och vilka antaganden som har gjorts. En mer detaljerad beskrivning av samtliga indata och antaganden finns i beräkningsbilagan. I beräkningsbilagan redovisas även hur frekvens- och konsekvensberäkningarna görs.

6.1.1 Väderförhållanden

Väderförhållanden i form av vindriktning, vindhastighet och stabilitetsklass påverkar hur långt och i vilken riktning ett gasmoln sprids och hur snabbt det späds ut. I beräkningarna representeras de förväntade väderscenerierna av tre kombinationer av vindhastighet och stabilitetsklass samt tolv vindriktningar. Dessa parametrar kombineras systematiskt och skapar ett antal vädersscenarier. Hur vanligt förekommande varje scenario är beräknas utifrån statistik för historisk vindhastighet, vindriktning och stabilitetsklasser. Statistiken är hämtad från mätstation Kilsbergen-Suttarboda A som är den aktiva väderstation som ligger närmast planområdet.

Prognoser av det framtida klimatet ger inga tydliga indikationer på hur vinden kommer att påverkas av klimatförändringarna och det kan inte påvisas att de senaste svåra stormarna i Sverige beror på den globala uppvärmningen [17]. Därmed bedöms historisk statistik avseende väderförhållanden vara representativa även för framtiden.

6.1.2 Personbelastning

För att beräkna samhällsriskerna behöver det uppskattas hur många människor som vistas inom det område där det finns risk att omkomma av en olycka med farligt gods på länsväg 603. Området behöver vara tillräckligt stort i förhållande till den potentiella utbredningen av konsekvenser för olyckorna som studeras. Om området är för litet så kommer risken att underskattas. Utifrån den praxis som har etablerats i denna typ av riskutredningar används ett kvadratisk område som är en

kvadratkilometer stort och det antal människor som förväntas befinna sig i detta område. Planområdet placeras med centrum på fasighetens nedersta gräns.

Personbelastningen uppskattas utifrån fastställda detaljplaner och planerad bebyggelse inom aktuellt planområde samt schablonvärden för olika typ av markanvändning. I beräkningsprogrammet Riskcurves placeras befolkningen ut i så kallade befolkningspolygoner, se Figur 6-1. Enbart områden där människor förväntas vistas stadigvarande⁸ inkluderas. För befolkningen inom varje befolkningspolygon ansätts värden för ett antal parametrar, för att beskriva hur ofta det förväntas att människorna vistas inom området. Dessa parametrar innefattar:

- antalet personer i området under dagtid respektive nattetid
- andel personer inomhus under dagtid respektive nattetid
- nyttjandegrad (hur många dagar per år ett visst område används).

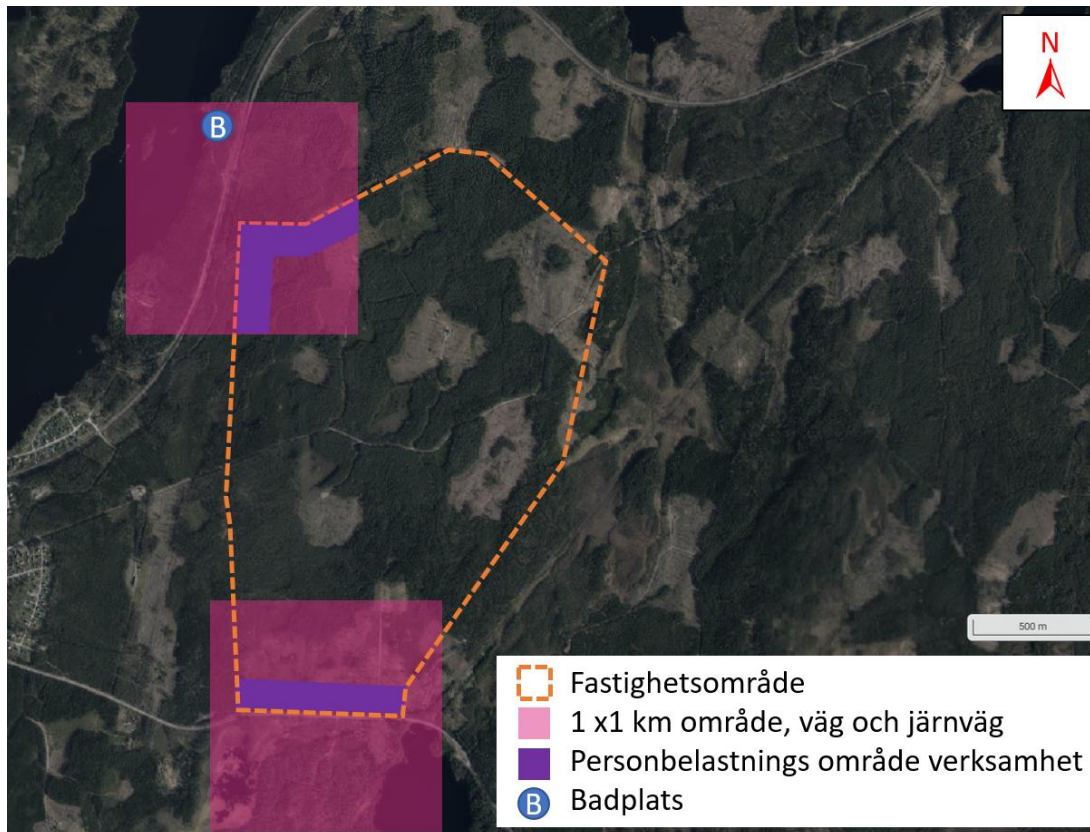
Personbelastningen redovisas för två alternativ. Det ena är utvecklingsalternativet, det vill säga förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget. Det andra är ett nollalternativ som är den förväntade personbelastningen om planförslaget inte genomförs. Att använda två alternativa personbelastningar gör det möjligt att synliggöra den eventuella ökning i samhällsrisik som planförslaget innebär. Dock finns det inget nollalternativ för vägen.

I Figur 6-1 visas utvecklingsalternativet med det antagande personbelastningen och Tabell 6-1 beskriver de olika befolkningspolygoner.

Tabell 6-1. Specifiering av användning enligt ny detaljplan.

Område	Förklaring utvecklingsalternativ	Kommentar om personbelastning
Orange	Fastighetsområdet	Det planerade fastigheters område
Rosa	Undersökt område	Kvadrat på 1 km x 1 km där data för personbelastning undersökts
Lila	Personbelastning från planerad verksamhet	På dagtid 300 personer; natt 100
B	Badplats	På dagtid 20 personer, natt 2, användning 92 dagar på året

⁸ I risksammanhang definieras "stadigvarande vistelse" ofta som en typ av markanvändning där människor uppmuntras till att befinna sig mer än bara en kort stund. Denna definition används också i denna rapport. Länsstyrelsen Skåne ger följande exempel på markanvändning som *inte* uppmuntrar till stadigvarande vistelse: parkering (P), trafik (T), odling (L), friluftsområde (t.ex. motionsspår) (N) och tekniska anläggningar (E) [11]. Stadigvarande vistelse ska alltså inte ses som ett motsatsbegrepp till markanvändningen "tillfällig vistelse" (O) som avser exempelvis tillfällig övernattnings och konferensanläggningar.



Figur 6-1. Indelning av område utifrån markanvändning för utvecklingsalternativet.

6.1.3 Trafikmängd

Trafikmängden påverkar hur ofta olyckor förväntas inträffa (frekvensen) och påverkar både individ- och samhällsrisk.

6.1.3.1 Väg

I beräkningarna används prognostiserade trafikuppgifter för år 2050 för den/de aktuella vägsträckan. För både nollalternativet och utvecklingsalternativet tillämpas samma trafikmängd, det vill säga den prognostiserade och uppräknade trafiken för år 2050.

De trafikmängder som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-2.

Trafikmängden avser transporter för båda riktningarna på vägen och uttrycks som årsdygnstrafik. Årsdygnstrafik är ett mått på det genomsnittliga trafikflödet per dygn, baserat på antalet fordon per dygn under ett helt år. Årsdygnstrafik för både total trafik och tung trafik används i beräkningarna. Uppgifterna hämtas från Trafikverkets vägtrafikflödeskarta [18] och för att beräkna den förväntade årsdygnstrafiken för år 2050 tillämpas Trafikverkets trafikutvecklingstal [19].

Myndigheten Trafikanalys presenterar statistik för ett antal olika parametrar som kan användas för att beräkna hur stor andel av alla godstransporter som utgörs av farligt gods, däribland totalt antal körda kilometer, antal transporter, transportarbete och transporterad godsmängd. Av dessa bedöms antal körda kilometer vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs

av farligt gods. Av alla inrikes godstransporter utgjorde farligt gods, mellan år 2015 och 2024, i snitt 2,5 procent av totalt antal körda kilometer tung trafik på väg. Eftersom antalet transporter av farligt gods kan variera i stor utsträckning mellan olika vägar behöver det tas höjd för att andelen farligt gods kan vara högre på den aktuella vägsträckan jämfört med det nationella snittet. I beräkningarna utgås det därför från att andelen farligt gods på den aktuella vägsträckan är 50 procent större än det nationella snittet för perioden mellan 2015 och 2024. Detta innebär att antalet farligt godstransporter antas utgöra 3,8 procent av antalet gods-transporter som passerar förbi området.

Tabell 6-2. Årsdygnstrafik för olika trafikslag samt verksamhetens tillkomst för väg 603 år 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik
Total trafik	2 913
Tung trafik	310
Farligt gods	13,7

6.1.3.2 Järnväg

Olycksfrekvensen beräknas utifrån prognostiserade trafikuppgifter för den aktuella delen av järnvägen för år 2050. För både nollalternativet och utvecklingsalternativet tillämpas samma trafikmängd, det vill säga den prognostiserade och uppräknade trafiken för år 2050.

De värden som används i beräkningarna presenteras i Tabell 6-3. Antalet tåg som trafikerar sträckan är baserat på en prognos från Trafikverket för år 2045 [20]. Trafiken räknas därefter upp till år 2050 med hjälp av trafikutvecklingstal satta av Trafikverket [21].

Myndigheten Trafikanalys presenterar statistik för transportarbete och transporterad godsmängd för dels all sorts gods, dels farligt gods. Statistiken kan användas för att beräkna hur stor andel av all godstrafik som utgörs av farligt gods. Av de två parametrarna bedöms transportarbete vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av farligt gods eftersom denna parameter även tar hänsyn till transportsträckan. Av allt transporterat gods på järnväg i Sverige mellan 2015 och 2024 utgjorde farligt gods i snitt 7,0 procent av totalt transportarbete. Eftersom antalet transporter av farligt gods kan variera mellan olika järnvägssträckor behöver det tas höjd för att andelen farligt gods kan vara högre på den aktuella järnvägssträckan jämfört med det nationella snittet. I beräkningarna utgås det därför från att andelen farligt gods på den aktuella järnvägssträckan är 20 procent större än det nationella snittet för perioden mellan 2015 och 2024. Detta innebär att antalet farligt gods-transporter antas utgöra 8,5 procent av antalet godsvagnar som passerar förbi området.

Att just antalet vagnar används i beräkningarna beror på att det vid en urspårning generellt enbart är några vagnar som spårar ur, och inte hela tåget. Siffror för antal farligt gods-vagnar per tåg bygger på dels Trafikverkets prognos som anger

genomsnittlig längd per godståg, dels ett uppskattat värde för längd på en genomsnittlig godsvagn.

Tabell 6-3. Trafikuppgifter för den aktuella delen av Värmlandsbanan som löper mellan Laxå och Charlottenberg år 2050.

Trafikuppgift	Värde
Totalt antal tåg per dygn	6412
Antal godståg per dygn	18
Antal godsvagnar per godståg	36
Antal farligt gods-vagnar per godståg	3

6.1.4 Fördelning av farligt gods

För att kunna beräkna individ- och samhällsrisken för olika typer av farligt gods-olyckor behövs frekvensen för olycka med respektive klass av farligt gods. Detta beräknas bland annat utifrån förväntad fördelning mellan ADR/RID-klasserna.

6.1.4.1 Väg

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg utgår det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys [8]. I statistiken anges hur stor andel som respektive klass utgör av totalt transportarbete, total godsmängd, totalt antal transporter och totalt antal körda kilometer av samtliga inrikes godstransporter. Av dessa parametrar bedöms antal körda kilometer vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av de olika klasserna. I Tabell 6-4 redovisas en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 6-4. Fördelning av farligt gods i olika ADR-klasser på väg. Fördelningen är baserad på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för antal körda kilometer med godstransporter år 2015–2024.

Klass	Fördelning [%]
1	0,67
2.1	7,14
2.2	22,98
2.3	0,10
3	43,47
4	2,26
5	3,55
6	4,41

Klass	Fördelning [%]
7	0,11
8	11,37
9	3,95
Totalt	100

6.1.4.2 Järnväg

I frekvensberäkningarna för urspårning på järnväg utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys [9]. I statistiken anges hur stor andel som respektive klass utgör av totalt transportarbete och totalt transporterad godsmängd. Av dessa parametrar bedöms transportarbete vara mest relevant för att uppskatta hur stor andel av förbikörande godstransporter som utgörs av de olika klasserna. I Tabell 6-5 redovisas en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 6-5. Fördelning av farligt gods i olika RID-klasser på järnväg. Fördelningen är baserad på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för transportarbetet för godståg år 2015–2024.

Klass	Fördelning [%]
1	0,00045
2.1	19,69
2.2	0,69
2.3	6,59
3	17,06
4	3,95
5	31,25
6	2,14
7	0,01
8	17,83
9	0,80
Totalt	100

6.1.5 Frekvens för olycka med farligt gods

Frekvensen för olycka med farligt gods på väg beräknas i enlighet med den så kallade VTI-metoden som presenteras i *Farligt gods – Riskbedömning vid transport* av före detta Räddningsverket [22]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden och tar hänsyn till bland annat hastighetsgräns och vägtyp.

Frekvensen för en trafikolycka på väg som involverar ett farligt gods-fordon är $3,1E-3$ vilket motsvarar en återkomsttid på 323 år.

Frekvensen för urspårning med farligt gods på järnväg beräknas i enlighet med metodiken i *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* av före detta Banverket [23]. Utifrån metodiken behövs indata för ett antal parametrar, däribland spårklass, antal växlar på sträckan och genomsnittlig tåglängd. Dessa parametrar påverkar frekvensen för olika olyckstyper som kan leda till urspårning. Utifrån andelen vagnar med farligt gods av totalt antal vagnar, samt ett antagande om hur många vagnar som spårar ur vid en olycka går det att beräkna sannolikheten för att någon av de vagnar som spårar ur vid en tågolycka innehåller farligt gods.

Frekvensen för en tågolycka som innebär urspårning av en vagn med farligt gods är $9,42E-4$ vilket motsvarar en återkomsttid på 1061 år.

Att det sker en olycka som involverar farligt gods betyder dock inte nödvändigtvis att det farliga godset sprids utanför tanken och medför allvarliga konsekvenser för omgivningen, exempelvis i form av pölbrand eller explosion. Frekvensen för sådana olycksscenarier beror dels på fördelningen av de olika farligt gods-klasserna i enlighet med avsnitt 6.1.4, dels på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Sannolikheter för sådana händelser, och frekvenser för varje specifikt olycksscenario, redovisas i beräkningsbilagan.

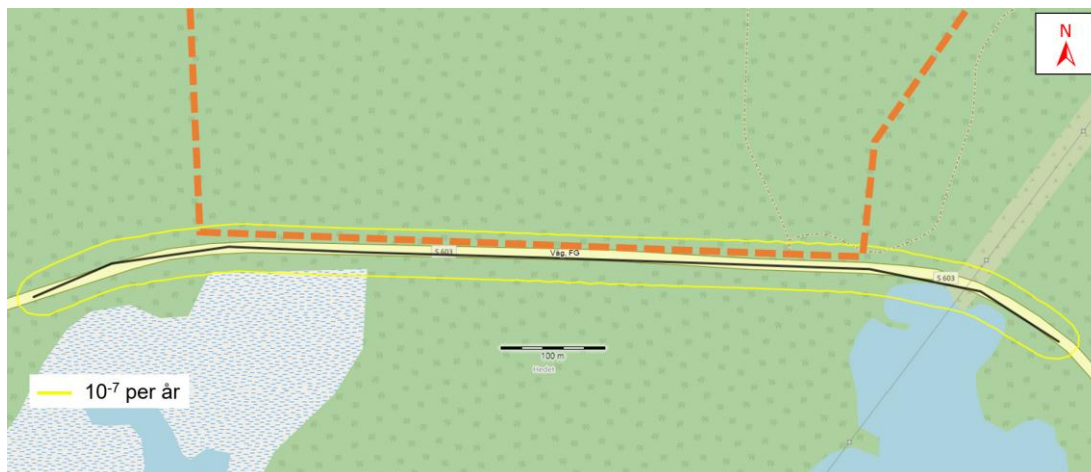
6.2 Individrisk

Nedan presenteras riskanalysens resultat med avseende på individrisk. Individrisken är oberoende av personbelastning och därför är individrisken samma för nollalternativet och utvecklingsalternativet.

6.2.1 Olycka med farligt gods

6.2.1.1 Länsväg 603

Figur 6-2 visar individrisken kopplat till aktuellt riskobjekt.

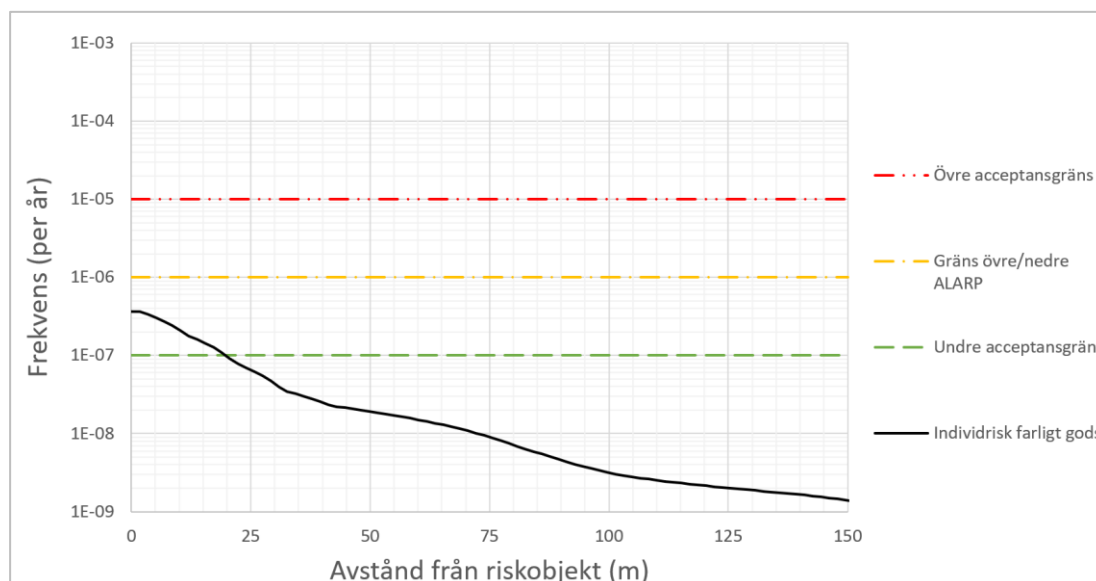


Figur 6-2. Individrisk från transport av farligt gods på den studerade vägsträckan, länsvägen 603. Gul konturkurva motsvarar individrisknivån 10^{-7} .

Individrisken vid olika avstånd från vägen påverkas bland annat av hur vanliga olika vindriktningar är. Därför kan risknivån vara olika på olika sidor om vägen trots att avståndet är detsamma. I Figur 6-3 presenteras individrisken för den sida av vägen som vetter mot planområdet.

Följande resultat för individrisken för olycka med farlig gods, med avseende på avstånd från länsvägen 603 till risknivåer, kan utläsas ur Figur 6-3:

- Oacceptabel individrisk förekommer inte på något avstånd från länsvägen 603.
- Individrisk inom övre ALARP-området förekommer inte på något avstånd från länsvägen 603.
- Risk inom nedre ALARP-området förekommer på avstånd kortare än 19 meter från länsvägen 603.
- Risken är tolerabel på avstånd längre än 19 meter från länsvägen 603.



Figur 6-3. Individrisk på olika avstånd från riskobjekt.

6.2.1.2 Järnväg, Värmlandsbana

Figur 6-4 visar individrisken kopplat till aktuellt riskobjekt.

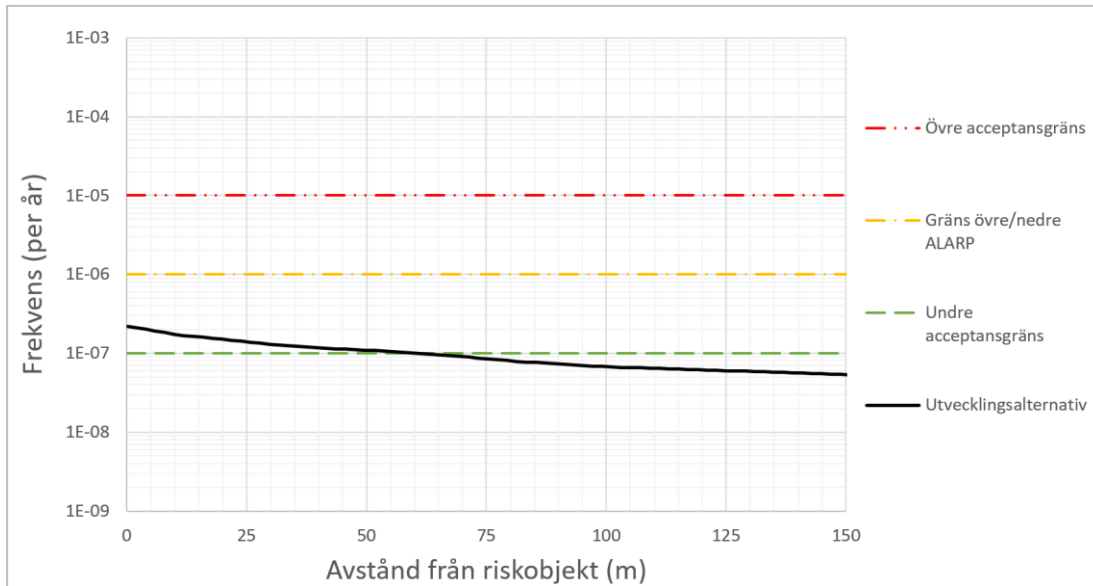


Figur 6-4. Individrisk från transport av farligt gods på den studerade sträckan. Gul konturkurva motsvarar individrisknivån 10^{-7} .

Individrisken vid olika avstånd från järnvägen påverkas bland annat av hur förekommande olika vindriktningar är. Därför kan risknivån vara olika på olika sidor om järnvägen trots att avståndet är detsamma. I Figur 6-3 presenteras individrisken för den sida av järnvägen som vetter mot planområdet.

Följande resultat för individrisken för olycka med farlig gods, med avseende på avstånd från Värmlandsbanan som löper mellan Laxå och Charlottenberg till risknivåer, kan utläsas ur Figur 6-3:

- Oacceptabel individrisk förekommer inte på något avstånd från järnvägen Värmlandsbanan.
- Individrisk inom övre ALARP-området förekommer inte på något avstånd från järnvägen Värmlandsbanan.
- Risk inom nedre ALARP-området förekommer på avstånd kortare än 60 meter från järnvägen Värmlandsbanan.
- Risken är tolerabel på avstånd längre än 60 meter från järnvägen Värmlandsbanan.



Figur 6-5. Individrisk på olika avstånd från riskobjekt.

För att få en förståelse för hur riskerna bör hanteras på olika avstånd från järnvägen studeras vilka klasser med farligt gods som bidrar mest till individrisken på olika avstånd. I Tabell 6-6 beskrivs vilka olycksscenarioer som främst bidrar till individrisken på olika avstånd från järnvägen. Avstånden omfattar tre avstånd: 30 meter (vilket motsvarar det kortaste avstånd där verksamheten planerar ha personbelastning inom detaljplanen), 90 meter (vilket motsvarar det avstånd på vilket markanvändningen centrum) samt 150 meter (vilket motsvarar det avstånd på vilket markanvändningen planeras ta slut). Det går att se att individrisken bedöms vara tolerabel efter ca 60 meters avstånd. Från Tabell 6-6 går det också att se att det huvudsakliga bidraget kommer från giftigt klogasspridning eller andra giftiga gaser.

Tabell 6-6. Bidrag till individrisken från olika klasser av farligt gods på utvalda avstånd från järnvägen. På samtliga avstånd bidrar explosiva ämnen obetydligt till individrisken och inkluderas därför inte i tabellen.

Avstånd från järnväg [m]	Individrisk	Bidrag till individrisken		
		Olycksscenario	Bidrag [%]	Värde
30	1,17E-7	Giftig ammoniak	34,7	4,057E-8
		Brandfarlig gas, ej BLEVE	32,8	3,84E-8
		Giftig klor	16,7	1,96E-8
90	7,30E-08	Giftig ammoniak	53,6	3,92E-08
		Giftig klor	30	2,19E-08
		Brandfarlig gas, ej BLEVE	6,64	4,84E-09
150	5,27E-8	Giftig ammoniak	50,4	2,66E-8
		Giftig klor	48,94	2,58E-8

6.2.2 Sammanfattning av individriskavstånd

Tabell 6-7 sammanfattar inom vilka avstånd från riskobjektet som individrisken är oacceptabel, inom ALARP respektive tolerabel/tolerabel för olika markanvändning.

Vilka riskreducerande åtgärder som behöver vidtas beror på avståndet mellan riskobjektet och den planerade markanvändningen och vilka risknivåer som uppnås. Riskreducerande åtgärder presenteras i avsnitt 8.

Tabell 6-7. Sammanfattning av avstånd till olika individrisknivåer.

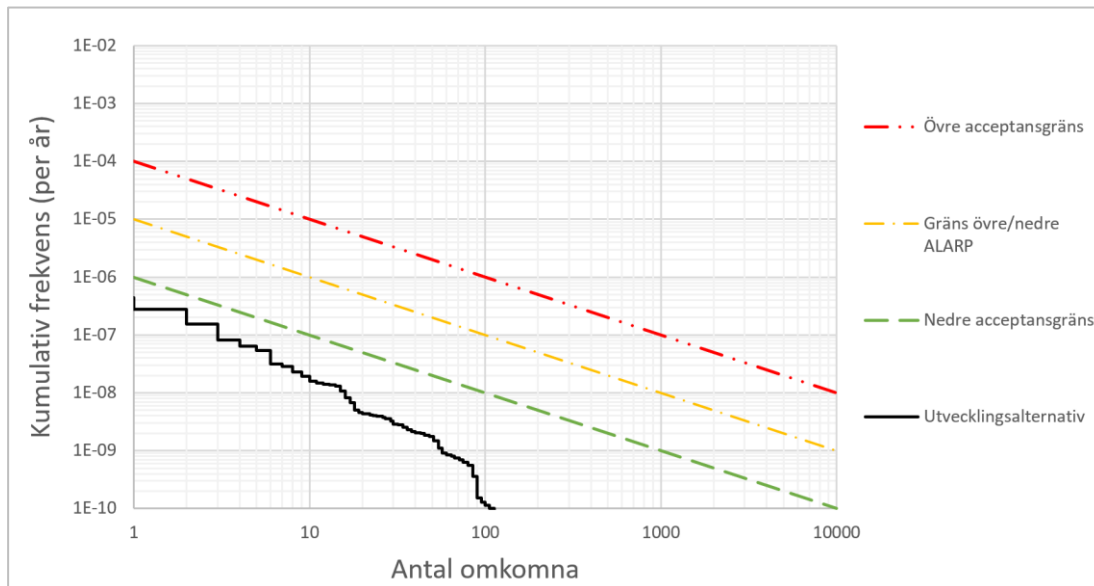
Riskobjekt	Oacceptabel risk [m]	Övre ALARP [m]	Nedre ALARP [m]	Tolerabel risk [m]
Väg	-	-	0-19	>19
Järnväg	-	-	0-60	>60

6.3 Samhällsrisk

Nedan presenteras riskanalysens resultat med avseende på samhällsrisk. Samhällsrisken inkluderar endast olycka med farligt gods och inte olycka med urspåret tåg. Detta då urspårning enbart orsakar konsekvenser i omedelbar anslutning till järnvägen och därmed inte bedöms ha någon betydande påverkan på resultatet för samhällsrisken.

6.3.1 Länsväg 603

Figur 6-6 visar samhällsrisk från olyckor på väg 603 i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet. Nollalternativet redovisas inte då personbelastning saknas i detta scenario, vilket innebär att ingen samhällsrisk kan beräknas eller att den kan betraktas som noll. Figuren visar att samhällsrisk är tolerabel för samtliga scenarier.

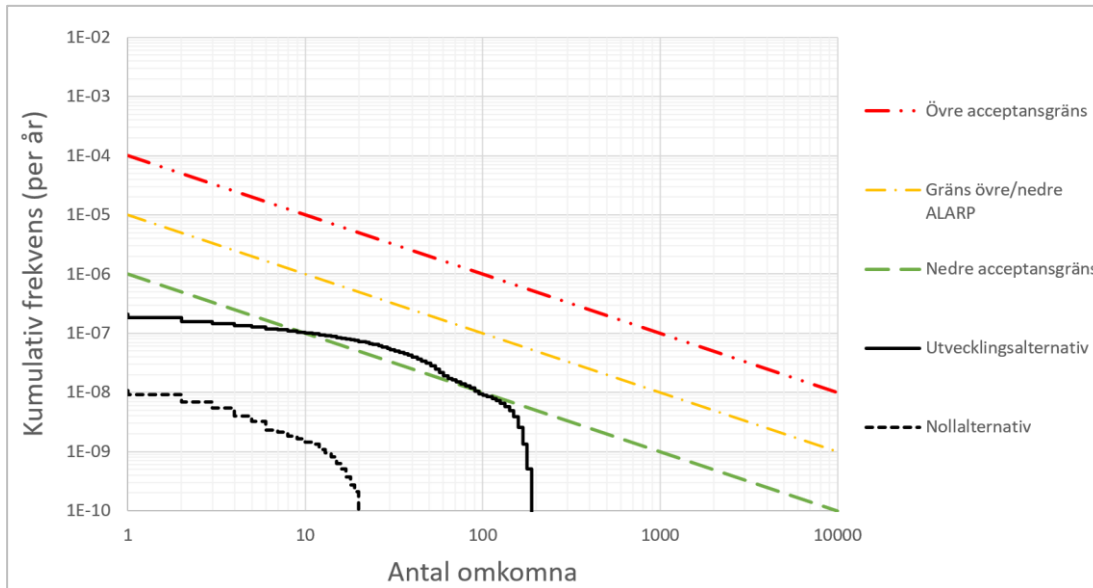


Figur 6-6. Samhällsrisk för olyckor med farligt gods.

6.3.2 Järnväg, Värmlandsbanan

Figur 6-6 visar samhällsrisk från olyckor på järnväg Värmlandsbanan i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet och nollalternativ. Följande resultat för samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 6-6.

- Oacceptabel samhällsrisk förekommer inte.
- Samhällsrisk inom övre ALARP-området förekommer inte.
- Samhällsrisk är inom det nedre ALARP-området för scenarier där mer än 10 och mindre än 100 personer förväntas omkomma.
- Samhällsrisk är tolerabel för scenarier där fler än 100 personer förväntas omkomma samt för mindre än 10 personer förväntas omkomma.



Figur 6-7. Samhällsrisk för olyckor med farligt gods.

Figur 6-6 visar att utvecklingsalternativet medför en ökning av samhällsrisken jämfört med nollalternativet eftersom utvecklingsalternativet medför en personbelastning på planområdet som var oexploaterat tidigare.

Samhällsrisken för utvecklingsalternativet ligger huvudsakligen under den nedre acceptansgränsen. Risknivån hamnar dock inom det nedre ALARP-området för olyckor med fler än 10 men färre än 100 omkomna. Eftersom samhällsrisken delvis ligger inom ALARP-området ska riskreducerande åtgärder övervägas. För risker inom ALARP-området ska åtgärder som effektivt kan reducera risken, med rimlig hänsyn till kostnad och proportionalitet, beaktas.

Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällsrisken kan det konstateras att olyckor med giftig gas står för majoriteten av samhällsrisken för undersökt område (94 procent), varför riskreducerande åtgärder mot dessa skadehändelser bör prioriteras.

7 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys

En riskanalys är alltid förknippad med osäkerheter eftersom det handlar om analyser av olyckor som skulle kunna inträffa i framtiden. Det är omöjligt att med säkerhet veta vad som kommer hända, hur ofta det kommer ske och vilka konsekvenserna kommer bli.

Generellt delas osäkerhet upp i två typer av osäkerhet: kunskapsosäkerhet och slumpmässig osäkerhet. Kunskapsosäkerhet handlar om att det saknas information om exempelvis antal transporter av farligt gods. Denna osäkerhet kan i teorin minska om ytterligare information samlas in. Slumpmässig osäkerhet går däremot inte att minska och beror på att vissa saker varierar naturligt, till exempel vindhastighet och åt vilket håll det blåser. Denna riskutredning innehåller betydande osäkerheter av båda sorter men framför allt kunskapsosäkerhet.

För att kunna säga något om dessa osäkerheter används två analyser: osäkerhets- och känslighetsanalys.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur mycket osäkerhet det finns i riskanalysens resultat. Med hjälp av en kvantitativ osäkerhetsanalys kan man till exempel presentera risken som ett intervall i stället för en enda siffra. I denna utredning görs dock en kvalitativ osäkerhetsanalys. I stället för att beräkna ett intervall diskuteras vilka val som har gjorts kring osäkra parametrar och hur konservativa antaganden används i beräkningarna för att ta höjd för osäkerheter i riskanalysen. Det innebär att resultatet hamnar i den del av intervallet som innebär högst risk. Känslighetsanalysen fokuserar på beräkningsmodellerna och hur stor skillnad det hade kunnat bli i riskanalysens resultat om annan indata eller andra beräkningsmodeller hade använts.

7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. I denna riskutrednings känslighetsanalys undersöks hur känsliga resultaten är för variation i fyra parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- fördelning av farligt gods
- personbelastning
- konsekvenser till följd av olycksscenarierna.

7.1.1 Antal transporter av farligt gods

7.1.2 Fördelning av farligt gods

Sambandet mellan fördelning av klasser av farligt gods och den totala risknivån kan vara svårt att förutse, eftersom de olika farligt gods-klasserna medför olika typer av konsekvenser med olika konsekvensavstånd. Generellt kan sägas att en ökning av andelen av en enskild klass av farligt gods innebär en ökning av individrisken på samtliga avstånd inom de konsekvensavstånd som relateras till den specifika klassen av farligt gods. Detta innebär att en ökning av andelen klasser som endast medför korta konsekvensavstånd, exempelvis brandfarlig vätska, också endast höjer individrisken på korta avstånd. Om fördelningen förändras så att andelen av en klass av farligt gods med konsekvenser för omgivningen görs på bekostnad av en annan sådan klass kan individrisken på olika avstånd antingen öka eller minska beroende på de olika klassernas möjliga konsekvenser.

Hur samhällsrisken påverkas av att fördelningen av farligt gods förändras är dessutom förknippat med hur befolkningen är fördelad inom området. Om en stor andel av befolkningen vistas på korta avstånd från transportleden kan det förväntas att en ökning av andelen brandfarlig vätska bidrar till en ökad samhällsrisk. Vistas inga människor på korta avstånd från transportleden kommer motsvarande ökning av andelen brandfarlig vätska inte medföra en högre samhällsrisk.

7.1.3 Personbelastning

Personbelastningen i planområdet påverkar samhällsrisken men inte individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i personbelastning och påverkan på samhällsrisknivån. En allmän ökning av personbelastningen ger en allmän ökning av samhällsrisken men det är svårt att ange exakt hur ökningen sker. Klart är dock att en ökning i personbelastning ökar potentialen för större skadeutfall och sannolikheten för att personer omkommer.

Samhällsrisken beror, utöver storleken på personbelastningen, även på var personerna befinner sig i förhållande till riskobjektet, och alltså var personerna placeras geografiskt i beräkningsmodellerna. Även här är det svårt att ange ett enkelt samband, men generellt gäller att ju fler människor som befinner sig nära ett riskobjekt, desto större blir samhällsrisken, både vad gäller potential för fler antal omkomna och frekvensen för olika scenarier där människor omkommer.

7.1.4 Konsekvenser till följd av olycksscenarierna

Individ- och samhällsrisken känslighet för variationer i konsekvenserna till följd av de analyserade olycksscenarierna bedöms som relativt stor. Till exempel leder ett större konsekvensområde för ett scenario till att människor inom ett större område kan omkomma. Detta innebär i sin tur ökade individrisknivåer på berörda avstånd och en ökad samhällsrisk.

Konsekvensavstånd och konsekvenser för scenarierna påverkas av flera parametrar såsom storleken på utsläppshålet och väderparametrar. Ju större hålstorlek, desto större konsekvensområde. Vid olika vindförhållanden (vindriktning och vindhastighet) kan konsekvenserna av ett gasutsläpp skilja sig mycket eftersom

gaserna sprids i vindens riktning och späds ut olika mycket beroende på vindhastigheten. Även parametern ytråhet som beskriver topografin i området kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd för spridning av gaser eftersom då den påverkar hur gasen späds ut. Parametrarna utomhustemperatur och luftfuktighet har mindre påverkan på konsekvensavståndet.

7.2 Osäkerhetsanalys

Osäkerheten analyseras med avseende på följande parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- andel farligt gods och fördelning av farligt gods
- olycksfrekvens
- personbelastning
- konsekvenser för olyckor.

7.2.1 Antal transporter av farligt gods

Antalet transporter av farligt gods som används i beräkningarna påverkas av antaganden och statistik. Antagandet om andelen farligt gods av den tunga trafiken beskrivs i nästa avsnitt. Trafikverkets statistik för årsdygnstrafik för tung trafik för den aktuella sträckan kommer från stickprovsmätningar för tung trafik gjorda under 2019. Eftersom det är stickprov finns osäkerheter kopplat till statistiken. Trafikverket bedömer att denna typ av skattningar har god kvalitet. Skattningar gjorda innan 2021 är dessutom generellt konservativa eftersom mätningarna felaktigt klassade vissa lätta men långa fordon som tunga. Sammantaget bedöms osäkerheterna kring antalet transporter uttryckt som årsdygnstrafik på den aktuella transportsträckan som låga.

Hur antalet transporter på den aktuella sträckan kommer förändras över tid är svårt att förutspå och innebär osäkerheter kring resultaten för utvecklingsscenarierna. I beräkningarna används trafikutvecklingstal för att ta hänsyn till en framtida ökning av trafiken. Trafikutvecklingstalen bygger på Trafikverkets prognoser och är anpassade efter var i landet som vägen är belägen och vilken typ av trafik som avses (lastbil eller personbil). Resultaten från riskanalysen gäller alltså utifrån denna prognosticerade utveckling. Däremot tar analysen inte höjd för större ökning än vad prognosen förutspår.

Antalet godsvagnar med farligt gods på sträckan som används i beräkningarna påverkas av antaganden och statistik. Antagandet om antalet farligt gods-vagnar som andel av det totala antalet godsvagnar beskrivs i nästa avsnitt. Statistik om godstågstrafiken baseras på Trafikverkets trafikprognos och trafikutvecklingstal. Prognosen som används är uppdaterad år 2024 och är baserad på dagens transportmönster och uppgifter om nutida och framtida infrastruktur, trafikering och kostnader [24]. Den baseras även på förväntad utveckling av bland annat befolkning, ekonomisk utveckling och bränslekostnader [24].

Hur antalet transporter på den aktuella sträckan kommer förändras över tid är svårt att förutspå och innebär osäkerheter kring resultaten för utvecklingsscenarierna. I beräkningarna används förväntad trafikering för år 2050 för att ta hänsyn till en framtida ökning av trafiken. Resultaten från riskanalysen gäller alltså utifrån denna prognosticerade utveckling. Däremot tar analysen inte höjd för större ökning än vad prognosen förutspår.

7.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods

Beräkningarna utgår från statistik på mängden tung trafik på väg och godståg på järnväg. Denna statistik kombineras med antaganden om hur stor andel av denna trafik som utgörs av transporter med farligt gods. Antagandena om andelen farligt gods och fördelning av farligt gods baseras på nationell statistik från myndigheten Trafikanalys för perioden mellan 2015 och 2024. Genom att använda ett genomsnitt baserat på flera års statistik minskar osäkerheterna jämfört med att bara använda statistik från ett enskilt år, där just det valda året skulle kunna ligga antingen under eller över genomsnittet. Det är värt att notera att historiska data inte alltid är representativa för framtida scenarier. Dock är det svårt att analysera och utreda hur andelen och fördelningen kommer se ut i framtiden och därför innebär antagandet en osäkerhet.

Att använda nationell statistik för att säga något om en enskild transportsträcka innebär också osäkerheter eftersom riksgenomsnittet kanske inte är representativt för just den sträckan. Till exempel kan risknivån underskattas om det på en viss sträcka transporteras en större andel farligt gods än det nationella genomsnittet. Den nationella statistiken bedöms dock utgöra det bästa tillgängliga underlaget. För att hantera osäkerheten i att använda av nationell statistik för en enskild sträcka utgår beräkningarna från en konservativ andel farligt gods. Detta innebär ett större antal transporter än riksgenomsnittet för varje klass av farligt gods. Därmed tar riskanalysen höjd för att andelen farligt gods på den aktuella transportsträckan kan vara högre än riksgenomsnittet.

7.2.3 Olycksfrekvens

Olycksfrekvensen är central för riskanalyser och baseras ofta på statistik från tidigare inträffade olyckor. Det finns dock osäkerheter kring hur representativ statistiken är för det område som riskanalysen fokuserar på. Jämfört med nationell statistik kan det exempelvis finnas lokala förhållanden som leder till lägre eller högre olycksfrekvens än riksgenomsnittet. En annan viktig fråga är om statistik baserad på redan inträffade händelser är representativ för framtida olyckor. Generellt finns dock anledning att anta att olycksfrekvensen kommer att minska till följd av utveckling av säkrare fordon och teknik. Riskutredningen tar inte hänsyn till en sådan eventuell minskning av frekvensen för olyckor. Om frekvensen skulle minska i framtiden betyder det därmed att riskutredningen överskattar snarare än underskattar risken.

7.2.4 Personbelastning

Personbelastningen inom aktuellt område som används i beräkningarna är baserad på flera antaganden. För vägen så har det enbart varit personbelastning från den planerad verksamheten. Medans för järnvägens område så har finns det en badplats där antogs personbelastningen generellt konservativt utifrån den personbelastning och nyttjandegrad som kan förväntas.

Utgångspunkten i beräkningarna är att samtliga personer befinner sig i markplan, när de i verkligheten kan förväntas vara utspridda på olika våningsplan. Detta kan tänkas medföra en överskattning av risken, eftersom människor som befinner sig högre upp generellt är mer skyddade från aktuella olycksscenarioer. Det bedöms därför inte att vidare utredning behövs med hänsyn till att risken skulle underskattas på grund av antagandet.

7.2.5 Konsekvenser för olyckor

Händelseförlopp och konsekvensavstånd för olyckor med de olika farligt godsclasserna beror på vilket ämne som är involverat i olyckan och kan skilja sig åt även mellan ämnen inom samma klass. För att hantera denna osäkerhet används representativa ämnen som är tillräckligt konservativt valda för respektive ämnesklass för att återspegla de ämnen som faktiskt transporteras.

Konsekvenserna påverkas också av exempelvis hålstorlek på utsläppet, något som är svårt att förutspå. Den möjliga variationen i hålstorlek hanteras genom att scenarier med olika hålstorlek analyseras. Vad gäller väderparametrar hanteras variationen genom att utgå från historiska väderdata från den närmaste väderstationen och att riskanalysens scenarier varierar med avseende på väder.

Konsekvenserna påverkas också av topografi, befintlig bebyggelse och andra omgivningsparametrar. Inom det studerade området består landskapet huvudsakligen av skogspartier is dagsläget. I verkligheten så fungerar träden som fysiska hinder vilket skärmar av vägen samt järnvägen får konsekvensspridningen. Detta inkluderas dock inte som fysiska hinder i beräkningarna, vilket gör att beräkningarna överskattar risken något. En sista parameter som har stor inverkan på konsekvensavståndet för gasmolnsexplosion är explosionsstyrkan. Även här används ett konservativt värde i beräkningarna som ger kraftigare explosioner än vad som kan förväntas vid majoriteten av gasmolnsexplosioner. Sammantaget blir konsekvensberäkningarna och därmed också risknivåerna konservativa.

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I detta avsnitt presenteras riskvärdering samt behov av riskreducerande åtgärder.

8.1 Riskvärdering

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

För väg 603 har följande resultat erhållits:

- Individrisken inom 19 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 19 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Samhällsriskerna ligger uteslutande inom tolerabla risknivåer.

För Värmlandsbanan har följande resultat tillhandahållits:

- Individrisken inom 60 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 60 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till individrisknivån vid olika avstånd konstateras att olyckor med giftig gas och brandfarlig gas står för majoriteten av den totala individrisken.
- Samhällsriskerna är inom det nedre ALARP-området för scenarier där mer än 10 och mindre än 100 personer förväntas omkomma. Samhällsriskerna är tolerabel för scenarier där fler än 100 personer förväntas omkomma samt för mindre än 10 personer förväntas omkomma.
- Samhällrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällsriskerna kan det konstateras att olyckor med giftig gas står för majoriteten av samhällsriskerna för undersökt område (94 procent).

Eftersom samhällsriskerna delvis ligger inom ALARP-området bör riskreducerande åtgärder övervägas. För risker inom ALARP-området ska åtgärder som effektivt kan sänka risknivån beaktas, med rimlig hänsyn till kostnad och proportionalitet. Känslighetsanalysen i avsnitt 7.1.2 visar att både individ- och samhällsrisknivån är särskilt känslig mot förändringar i fördelningen andelen av giftig gas bland transporterna av farligt gods. Riskreducerade åtgärder kopplade till dessa skadehändelser bör därför prioriteras.

8.2 Riskreducerande åtgärder

Aktuell riskutredning syftar främst till att utreda vilket tillskott i risknivåer för olyckor med farligt gods som planerad verksamhet kan innebära för människor i transportledens närområde. Riskutredningen visar att risknivåerna är generellt sett låga, trots att det genomgående i beräkningarna har gjorts konservativa antaganden.

En risk inom ALARP-området kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna. I den undre delen av ALARP-området är kraven på riskreduktion inte lika hårda som i den övre delen av ALARP-området.

Att samhällsriskerna delvis ligger inom risknivån för det undre ALARP-området innebär att några av de riskreducerande åtgärderna behöver övervägas även för områden där individrisken ligger på en tolerabel risknivå.

Nedan presenteras dels aspekter kopplat till de riskreducerande åtgärder som utifrån risknivåerna inte kan krävas men som rekommenderas utifrån möjliga olycksscenarier.

- Rekommendationer som bör regleras med planbestämmelser:
 - Skyddsavstånd
 - Ventilation

8.2.1 Rekommendationer

8.2.1.1 Skyddsavstånd

Avståndet från väg 603 till den frekvensgräns där individrisken bedöms som tolerabel är cirka 19 meter. Inom detta avstånd bör endast okänslig verksamhet eller funktioner som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse utomhus tillåtas, såsom trafikytor, parkeringar, odlingar eller liknande.

Motsvarande avstånd för Värmlandsbanan är 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

Kontor eller annan verksamhet som innebär stadigvarande vistelse bör placeras med ett skyddsavstånd på minst 30 meter från väg 603.

För Värmlandsbanan är motsvarande rekommenderade skyddsavstånd 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

8.2.1.2 Ventilation

Olyckor med giftiga gaser kan medföra långa konsekvensavstånd, och kan beröra en stor del av planområdet. Ventilationssystem bör därför planeras så att det vid

spridning av gas kan förhindras att gasen tränger in i byggnader via ventilationssystem och exponerar människor som vistas där. Detta kan göras genom att dels placera luftintag på tak eller så högt upp som möjligt på fasaden, dels göra det möjligt att stänga av intaget. Ett förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna. Strategisk utformning av ventilationssystem bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd vid nybyggnation och bör därför beaktas.

9 Slutsatser

För väg 603 har följande resultat erhållits:

- Individrisken inom 19 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 19 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Samhällsrisken ligger uteslutande inom tolerabla risknivåer.

För Värmlandsbanan har följande resultat tillhandahållits:

- Individrisken inom 60 meter från vägen ligger inom det nedre ALARP-området. På avstånd större än 60 meter är individrisken tolerabel. Individrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till individrisknivån vid olika avstånd konstateras att olyckor med giftig gas och brandfarlig gas står för majoriteten av den totala individrisken.
- Samhällsrisken är inom det nedre ALARP-området för scenarier där mer än 10 och mindre än 100 personer förväntas omkomma. Samhällsrisken är tolerabel för scenarier där fler än 100 personer förväntas omkomma samt för mindre än 10 personer förväntas omkomma.
- Samhällrisknivåer motsvarande det övre ALARP-område eller oacceptabel risk förekommer inte.
- Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällsrisken kan det konstateras att olyckor med giftig gas står för majoriteten av samhällsrisken för undersökt område (94 procent).

Eftersom samhällsrisken delvis ligger inom ALARP-området bör riskreducerande åtgärder övervägas. För risker inom ALARP-området ska åtgärder som effektivt kan sänka risknivån beaktas, med rimlig hänsyn till kostnad och proportionalitet. Känslighetsanalysen i visar att både individ- och samhällsrisknivån är särskilt känslig mot förändringar i fördelningen andelen av giftig gas bland transporterna av farligt gods. Riskreducerade åtgärder kopplade till dessa skadehändelser bör därför prioriteras.

Riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt övervägas även om risken är tolerabel. Följande ytterligare riskreducerande åtgärder bör övervägas men utgör inte ett krav för föreslagen etablering:

Skyddsavstånden bör tas hänsyn till vid utformningen av detaljplanen för att säkerställa att de upprätthålls i framtiden. Kravet gäller nybyggnation, vilket innebär att befintlig bebyggelse som är belägen inom dessa skyddsavstånd inte omfattas av kravet.

- **Skyddsavstånd**

Inom 19 meter från väg 603 avstånd bör endast okänslig verksamhet eller funktioner som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse utomhus tillåtas, såsom trafikytor, parkeringar, odlingar eller liknande.

Motsvarande avstånd för Värmlandsbanan är 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

Kontor eller annan verksamhet som innebär stadigvarande vistelse bör placeras med ett skyddsavstånd på minst 30 meter från väg 603. För Värmlandsbanan är motsvarande rekommenderade skyddsavstånd 60 meter, men eftersom detta är avståndet till planområdesgränsen i dagsläget är detta uppfyllt.

- **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 samt möjliggör att stänga av intagande av luft.

Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Dalarna, Farligt gods - Vägledning för planläggning intill transportleder för farligt gods, Falun: Länsstyrelsen i Dalarna, 2012.
- [2] Trafikverket, "Säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg," 14 09 2020. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/>. [Använd 21 09 2021].
- [3] Det Norske Veritas (DNV) , "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [4] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.4.
- [5] 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/>.
- [6] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [7] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book"," 1992.
- [8] Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2015-2024*, 2025.
- [9] Trafikanalys, *Bantrafik 2024*, 2025.
- [10] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [11] ConsenCUS, "Safety in CO2 logistics," 2024.
- [12] MSB, "RIB: Oxiderande vätska, frätande, n.o.s.," [Online]. Available: <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=2207>.
- [13] MSB, "RIB: Organisk peroxid typ D, fast," [Online].
- [14] DSV, "Klass 7 Radioaktivt material," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/-klass-7-radioaktiva-amnen>.

- [15] DSV, "Klass 8 Frätande ämnen," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportsatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-8-fratande-amnen>.
- [16] DSV, "Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportsatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-9-ovriga-amnen-och-artiklar>.
- [17] Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, "Stormskador i framtiden," 26 04 2024. [Online]. Available: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimat effekter/stormskador-i-framtiden-1.7080>. [Använd 12 07 2024].
- [18] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [19] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.
- [20] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2025.
- [21] Trafikverket, "Utvecklingstal för gods på järnväg och för kollektivtrafik (TRV 2021/7267)," 2025.
- [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, "Trafik- och transportprognoser," 28 april 2023. [Online]. Available: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>.
- [25] EU, "Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/18/EU av den 4 juli 2012 om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen," Europeiska unionens officiella tidning, 2012.
- [26] MSB, "Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017.
- [27] Lantmäteriet, *Min karta*, 2024.
- [28] Google, *Maps - streetview*.
- [29] MSB, "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.

Datum: 2026-04-30
Projekt ID: F0260527
Kund: Kristinehamns kommun

Beräkningsbilaga till Riskutredning Farligt gods

Detaljplan för Visnums-skogen 1:294, Björneborg, Kristinehamns kommun

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	3
2 Styrande lagstiftningar.....	4
3 Personbelastning.....	5
3.1 Sammanfattning av personbelastning	6
4 Väderdata.....	7
4.1 Vindhastighet	7
4.1.1 Stabilitetsklass.....	8
4.2 Vindriktning	9
5 Olycka med farligt gods	10
5.1 Trafikmängd.....	10
5.1.1 Väg.....	10
5.1.2 Järnväg	12
5.2 Fördelning av farligt gods	13
5.2.1 Väg.....	13
5.2.2 Järnväg	14
5.3 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods	15
5.3.1 Väg.....	16
5.3.2 Järnväg	18
5.3.3 Olycksscenarier.....	21
Summering av frekvensberäkningar	34
5.4 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods	37
5.4.1 Generella omgivningsparametrar.....	37
5.4.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	38
5.4.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser.....	40
5.4.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser	44
5.4.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor	46
5.4.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	49
5.4.7 Klass 8 – Frätande ämnen.....	50
Referenser	51

1 Inledning

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

- Riskutredning Farligt gods – Detaljplan för Visnum-skogen 1:294, Björneborg. Kristinehamns kommun, daterad 2026-04-30.

Beräkningsbilagan omfattar följande områden:

- kvantitativa riskmått
- personbelastning
- väderdata
- olycka med farligt gods
 - trafikmängd
 - fördelning av farligt gods
 - frekvensberäkningar
 - konsekvensberäkningar

2 Styrande lagstiftningar

Individrisk och samhällsrisk beskrivs i huvudrapporten. En beskrivning av hur dessa riskmått beräknas beskrivs nedan.

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

Samhällsrisk 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.

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.

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

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.

3 Personbelastning

Personbelastningen används för att beräkna samhällsrisk. I huvudrapporten delas det kvadratiska området på en kvadratkilometer in i flera mindre områden där en viss personbelastning antas. Nedan beskrivs antaganden för följande parametrar för samtliga områden:

- antalet personer i området för såväl dagtid som nattetid
- andel personer inomhus för såväl dagtid som nattetid
- nyttjandegrad, dvs. hur många dagar per år ett visst område används.

I beräkningarna utgår det från att dagtid förekommer mellan 8:00 och 18:30 medan nattetid avser tiden mellan 18:30 och 8:00. Detta innebär att dagtid gäller 44 procent av tiden. Förutom personbelastningen skiljer sig även aktuella vindförhållanden mellan dagtid och nattetid, se avsnitt 3.1.

Nollalternativet bedöms inte innebära någon personbelastning, eftersom område kring detaljplaneområdet och länsväg 603 i dagsläget består av oexploaterad skogsmark.

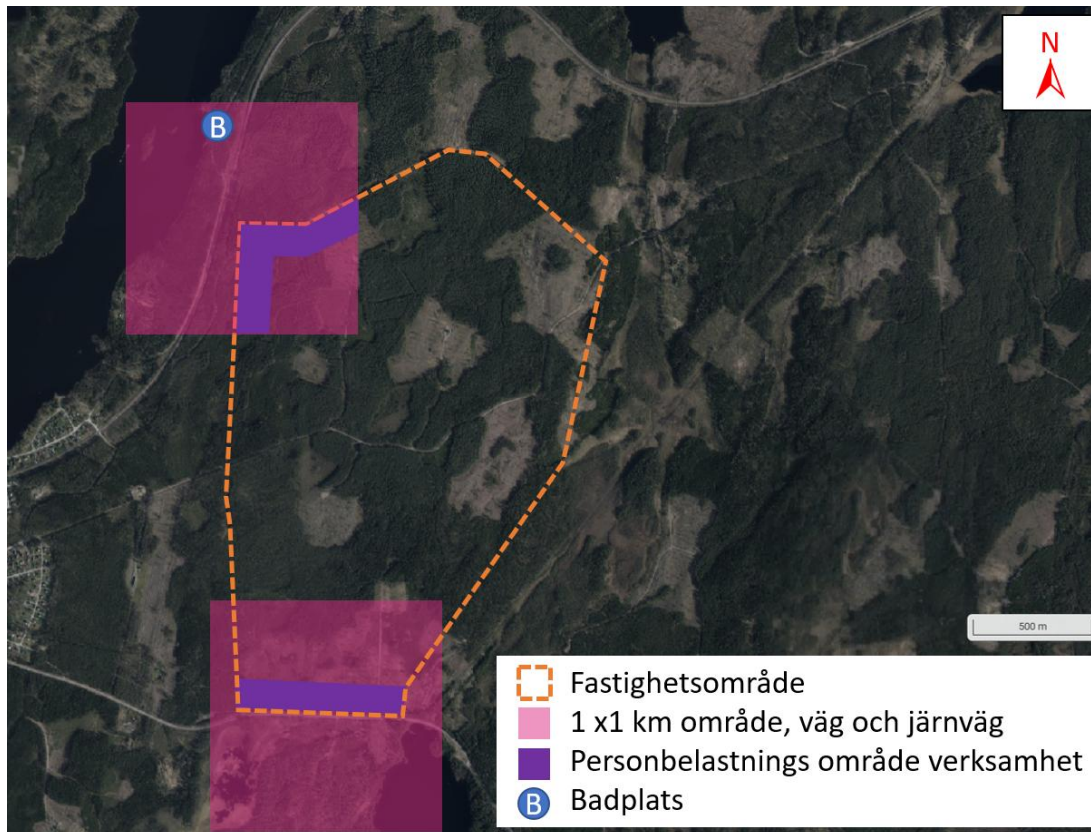
I utvecklingsalternativet antas en industri etableras inom detaljplaneområdet, vilket medför att anställda kommer att utgöra personbelastning i området. I zonen närmst vägen – upp till 30 meter in på detaljplaneområdet – förväntas inga byggnader som möjliggör stadigvarande vistelse. I detta område antas istället vara plats för funktioner som exempelvis parkering.

Mellan 30 och 150 meter från vägen, inom detaljplaneområdet, antas samtliga personer i området uppehålla sig, vilket motsvarar totalt 300 anställda.

För järnvägen antas 300 anställda kunna befinna sig i den del av spårområdet som ligger närmast planområdet, även detta inom 30-150 meter in på området.

Nordväst om detaljplaneområdet finns en badplats som inkluderas i personbelastningen. Antalet personer som vistas vid badplatsen antas uppgå till 20 dagtid och 5 nattetid. Badplatsen nyttjas 92 dagar per år.

Personbelastning som används för beräkningarna illustreras i Figur 3-1.



Figur 3-1. Indelning av område utifrån markanvändning för utvecklingsalternativet.

3.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen för nollalternativet och utvecklingsalternativet redovisas i Tabell 3-1 respektive Tabell 3-2.

Tabell 3-1. Sammanfattning av personbelastning för nollalternativet för järnväg.

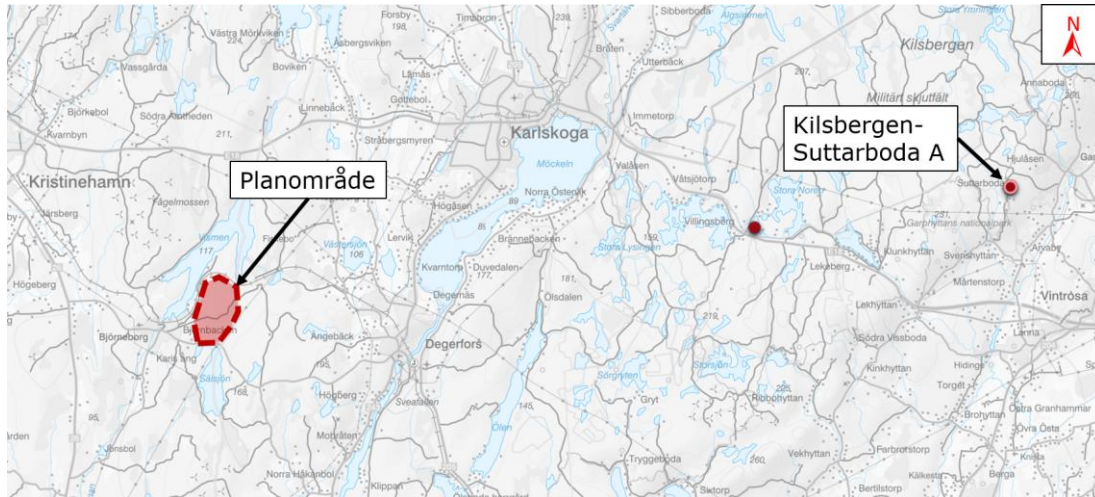
Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
Badplats	20	5	0	0	92

Tabell 3-2. Sammanfattning av personbelastning för utvecklingsalternativet både väg och järnväg.

Område	Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år
	Dag	Natt	Dag	Natt	
Anställda	300	100	0,4	0,4	365

4 Väderdata

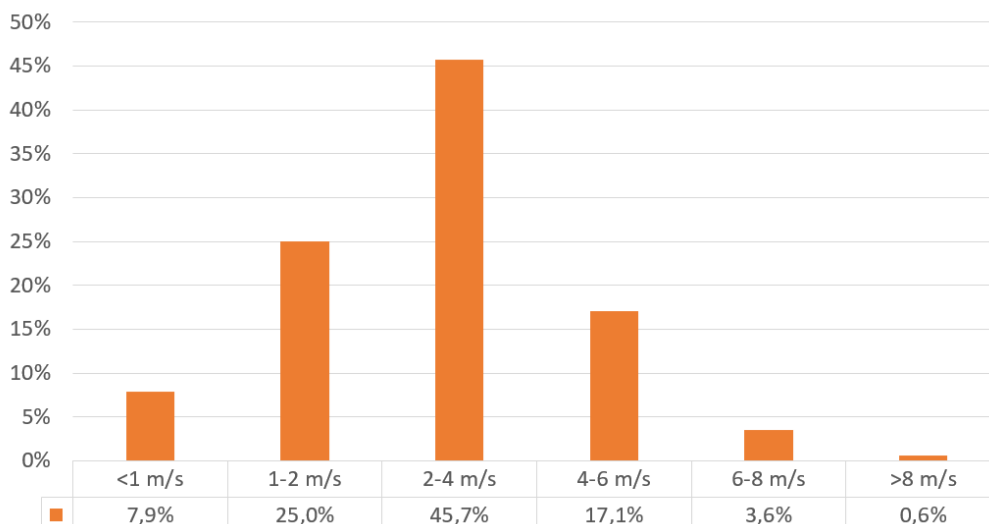
Den närmaste mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Kilsbergen-Suttarboda A. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är cirka 33 kilometer. Figur 4-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2006 och 2025 är hämtat från SMHI:s öppna databas [1].



Figur 4-1. Placering av planområdet och mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A.

4.1 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 4-2 visas fördelningen av vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A från ovan nämnda data. Medelvärdet under den aktuella perioden var 2,9 meter per sekund och vindstilla förhållanden uppmättes under cirka 2,7 procent av tiden.



Figur 4-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, 2006 – 2025.

4.1.1 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen används Pasquills stabilitetsklasser som beskriver turbulensen i luftmassan närmast jordens yta, det vill säga 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 4-1.

Tabell 4-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser [2, 3].

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

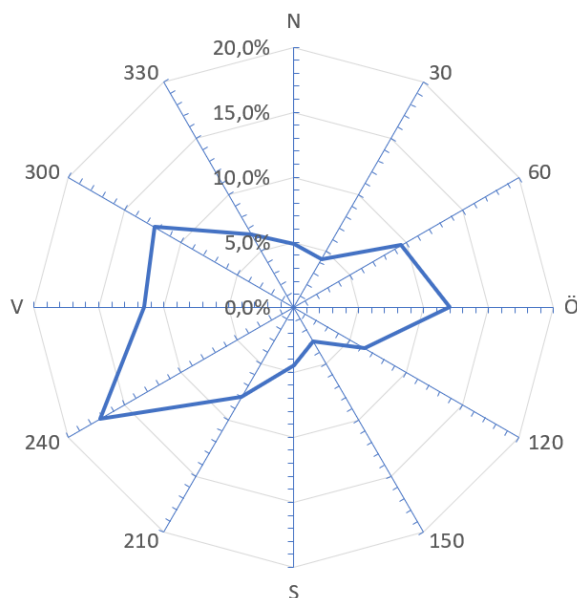
De valda väderförhållandena bedöms som representativa och rimligt konservativa. I Tabell 4-2 visas fördelning mellan de olika väderscenerierna för såväl dagtid som nattetid. Fördelningen är uppskattad utifrån dels statik för vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, dels vanligt förekommande stabilitetsklasser vid olika vindhastigheter och tid på dygnet, i enlighet med Tabell 4-1.

Tabell 4-2. Fördelning av väderförhållanden under dagtid och nattetid.

Väderförhållande	Dag [%]	Natt [%]
2F	7	55
2D	60	18
5D	33	27
Summa	100	100

4.2 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 4-3 visas fördelningen av vindriktning vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A. Figur 4-3 visar att den mest förekommande vindriktningen är sydvästlig.



Figur 4-3. Fördelning av vindriktning vid mätstation Kilsbergen-Suttarboda A, år 2006 – 2025.

5 Olycka med farligt gods

I detta avsnitt redovisas indata och antaganden avseende frekvens- och konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods.

5.1 Trafikmängd

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

5.1.1 Väg

Då det i dagsläget förekommer farligt gods transport på länsväg 603 och den planerade verksamheten kommer bidra med en ökning av farligt gods transport så har trafikmängden delats upp i två kategorier; de transporter som avser befintliga verksamheter och bostäder samt de transporter som det planerade verksamheten kan förväntas att generera.

5.1.1.1 Befintlig verksamhet

Årsdygnstrafik för den totala samt tunga trafiken erhålls från Trafikverkets nationella vägdatabas [4]. Erhållna data avser år 2019 och räknas upp till prognosår 2050.

För att beräkna förväntad årsdygnstrafik för år 2050 tillämpas Trafikverkets trafikutvecklingstal [5]. Trafikutvecklingstalen anges för såväl lastbil som personbil och presenteras för Värmland i Tabell 5-1. Ökningen mellan 2019 och 2045 respektive 2045 och 2065 antas vara linjär. Baserat på trafikutvecklingstalen beräknas trafikutvecklingskvoten mellan 2019 och 2050 och presenteras i Tabell 5-1. Kvoten för lastbil appliceras på årsdygnstrafik för tung trafik medan trafikutvecklingstal för personbil appliceras på årsdygnstrafik för total trafik exklusive årsdygnstrafik för tung trafik.

Tabell 5-1. Trafikutvecklingstal för Värmland.

Trafikutvecklingstal	Personbil	Lastbil
Trafikutvecklingskvot 2019-2045	1,15	1,28
Trafikutvecklingskvot 2019-2065	1,30	1,45
Trafikutvecklingskvot 2019-2050	1,19	1,32

Trafikuppgifter för 2019 och 2050 på den aktuella vägsträckan, baserade på ovan antaganden och att andelen farligt gods utgör 3,8 procent, sammanfattas i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Trafikuppgifter för 2019 och 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik	
	2019	2050
Total trafik	1 551	1 869
Tung trafik	201	266
Farligt gods	8	10

5.1.1.2 Planerad verksamhet

Givet etablering av planerad verksamhet kommer antalet transporter på väg 603 att öka. Dessa transporter utgörs av persontrafik, nyttofordon, inkommande råvaror samt utgående produkt. Bland dessa transporter ingår också transporter av farligt gods. Värdena som anges i Tabell 5-3 är uppskattningar som används inom projektet.

Tabell 5-3. Trafik på väg 603 som planerad verksamhet uppskattas generera.

Typ av transport	Antal transporter årligen	ÅDT	ÅDT farligt gods
Inkommande råvaror	2 000	5,5	3,7
Utgående produkt	1 000	2,7	-
Nyttofordon	5 000	13,7	-
Persontransporter	-	500	-

Dessa värden avser transporter på ett håll, dvs kan trafikeringen på väg 603 förväntas vara det dubbla av ÅDT-värdena som redovisas. Dock förväntas trafikeringen av farligt gods endast gå ena hållet och vara tomma åt andra hållet, det vill säga att fordonen förväntas endast ta emot farligt gods. ÅDT beräknas genom att den årliga uppskattningen divideras med 365 dagar om året. Gods antas alltså kunna transporteras under veckans samtliga dagar.

Av värdena i Tabell 5-3 är det endast den översta typen som involverar farligt gods. Som ett dimensionerande värde i projektet har man uppskattat att två tredjedelar av de inkommande råvarorna kommer utgöras av farligt gods. Utgående produkter kommer inte att klassas som farligt gods. Nyttfordon avser trafik som avfallshämtning, mat, post, hygienartiklar med mera. Samtliga nyttofordon antas vara tung trafik. Persontransporter avser transporter av anställda på verksamheten och uppskattas konservativt utgöra 500 (tillkommande respektive utgående) transporter per dygn.

Trafikmängderna som anges i detta avsnitt är framtagna med år 2050 som avsikt. Således görs här ingen trafikuppräknings som görs i avsnitt 5.1.1.1.

5.1.1.3 Summering av trafikmängder

I Tabell 5-4 redovisas de totala transporter av respektive typ för prognosår 2050 som används i beräkningarna.

Tabell 5-4. Samtliga transporter på väg 603 år 2050.

Typ av transport	ADT 2050
Total trafik	2 913
Tung trafik	310
Farligt gods	13,7

5.1.2 Järnväg

Uppgifter om antal godståg för 2045 samt genomsnittlig längd för godståg på den aktuella sträckan är baserade på prognos från Trafikverket [6]. Antalet godståg år 2050 beräknas enligt:

$$X_{godståg_{2050}} = X_{godståg_{2045}} \cdot (1 + tillväxttal)^{antal\ år}$$

Där:

- $X_{godståg_{2050}}$ = antal godståg per år 2050
- $X_{godståg_{2045}}$ = antal godståg per år 2045
- $antal\ år$ = antal år mellan studerat år (2050) och Trafikverkets prognosår (2045)
- $trafikutvecklingstal$ = trafikutvecklingstal enligt Trafikverket [7].

Trafikmängden, baserad på ovan antaganden och att andelen farligt gods utgör 8,5 procent, sammanfattas i Tabell 5-5.

Tabell 5-5. Trafikmängder för aktuell järnväg.

Parameter	Värde
Trafikutvecklingstal (Årlig utveckling 2045-2065) [%]	0,54
Antal godståg 2045	6242
Antal godståg 2050	6412
Antal godsvagnar per godståg	36
Antal farligt gods-vagnar per godståg	3

5.2 Fördelning av farligt gods

I riskutredningens huvudrapport beskrivs relevanta olycksscenarier vid olycka med de olika klasserna av farligt gods. I detta avsnitt redovisas bakomliggande antaganden för den fördelning av de olika klasserna som används i beräkningarna.

5.2.1 Väg

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg utgår från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik för antal körda kilometer från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 5-6 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 5-6. Fördelning av antal körda kilometer med farligt gods-transporter, fördelat på respektive klass, mellan år 2015 och år 2024, baserat på nationell statistik från Trafikanalys [8].

Klass	Andel av farligt gods-transporter (utifrån antal körda kilometer) [%]
1	0,67
2*	30,22
3	43,47
4.1	0,16
4.2	0,76
4.3	1,33
5.1	3,50
5.2	0,05
6.1	3,87
6.2	0,54
7	0,11
8	11,37
9	3,95
Totalt	100,00

*Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 5-7.

Tabell 5-6 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, kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs det att underklasser inom Klass 2 behandlas separat vid beräkningar. Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods i ton på det svenska väg- och järnvägsnätet under september 2006, där klass 2 delas in i underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3 [9]. Fördelningen presenteras i Tabell 5-7. 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 5-7.

Tabell 5-7. Fördelning av klass 2 på underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3.

Klass	Andel av klass 2 [%]	Andel av totalt antal farligt gods-transporter [%]	Andel som används i beräkningar [%]
2.1	23,64	7,14	7,14
2.2	76,20	23,03	22,98
2.3	0,16	0,05	0,10
Totalt	100,00	30,22	30,22

5.2.2 Järnväg

I frekvensberäkningarna för urspårning på järnväg utgås det från en fördelning av klasserna som bygger på nationell statistik för transportarbete från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 5-8 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 5-8. Fördelning av farligt gods på järnväg mellan 2015 och 2024 baserat på information från Trafikanalys [10].

*Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 5-9.

Klass	Transportarbete [%]
1	0,00045
2*	26,97
3	17,06
4.1	0,43
4.2	0,03
4.3	3,50
5.1	30,80
5.2	0,45

Klass	Transportarbete [%]
6.1	2,14
6.2	0,00
7	0,01
8	17,83
9	0,80
Totalt	100,00

Tabell 5-8 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, kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs det att underklasser inom Klass 2 behandlas separat vid beräkningar. Dåvarande Räddningsverket genomförde en undersökning av transporter av farligt gods i ton på det svenska väg- och järnvägsnätet under september 2006, där klass 2 delas in i underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3 [9]. Fördelningen presenteras i Tabell 5-9.

Tabell 5-9. 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	19,69
2.2	2,56	0,69
2.3	24,42	6,59
Totalt	100,00	26,97

5.3 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods

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

5.3.1 Väg

I det här avsnittet presenteras modellen som används för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods gäller för år 2050. Den studerade delen av aktuell vägsträcka är en kilometer.

Frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på väg genomförs enligt den så kallade VTI-metoden som presenteras i Räddningsverkets dokument *Farligt gods – Riskbedömning vid transport* [11]. Metoden analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden där hänsyn tas till förhållanden för den specifika vägsträckan.

Enligt Räddningsverket [11] kan det årliga antalet fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor på en specifik vägsträcka beräknas enligt:

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

Där

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

Det förväntade antalet olyckor med samtliga fordonsslag beräknas enligt:

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

Där

- OK = olyckskvot, dvs. förväntat antal olyckor per miljon fordonskilometer
- $S_{samtliga\ fordonsslag}$ = sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag

Såväl andelen singelolyckor som olyckskvoten beror på ett antal vägparametrar såsom vägtyp och hastighetsgräns. I Räddningsverkets dokument [11] anges andelen singelolyckor och olyckskvoten för olika kombinationer av bebyggelsemiljö, hastighetsgräns och vägtyp. Dessa parametrar, och tillhörande värde på olyckskvot och andel singelolyckor, för aktuell vägsträcka presenteras i Tabell 5-10.

Tabell 5-10. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor.

Parameter	Värde
Bebyggelsemiljö	Landsbygd
Hastighetsgräns [km/h]	90
Vägtyp	6-11 m bred
Olyckskvot	0,4
Andel singelolyckor	0,45

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 förekomst av fordon skyltat med farligt gods i trafikolyckor och återkomsttid för detta enligt Tabell 5-11.

Tabell 5-11. Frekvens och återkomsttid för förekomst av fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor på aktuell väg.

Parameter	Värde
$F_{\text{olycka FG}}$ (antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år)	3,10E-03
Återkomsttid för förekomst av fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor (år)	323

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 5.2 redogör för transporter av olika ämnesklasser av farligt gods på väg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för olycka enligt:

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

Där

- $F_{\text{olycka, Klass X}}$ = frekvens för olycka med farligt gods i Klass X, redovisas i Tabell 5-12
- $F_{\text{olycka FG}}$ = förväntat antal olyckor med farligt gods, redovisas i Tabell 5-11
- $A_{\text{Klass X}}$ = andel transporter av Klass X, redovisas i avsnitt 5.2

Frekvensen för olycka med olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 5-12. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 5-12 är enbart de som beaktas i beräkningarna, det vill säga klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5. Detta motsvarar de klasser som utgör risk för människor i omkringliggande område och motiveras och beskrivs i huvudrapporten.

Tabell 5-12. Frekvens för olycka på väg med olika klasser av farligt gods.

Olycka med transport innehållande	Frekvens (per år)
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	2,08E-05
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	2,21E-04
Klass 2.3 – Giftiga gaser	3,10E-06
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,35E-03
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	1,10E-04

5.3.2 Järnväg

I det här avsnittet presenteras modellen som används för frekvensberäkningarna för olycka med farligt gods på järnväg. Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods på järnväg gäller för år 2050. Studerad längd på transportleden är en kilometer.

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* [12].

För frekvensberäkningarna krävs indata för ett antal parametrar, vilka presenteras i Tabell 5-13. Aktuell spårklass är bedömd utifrån spårets utseende [12]. Antal växlar på sträckan är baserat på information från Trafikverkets nationella järnvägsdatabas [13]. Längden på en normalvagn är ett framtaget genomsnitt utifrån en överblick av *SJ Godsvagnar* där det framgår att det finns en stor variation på vagnlängden [14]. Antal vagnaxlar på vagnar med farligt gods är ansatt till fyra, då detta är helt dominerande vid sådana transporter [15]. Vad gäller vagnar utan farligt gods används ett flertal olika vagnmodeller med olika vagnaxelantal, främst två och fyra [14], varför ett genomsnittligt värde på tre vagnaxlar används.

Tabell 5-13. Indata till frekvensberäkningar för urspårning på järnväg.

Parameter	Värde
Spårklass	A
Antal växlar på sträckan	0
Genomsnittlig längd för godståg [m]	568
Längd normalvagn [m]	16
Antal vagnaxlar (icke farligt gods)	3
Antal vagnaxlar (farligt gods)	4

Urspårning av tåg på järnväg kan orsakas av en rad olika olyckstyper. Dessa olyckstyper sammanfattas i Tabell 5-14 tillsammans med felintensitet och

beroendefaktor för varje enskild olyckstyp. Beroendefaktorn beskriver vilken parameter som påverkar frekvensen för urspårning för varje olyckstyp. Beroendefaktorerna presenteras i Tabell 5-15 och är beräknade utifrån information i Tabell 5-13.

Tabell 5-14. Felintensitet och beroendefaktor för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Felintensitet (ξ)	Beroendefaktor
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 5-15. Beroendefaktorer för olyckstyper.

Beroendefaktor	Värde
Vagnaxelkilometer för godsvagnar	702 116
Studerad spårlängd [km]	1
Antal passager genom växel för godståg	0
Tågkilometer för godståg	6412

För varje enskild olyckstyp beräknas frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan enligt:

$$F_U = \xi \cdot bf$$

Där

- F_U = frekvens för urspårning, redovisas i Tabell 5-16
- ξ = felintensitet, redovisas i Tabell 5-14
- bf = beroendefaktor, redovisas i Tabell 5-15

Beroendefaktorerna som tillämpas gäller för ett år, vilket medför att den beräknade frekvensen för urspårning är en årlig frekvens. Frekvensen för urspårning, uppdelad på olyckstyp, på den aktuella sträckan redovisas i Tabell 5-16.

Tabell 5-16. Frekvens för urspårning av godståg, uppdelad på olyckstyp.

Olyckstyp	Frekvens (per år)
Rälsbrott	3,51E-5
Solkurva	1,00E-5
Vagnfel godståg	2,18E-3
Lastförskjutning	2,81E-4
Växel sliten, trasig	0,00E+0
Annan orsak	3,65E-4
Okänd orsak	8,98E-4
Spårlägesfel	2,81E-4
Total frekvens för urspårning av godståg	4,05E-3

Frekvenserna i Tabell 5-16 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 och att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka är 3,5 vagnar enligt [15].

Tabell 5-17 redovisar sannolikhet, frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods på den aktuella sträckan baserat på förväntad trafikering för 2050.

Tabell 5-17. Frekvens och återkomsttid för urspårning av godsvagnar med farligt gods.

Parameter	Värde
Sannolikhet för urspårning med farligt gods, givet urspårning av godståg [%]	23,3
Frekvens för urspårning av godsvagnar med farligt gods (per år)	9,42E-4
Återkomsttid för urspårning med farligt gods [år]	1061

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 5.2 redogör för transporter av olika ämnesklasser av

farligt gods på järnväg. För varje enskild klass av farligt gods beräknas frekvensen för urspårning enligt:

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

Där

- $F_{U,Klass X}$ = frekvens för urspårning av tågagn med farligt gods i Klass X
- $A_{Klass X}$ = andel transporter som utgörs av Klass X, redovisas i avsnitt 5.2

Frekvensen för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 5-18. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 5-18 är enbart ämnesklasserna som beaktas i beräkningarna enligt avsnitt 5.1.

Tabell 5-18. Frekvens för urspårning av vagnar innehållande olika klasser av farligt gods.

Urspårning av vagn innehållande	Frekvens per år
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	4,25E-9
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	1,86E-4
Klass 2.3 – Giftiga gaser	6,21E-5
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	1,61E-4
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,94E-4

5.3.3 Olycksscenarioer

Olika utfall av en olycka är möjliga beroende på vilken klass av farligt gods som är involverad i olyckan. I detta avsnitt redovisas händelseträdd med möjliga olycksscenarioer för de klasser av farligt gods som vid en olycka kan leda till att personer omkommer. 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.

Att det sker en olycka som involverar farligt gods betyder dock inte nödvändigtvis att det farliga godset sprids utanför tanken och medför allvarliga konsekvenser för omgivningen, exempelvis i form av pölbrand eller explosion. Frekvensen för sådana olycksscenarioer beror på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Antaganden och beräkning av sannolikheter för sådana händelser redovisas nedan.

5.3.3.1 Olycka på väg

Räddningsverket [11] presenterar olika index för olycka med farligt gods på väg, dvs. skattade sannolikheter för att en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods på en viss väg resulterar i en olycka där det farliga ämnet kommer ur sin tank eller behållare. Index varierar för olika bebyggelsemiljö, vägtyp och hastighetsgräns och är alltså ett sätt skilja på sannolikheten för läckage i samband med olycka med farligt gods mellan olika vägar.

Index används i beräkningarna på olika vis beroende på vilken klass som beaktas, huvudsakligen för att ta fram sannolikheten för läckage från tank. Utgångspunkten är att de index som Räddningsverket sammanfattar gäller för transporter där det farliga godset inte förvaras under tryck. För transporter där det farliga godset transporteras under tryck kan sannolikheten för utsläpp antas vara 30 gånger längre eftersom krav på dessa tankar är större [11]. För vissa sannolikheter som inte involverar läckage men som kan förväntas vara hastighetsberoende används istället indexkvot, dvs. kvoten mellan index för aktuell vägtyp och den vägtyp som innebär störst index. Indexkvoten beräknas enligt:

$$I_{Kvot} = I_{Olycka\ FG} \div I_{Olycka,FG,max}$$

Där

- I_{Kvot} = indexkvot
- $I_{Olycka\ FG}$ = index för olycka med farligt gods för aktuell väg, erhålls från [11]
- $I_{Olycka,FG,max}$ = maximalt index för olycka med farligt gods (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h), erhålls från [11]

Relevanta index för olycka med farligt gods och indexkvot sammanfattas i Tabell 5-19. Hur dessa värden används i beräkningarna beskrivs under respektive klass nedan.

Tabell 5-19. Index för olycka med farligt gods och indexkvot.

Parameter	Värde
Maximalt index för olycka med farligt gods, max (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h)	0,42
Index för olycka med farligt gods för aktuell väg (sannolikhet läckage av farligt gods som <i>inte</i> transporteras under tryck)	0,28
Index för olycka med farligt gods för aktuell väg, dividerat med 30 (sannolikhet läckage av farligt gods som transporteras under tryck)	0,0093
Indexkvot	0,67

5.3.3.2 Olycka på järnväg

Transporter på järnväg sker generellt med höga hastigheter, varför antagna sannolikheter för olika delhändelser (exempelvis läckage) inte antas vara

hastighetsberoende. För järnväg utgår beräkningarna därför från den maximala sannolikheten för respektive delhändelse.

5.3.3.3 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

I enlighet med riskinventeringen är det primärt "Underklass 1.1 – ämnen och föremål som har en risk för massexplosion" som har ett konsekvensområde som är så pass utbredd att det bedöms kunna medföra påverkan på människor som befinner utanför olycksplatsens närområde. Det antas konservativt att samtliga transporter av explosiva ämnen och föremål utgörs av ämnen och föremål med risk för massexplosion.

Mängden explosiva ämnen i en transport påverkar utfallet vid en olycka. Tillåten mängd beror på fordonsklassen och kan uppgå till 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små mängder av massexplosiva varor. Statistikunderlaget för transporter av ämnen i klass 1.1 är begränsat. Beräkningarna avseende explosiva ämnen och föremål delas in i tre olycksscenarioer bestående av följande mängder massexplosiva varor:

- 16 ton
- 2 ton
- 200 kg

Det antas att 90 procent av samtliga transporter av explosiva ämnen och föremål utgörs av 200 kg massexplosiva varor, att 9 procent av transporterna utgörs av 2 ton massexplosiva varor och att 1 procent av transporterna utgörs av 16 ton massexplosiva varor.

Reaktion i det explosiva materialet som medför explosion 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 procent. För olyckor på väg kan sannolikheten för brand förväntas bero på aktuell hastighet, vilken kan variera i stor utsträckning mellan olika vägar. För att ta hänsyn till hastighetens påverkan på sannolikheten används indexkvot, se beskrivning under avsnitt 5.3.3. Största möjliga sannolikhet för antändning antas vara 1 procent och gäller för motorväg på landsbygd med hastighetsgräns 110 km/h, vilket har högst index för farlig gods enligt Räddningsverket [11]. Detta innebär att sannolikheten för brand i fordon för aktuell vägsträcka beräknas enligt:

$$P_{fordonsbrand} = 0,01 \cdot I_{kvot}$$

Där

- $P_{fordonsbrand}$ = sannolikhet för fordonsbrand vid olycka
- I_{kvot} = indexkvot, se avsnitt 5.3.3

Sannolikheten för att branden sprider sig till lasten är beroende av fordonsklassen som används för transporten. Den högsta transporterade mängden, dvs. 16 ton, förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas sannolikheten för att en brand sprider sig till lasten vara 10 procent för transporter av 16 ton explosiva varor och 50 procent för transporter av 2 ton och 200 kg explosiva varor.

En explosion kan även inträffa om 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 procent [16]. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, sätts sannolikheten för stötinitierad detonation därför till 0,2 procent. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, beräknas sannolikheten för stötinitierad detonation med hjälp av en indexkvot, se beskrivning under avsnitt 5.3.3. Största möjliga sannolikhet för antändning antas vara 0,2 procent och gäller för motorväg på landsbygd med hastighetsgräns 110 km/h, som har högst index för farlig gods enligt Räddningsverket [11]. Detta innebär att sannolikheten för stötinitierad detonation vid olycka på aktuell vägsträcka beräknas enligt:

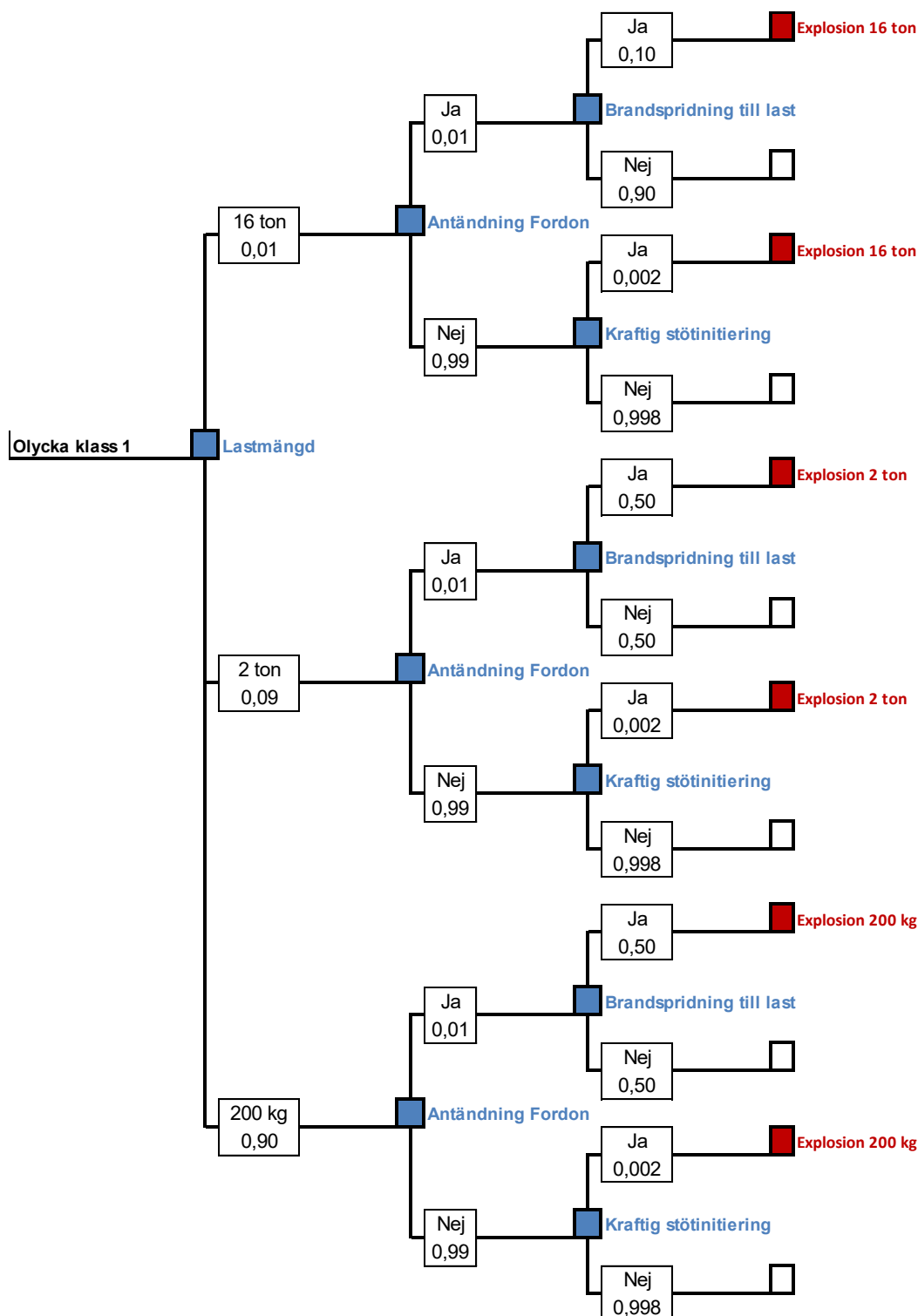
$$P_{\text{kraftig stötinitiering}} = 0,002 \cdot I_{\text{Kvot}}$$

Där

- $P_{\text{kraftig stötinitiering}}$ = sannolikhet för kraftig stötinitiering vid olycka
- I_{Kvot} = indexkvot, se avsnitt 5.3.3

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-1 som visar händelseträdets för olyckor med explosiva ämnen och föremål. Händelseträdets, med de värden som presenteras i Figur 5-1, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för brand i fordon och stötinitierad detonation för de beaktade transportlederna presenteras i Tabell 5-20.



Figur 5-1. Händelsetråd för olycka med explosiva ämnen och föremål.

Tabell 5-20. Sannolikhet för brand i fordon och stötinitierad detonation för beaktade transportleder.

Transportled	Brand i fordon [%]	Stötinitierad detonation [%]
Värmlandsbanan (järnväg)	1	0,2
Länsväg 603 (väg)	0,7	0,13

5.3.3.4 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Antändning av brandfarlig gas kan inträffa om den brandfarliga gasen läcker ut från tanken. Sannolikheten för att tanken skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för någon form av läckage 2 procent [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av brandfarlig gas den sannolikhet som gäller för farligt gods som transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-19.

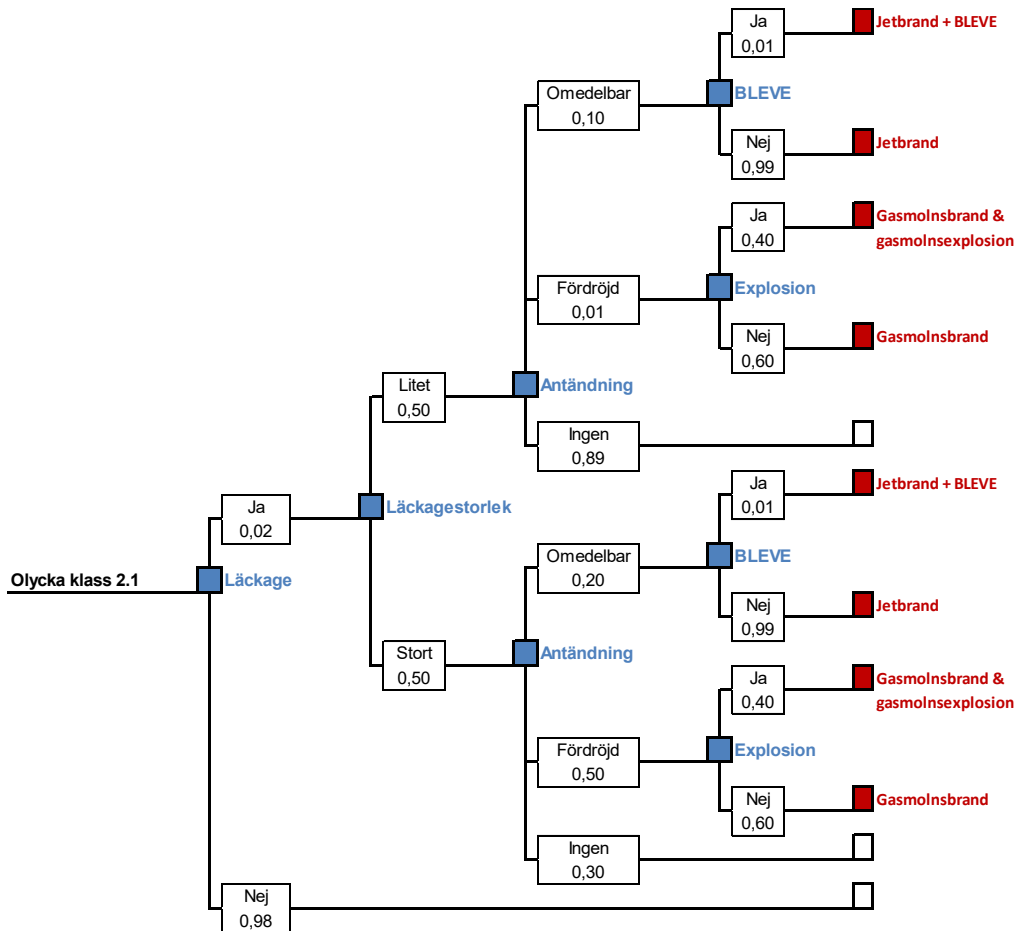
Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [12]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [11] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Skadeutfallet beror därefter på om det sker en omedelbar eller fördröjd antändning av gasen. Sannolikheten för omedelbar antändning beror på läckagets storlek och ansätts till 10 procent för litet läckage och 20 procent för stort läckage [17]. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [17] men konservativt ansätts en sannolikhet för fördröjd antändning även vid mindre läckage. Sannolikheten för fördröjd antändning antas vara 1 procent för litet läckage och 50 procent för stort läckage.

Omedelbar antändning medför jetbrand. Fördröjd antändning medför gasmolnsbrand och potentiellt även gasmolnsexplosion. 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion [2]. 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 procent.

Händelsetråd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-2 som visar händelsetrådet för olyckor med brandfarliga gaser. Händelsetrådet, med de värden som presenteras i Figur 5-2, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 5-21.



Figur 5-2. Händelsetråd för olycka med brandfarlig gas.

Tabell 5-21. Sannolikhet för läckage av brandfarlig gas för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Värmlandsbanan (järnväg)	2
Länsväg 603 (väg)	0,93

5.3.3.5 Klass 2.3 – Giftiga gaser

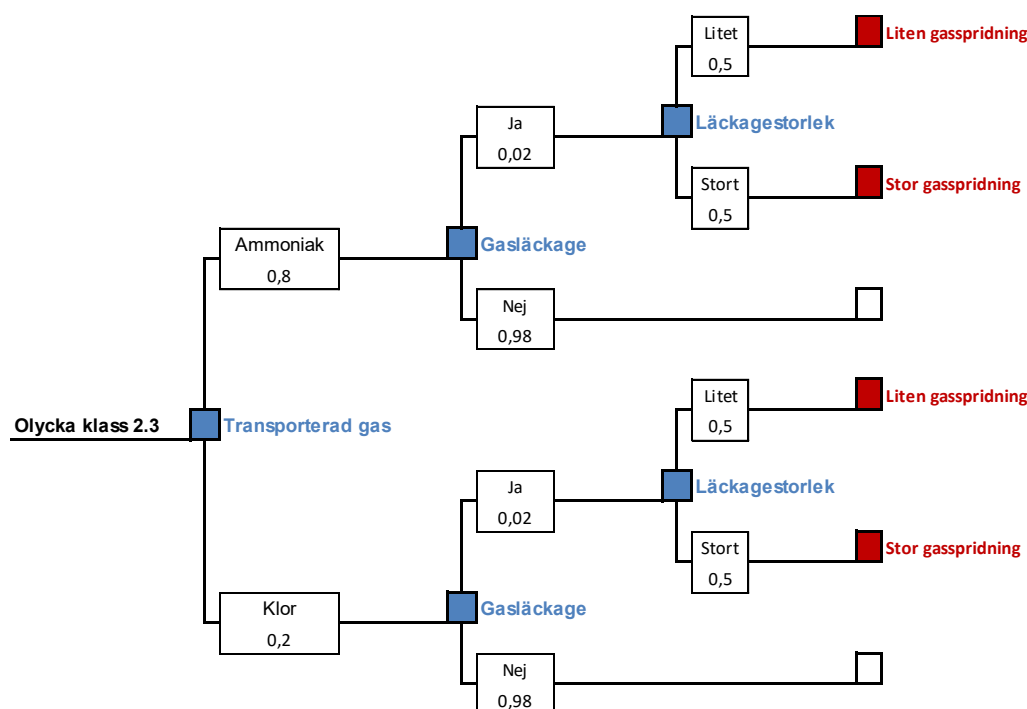
I beräkningarna representeras giftiga gaser av ammoniak och klor, vilket bedöms vara en rimlig representation över de giftiga gaser som faktiskt transporteras. Sannolikheten för transport av ammoniak och klor sätts till 80 procent respektive 20 procent.

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 någon form av läckage 2 procent [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av giftig gas den sannolikhet som gäller för farligt gods som transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-19.

Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [12]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [11] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Händelseträäd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-3 som visar händelseträdet för olyckor med giftiga gaser. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 5-3 tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 5-22.



Figur 5-3. Händelseträäd för olycka med giftig gas.

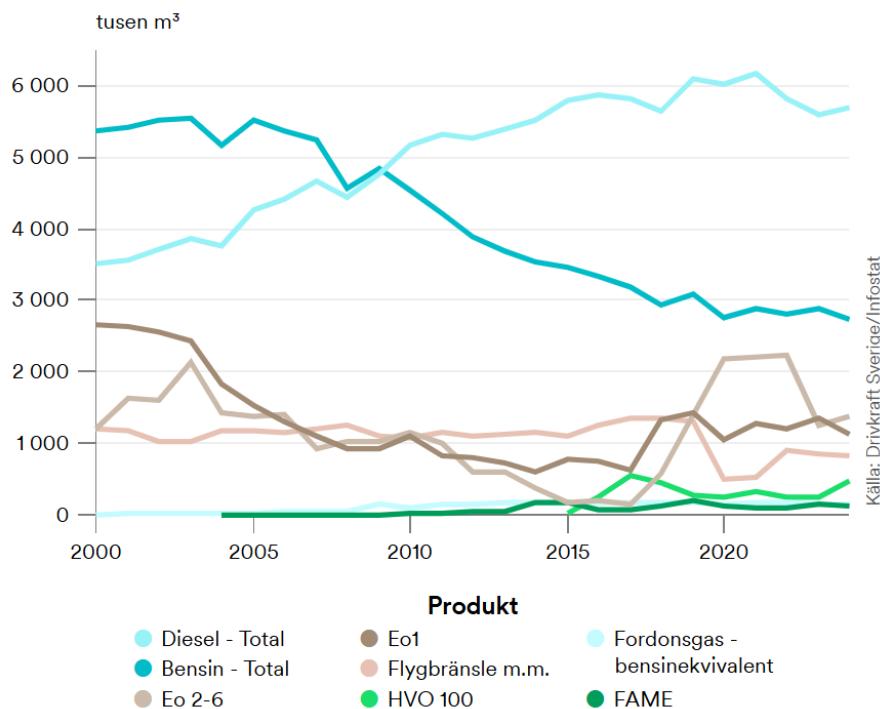
Tabell 5-22. Sannolikhet för läckage av giftig gas för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Värmlandsbanan (järnväg)	2
Länsväg 603 (väg)	0,93

5.3.3.6 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Exakt fördelning mellan drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. I Figur 5-4 visas däremot statistik över samtliga utlevererade oljeprodukter och förnybara drivmedel. Enligt statistiken har diesel de senaste åren stått för cirka 50 procent och bensen för cirka 30 procent av samtliga transporterade oljeprodukter och förnybara drivmedel.

I beräkningarna representeras de brandfarliga vätskorna av bensen respektive resterande drivmedel (diesel, flygbränsle osv.). Bensen antas utgöra 40 procent av all brandfarlig vätska och resterande drivmedel 60 procent. Jämfört med statistiken i Figur 5-4, antas en något högre andel transport av bensen, vilket är konservativt eftersom bensen är mer benägen att antändas och medför större konsekvenser i samband med antändning. I beräkningarna representeras bensen av ämnet pentan medan resterande ämnen representeras av ämnet n-dodekan (dodekan).



Figur 5-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige [18].

Sannolikheten för att en tunnväggig tank innehållande brandfarlig vätska skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30 procent enligt [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage av brandfarlig vätska den sannolikhet som gäller för farligt gods som *inte* transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-19.

Läckage av brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med *Purple Book* [2]. Utsläppsvolymer presenteras i Tabell 5-23 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolym. Informationen i Tabell 5-23 gäller för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 5-23. Utsläppsvolymer med tillhörande pölstorlekar och sannolikheter givet läckage.

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

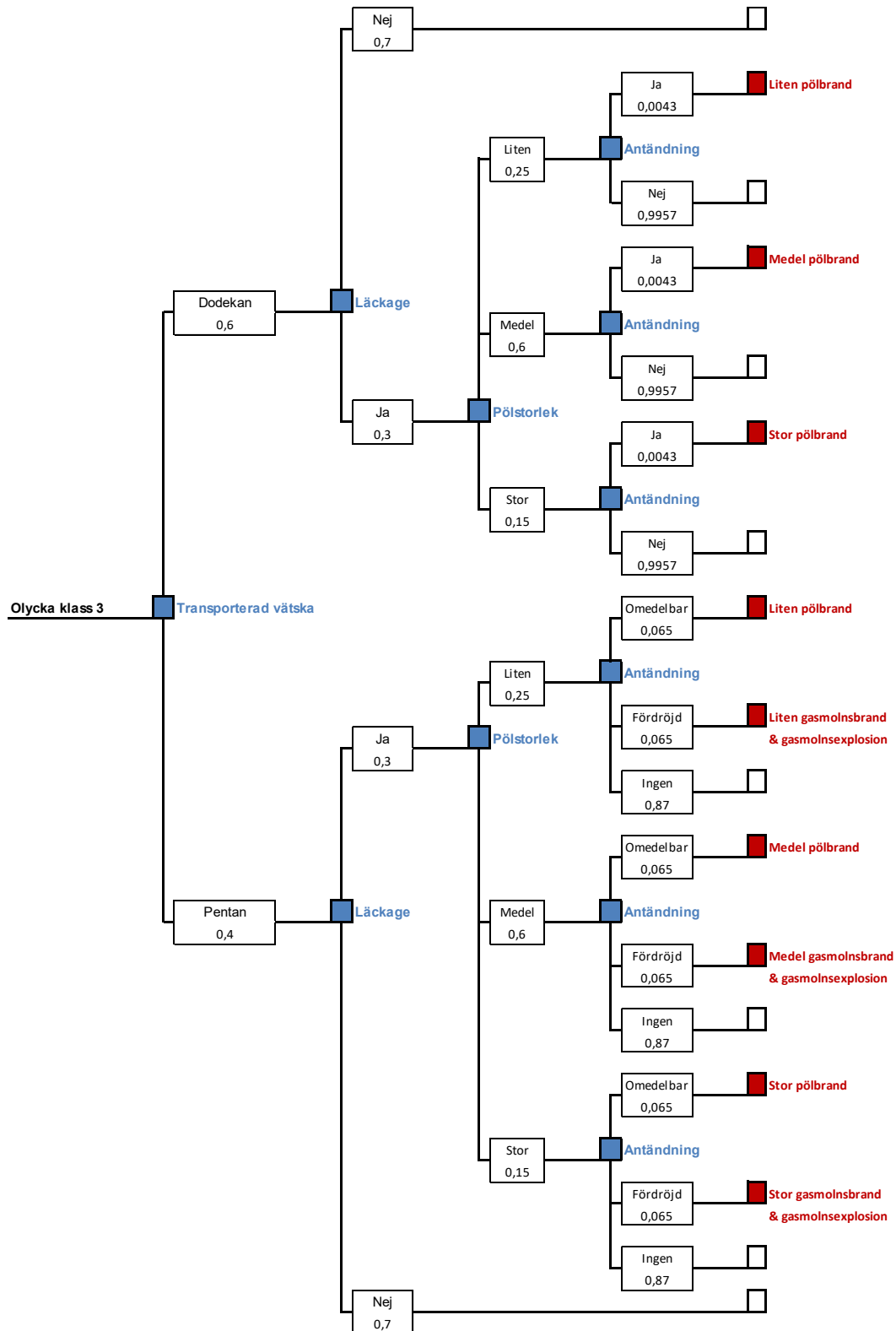
Olika typer av brandfarliga vätskor har olika benägenhet att antändas. Pentan, bensen och etanol är lättantändliga vätskor medan dodekan, diesel och eldningsolja är svårantändliga vätskor. Sannolikheter för antändning, som används i beräkningsprogrammet, är i enlighet med *Purple Book* [2] och redovisas i Tabell 5-24. För pentan finns risk för fördröjd antändning av den förångade vätskan, vilket innebär risk för både gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion. Vid fördröjd antändning antas motsvarande sannolikheter för gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion som anges för brandfarlig gas i avsnitt 5.3.3.4, det vill säga att 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion.

Tabell 5-24. Sannolikhet för antändning av pölbrand [2].

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

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-5, som visar händelseträdet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelseträdet, med de värden som presenteras i Figur 5-5, tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i Tabell 5-25.



Figur 5-5. Händelsetråd för olycka med brandfarlig vätska.

Tabell 5-25. Sannolikhet för läckage av brandfarlig vätska för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Värmlandsbanan (järnväg)	30
Länsväg 603 (väg)	28

5.3.3.7 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I beräkningarna antas det att samtliga transporter med Klass 5 utgörs av oxiderande ämnen (Klass 5.1), eftersom dessa utgör en stor majoritet av samtliga transporter med Klass 5, se avsnitt 5.2.

Oxiderande ämnen transporteras under atmosfärstryck i tunnväggiga tankar. Sannolikheten för att tanken skadas och att ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för läckage 30 procent enligt [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, motsvarar sannolikheten för läckage den sannolikhet som gäller för farligt gods som *inte* transporteras under tryck, vilken anges i Tabell 5-19.

Olycksförloppet vid läckage av oxiderande ämnen beror på om ämnen blandas med organiskt material, exempelvis fordonets bränsle. Om ämnet blandas med organiskt material kan en explosion inträffa. Om ämnet inte blandas med organiskt 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 procent. Om det oxiderande ämnet blandas med organiskt material antas sannolikheten för explosion vara 6 procent. Om det oxiderande ämnet inte blandas med organiskt material antas sannolikheten för brand vara 6 procent.

Beräkningarna avseende explosionsscenarier i samband med olyckor med oxiderande ämnen delas in i tre olycksscenarioer bestående av följande mängder massexplösiva varor:

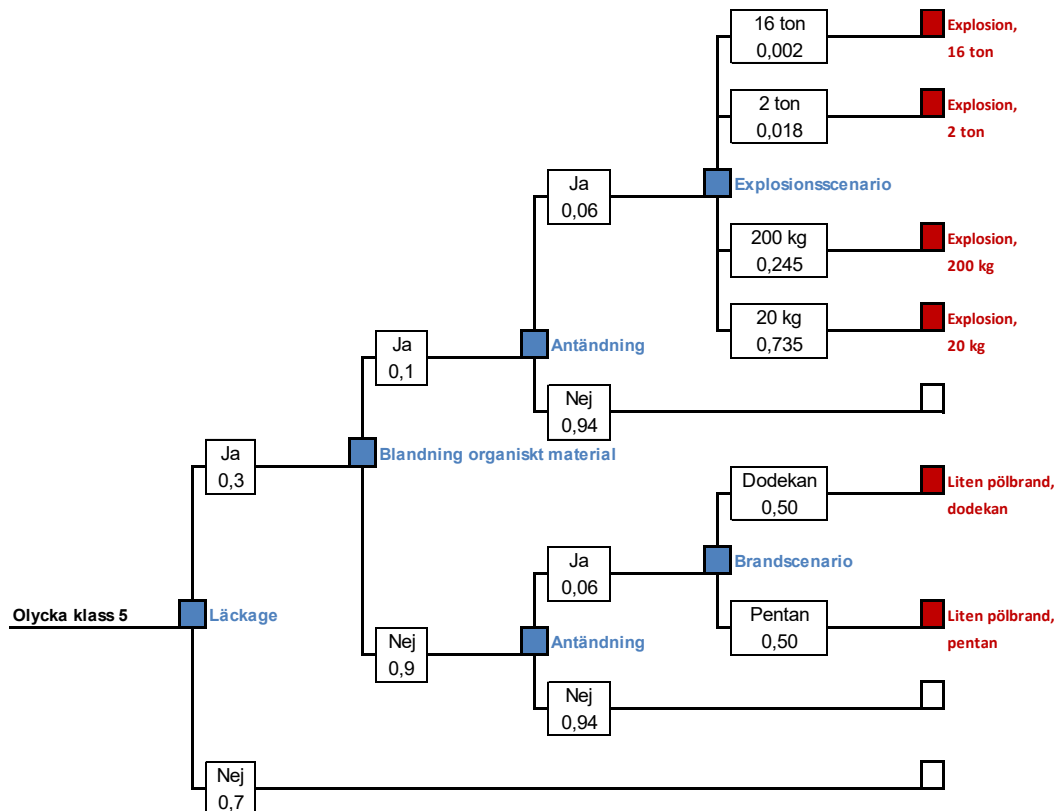
- 16 ton
- 2 ton
- 200 kg

Det antas att 90 procent av samtliga explosionsscenarioer motsvarar 200 kg massexplösiva varor, att 9 procent av explosionsscenarioerna motsvarar 2 ton massexplösiva varor och att 1 procent av explosionsscenarioerna motsvarar 16 ton massexplösiva varor

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.

Händelseträd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-6 som visar händelseträd för olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Händelseträd med de värden som presenteras i Figur 5-6 tillämpas för frekvensberäkningarna för järnväg. Sannolikheten för läckage varierar för de transportleder som beaktas. Detaljerad information gällande sannolikheten för läckage för de beaktade transportlederna presenteras i avsnitt Tabell 5-26.



Figur 5-6. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell 5-26. Sannolikhet för läckage av oxiderande ämnen och organiska peroxider för beaktade transportleder.

Transportled	Läckage [%]
Värmlandsbanan (järnväg)	30
Länsväg 603 (väg)	28

5.3.3.8 Klass 8 – Frätande ämne

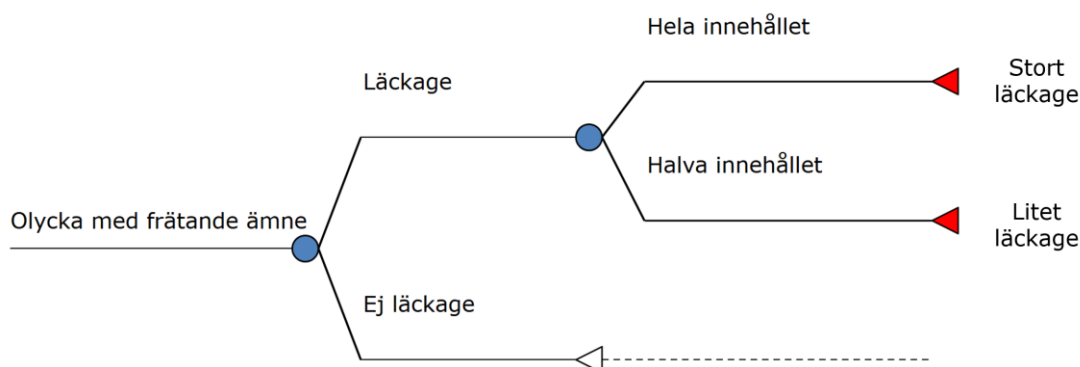
Klass 8 beaktas enbart i känslighetsanalysen. Fluorvätesyra antas transporteras under övertryck i tjockväggiga tankar, likt giftig gas generellt. Det faktum att ett fordon som transporterar fluorvätesyra är inblandat i en olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage uppstår. I de flesta fallen uppstår inget hål i tanken och därför strömmar inget av innehållet ut. Läckage som uppstår delas upp i att halva respektive hela innehållet läcker ut.

För olyckor på järnväg, där hastigheten generellt är hög, är sannolikheten för litet läckage och stort läckage 1% vardera enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen [12]. För olyckor på väg, där hastigheten kan variera i stor utsträckning, utgås det från sannolikheten för läckage av farligt gods som transporteras under tryck, angiven Tabell 5-19. I syfte att vara konservativ har sannolikheten för ett läckage givet olycka ansätts till 2 %.

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 4 och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet Riskcurves.

Händelseträdet

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-7 som visar händelseträdet för olyckor med giftiga gaser. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 5-7 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg och järnväg bara med olika start frekvenser.



Figur 5-7. Händelseträdet för olyckor med frätande ämnen på väg och järnväg.

Summering av frekvensberäkningar

Nedan presenteras en summering av de frekvens som används som indata till beräkningar av individ- och samhällsrisk.

5.3.3.9 Väg

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på väg redovisas i Tabell 5-27.

Tabell 5-27. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på väg.

Klass	Händelse	Frekvens per år
Klass 1	Explosion, 16 ton	4,15E-10
	Explosion, 2 ton	8,74E-9
	Explosion, 200 kg	8,74E-8
Klass 2.1	BLEVE	3,10E-9

Klass	Händelse	Frekvens per år
	Jetbrand (litet läckage)	1,03E-7
	Jetbrand (stort läckage)	2,06E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	1,03E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	5,16E-7
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	1,16E-8
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	1,16E-8
	Utsläpp, klor (litet läckage)	2,89E-9
	Utsläpp, klor (stort läckage)	2,89E-9
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	2,43E-7
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	5,83E-7
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	1,46E-7
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	2,45E-6
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	5,88E-6
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	1,47E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	2,45E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	5,88E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	1,47E-6
Klass 5	Explosion, 16 ton	1,84E-9
	Explosion, 2 ton	1,66E-8
	Explosion, 200 kg	1,66E-7
	Pölbrand, dodekan (liten)	8,30E-7
	Pölbrand, pentan (liten)	8,30E-7
Klass 8*	Vätefluorid (litet läckage)	7,21E-8
	Vätefluorid (stort läckage)	1,27E-8

*Olyckor med klass 8 beaktas endast i känslighetsanalysen

5.3.3.10 Järnväg

Slutfrekvenser för olycka med farligt gods på järnväg redovisas i Tabell 5-28.

Tabell 5-28. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på järnväg.

Klass	Händelse	Frekvens per år
Klass 1	Explosion, 16 ton	1,27E-13
	Explosion, 2 ton	2,67E-12
	Explosion, 200 kg	2,67E-11
Klass 2.1	BLEVE	5,57E-9
	Jetbrand (litet läckage)	1,86E-7
	Jetbrand (stort läckage)	3,71E-7
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	1,86E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	9,28E-7
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	4,96E-7
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	4,96E-7
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,24E-7
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,24E-7
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	3,11E-8
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	7,47E-8
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	1,87E-8
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	3,14E-7
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	7,52E-7
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	1,88E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	3,14E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	7,52E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	1,88E-7
Klass 5	Explosion, 16 ton	5,30E-9
	Explosion, 2 ton	4,77E-8

Klass	Händelse	Frekvens per år
	Explosion, 200 kg	4,77E-7
	Pölbrand, dodekan (liten)	2,39E-6
	Pölbrand, pentan (liten)	2,39E-6
Klass 8*	Vätefluorid (litet läckage)	1,96E-7
	Vätefluorid (stort läckage)	3,45E-8

*Olyckor med klass 8 beaktas endast i känslighetsanalysen

5.4 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods

I detta avsnitt presenteras metodik för och antaganden bakom konsekvensberäkningar. Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods genomförs i programvaran Riskcurves [19]. Beräkningarna baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. *Purple Book* [2], *Yellow Book* [20] och *Green book* [21]. Konsekvensberäkningarna är oberoende av om en olycka inträffar på väg eller järnväg.

Avsnittet beskriver först generella omgivningsparametrar som utgör förutsättningar för de olika beräkningsscenarierna och därefter ett underavsnitt för varje klass av farligt gods. Underavsnitten beskriver relevanta sårbarhetsparametrar, använda beräkningsmodeller för olycksscenarioer och beräknade konsekvensavstånd.

5.4.1 Generella omgivningsparametrar

Generella omgivningsparametrar som används i beräkningarna och påverkar konsekvensavstånden presenteras i Tabell 5-29. För omgivningsparametrar som berör vindförhållanden hänvisas till avsnitt 4.

Tabell 5-29. Omgivningsparametrar.

Parameter	Värde	Kommentar
Luftryck	1 atm	Omgivningens luftryck.
Solinstrålning dagtid	120 W/m ²	Solinstrålningen har en inverkan på avdunstningen av pölar.
Omgivningstemperatur	9 °C	Årlig medeltemperatur. Temperaturen har en inverkan på konsekvenserna. Generellt innebär en högre

Parameter	Värde	Kommentar
		temperatur större konsekvenser.
Relativ fuktighet	83 %	Omgivningens luftfuktighet.
Molnighet	75 % (halvklart till molnigt)	Molnigheten påverkar den faktiska solinstrålningen. 75 % moln innebär 25 % av den ordinarie solinstrålningen.
Ytråhet (gasspridning)	0.25 m "High crops; scattered large objects"	Ytråhet är en parameter som beskriver grovheten av en yta och som påverkar vindhastigheten vid ytan. Ju slätare yta och färre hinder, desto lägre värde. Lägre värden innebär längre spridningsavstånd för gasmoln.

5.4.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för explosiva ämnen och föremål.

5.4.2.1 Sårbarhetsparametrar

En explosion med explosiva ämnen eller föremål medför ett övertryck som kan vara skadligt för människor. Skador på människor utgörs i första hand av skador på trumhinnor. Vid mer kraftfulla övertryck påverkas även lungor och andra inre organ, vilket kan orsaka dödliga skador. Det lägsta explosionsövertryck som kan förväntas orsaka dödliga skador är runt 180 kPa. Däremot kan lägre övertryck på 10-40 kPa orsaka skador på byggnader som medför dödsfall bland de människor som vistas inom byggnaden. I Tabell 5-30 anges de sårbarhetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningarna.

Tabell 5-30. Sårbarhetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.

5.4.2.2 Modell för olycksscenario

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i *Yellow book* [20]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, och trycket från explosionen beräknas därefter. Mängden massexplosiva varor i en transport är 16 ton, 2 ton eller 200 kg enligt avsnitt 5.3.3.2.

5.4.2.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med explosiva ämnen och föremål presenteras i Tabell 5-31. Konsekvensavstånden skiljer sig inte åt mellan olika väderförhållanden.

Tabell 5-31. Konsekvensavstånd för explosion.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd [m]
10 kPa	Explosion, 16 ton	341
	Explosion, 2 ton	170
	Explosion, 200 kg	79
30 kPa	Explosion, 16 ton	157
	Explosion, 2 ton	78
	Explosion, 200 kg	36

5.4.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga gaser.

5.4.3.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med brandfarlig gas kan medföra skador på människor på grund av dels det övertryck som uppstår vid en explosion, dels den värmestrålning som uppstår vid antändning av gasen. I Tabell 5-32 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för olycka med brandfarliga gaser. Förutom att vissa värden på värmestrålning och övertryck medför 100 procent dödlighet i beräkningarna, används även en probitfunktion för värmestrålning som innebär att en andel av de som exponeras för värmestrålning som är lägre än 35 kW/m² under en viss tid omkommer.

Tabell 5-32. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med brandfarliga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom brännbar koncentration av ett gasmoln.
Jetbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom jetbrandens utbredning.
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m ²	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet.
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [21]	q = värmestrålning i W/m ² t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd.
Korrektionsfaktor för kläders skydd mot värmestrålning	0,14	Vid probitberäkningar för värmestrålning appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsrisikberäkningar.
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av värmestrålning.

Parameter	Värde	Kommentar
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck (dödlighet inomhus)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.

5.4.3.2 Modell för olycksscenario

För analysen av konsekvenser som omfattar brandfarliga gaser används olika beräkningsmodeller beroende på aktuellt scenario.

I beräkningarna antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom ämnet har en låg brännbarhetsgräns och utgör en stor andel av transporterna med brandfarlig gas. Det innebär att antändning kan inträffa på ett förhållandevis långt avstånd från olycksplatsen.

I beräkningarna representeras möjliga läckage av ett litet och ett stort 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. Konsekvensberäkningar av BLEVE är oberoende av hålstorlek. För jetbrand och antänt gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindriktning och -hastighet. Ett utsläpps storlek och konsekvensområde varierar även beroende på var i tanken läckaget 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 även vara det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

De indata som används i beräkningsprogrammet [19] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE är:

- volym på tank: 40 m³
 - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande. För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- lagringstemperatur: 9 °C
- lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)

- utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE).

Gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand

För scenariot gasmolnsexplosion används multienergimetoden, vilket är en metod inom gruppen "fuel-air charge blast model", för att beräkna konsekvenser, i enlighet med *Yellow book* [20]. Modellen beskrivs där som den mest lämpliga för att modellera egenskaperna hos en gasmolnsexplosion.

En parameter som behöver bestämmas för att genomföra beräkningar enligt multienergimetoden är explosionsstyrkan, vilken anger den initiala styrkan hos explosionen och är fördelad på tio olika klasser. Explosionsstyrka 1 innebär en svag explosion med låg flamhastighet, medan explosionsstyrka 10 innebär stark explosion med hög flamhastighet (detonation). Explosionsstyrkan beror bland annat på parametrar som grad av inneslutning, hindertäthet, initieringsenergi och reaktivitet hos gasen [22]. Det saknas enkla modeller för att uppskatta aktuell explosionsstyrka och stora variationer förekommer, varför höga värden på explosionsstyrka inte kan uteslutas. För att ta höjd för denna variation antas explosionsstyrkan 10, vilket rekommenderas i *Yellow book* för situationer då tillräcklig information saknas [20]. Detta är ett konservativt värde, eftersom explosioner med brandfarliga gaser utomhus ytterst sällan innebär detonation [22, 20].

Vid en gasmolnsexplosion deltar inte hela det brännbara molnet i explosionen. Endast de delar av det brännbara gasmolnet som är instängda eller blockerade bidrar till explosionsfenomenet [20]. I beräkningarna antas det att 8 procent av gasmolnet bidrar till explosionsfenomenet, vilket föreslås i *Purple book* [2]. De delar av gasmolnet som inte ingår i explosionen ingår istället i en gasmolnsbrand. Konsekvensberäkningar av gasmolnsbrand baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [20]

En gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion kan, beroende på vindstyrka och vindriktning inträffa en bit från själva läckagepunkten. Värst konsekvenser inträffar då vid det område som gasmolnet driver mot, vilket avgörs av vindriktningen.

Jetbrand

Konsekvensberäkningar av jetbrand baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [20]. Flammans längd beror av storleken på hålet, trycket i tanken och aktuellt väderförhållande.

BLEVE

Konsekvensberäkningar av BLEVE baseras på de utgångspunkter och standardvärden som anges i *Yellow book* [20].

5.4.3.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 5-33, Tabell 5-34 och Figur 5-8. Tabell 5-33 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.

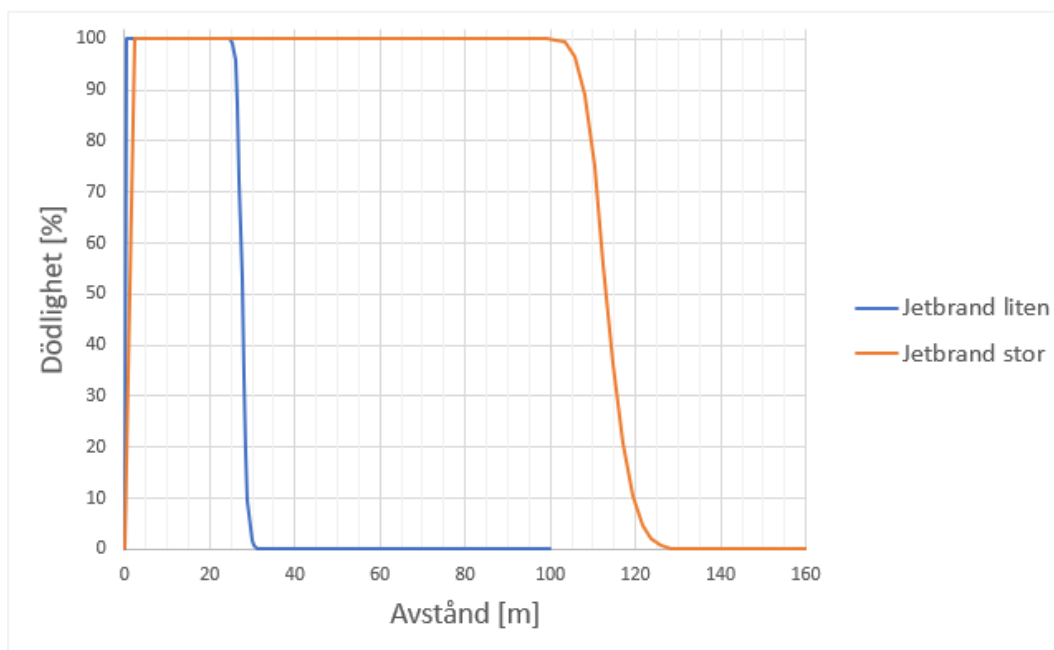
Tabell 5-34 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden. I Figur 5-8 visas hur dödligheten vid jetbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 5-33. Konsekvensavstånd för jetbrand och antänt gasmoln i samband med litet och stort läckage av brandfarlig gas.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd (vid angivet väderförhållande) [m]		
		D5	D2	F2
Litet läckage				
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	22	25	26
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	19	23	25
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	13	15	16
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	15	17	18
Stort läckage				
35 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	89	102	105
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	95	118	132
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	63	78	89
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	73	88	105

Tabell 5-34. Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

Konsekvens	Avstånd [m]
35 kW/m ² värmestrålning	126
10 kPa övertryck	72
30 kPa övertryck	28



Figur 5-8. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid liten respektive stor jetbrand (vindförhållande F2). Områden för 100 procent dödlighet motsvarar jetbrandens utredning, därefter avtar värmestrålningen och dödligheten.

5.4.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för giftiga gaser.

5.4.4.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med giftig gas kan medföra skador på människor på grund av den toxiska effekten gasen har på kroppen. I Tabell 5-35 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för olycka med giftiga gaser. Omfattningen av skada beror på koncentrationen som mottagaren exponeras för och tiden för exponering. Detta beräknas genom probitfunktioner för de representerande gaserna, dvs. ammoniak och klor. 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 [2].

Tabell 5-35. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med giftiga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7,9367+1 \cdot \ln(c^2 \cdot t)$ [21]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10,599+0,5 \cdot \ln(c^{2,75} \cdot t)$ [21]	c = koncentration t = exponeringstid

Parameter	Värde	Kommentar
Tid för toxisk exponering	1 800 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 1800 s har funnit skydd
Korrektionsfaktor för inomhusvistelses skydd mot toxisk exponering	0,1 [2]	Vid probitberäkningar för toxisk exponering appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsrisikberäkningar.
Mottagarens höjd över marken	1,5 m	Höjd för beräkning av toxisk koncentration av gas

5.4.4.2 Modell för olycksscenario

I konsekvensberäkningarna för giftig gas används de utgångspunkter och standardvärden för gasutsläpp och spridning av gas som anges i *Yellow book* [20]. Enligt avsnitt 5.3.3.5 antas transporter av giftiga gaser innehålla antingen ammoniak eller klor, vilka representerar måttligt giftiga gaser respektive mycket giftiga gaser.

I beräkningarna representeras möjliga läckage av ett litet och ett stort läckage enligt:

- litet läckage – punktering med hålstorlek 10 mm
- stort läckage – punktering med hålstorlek 50 mm.

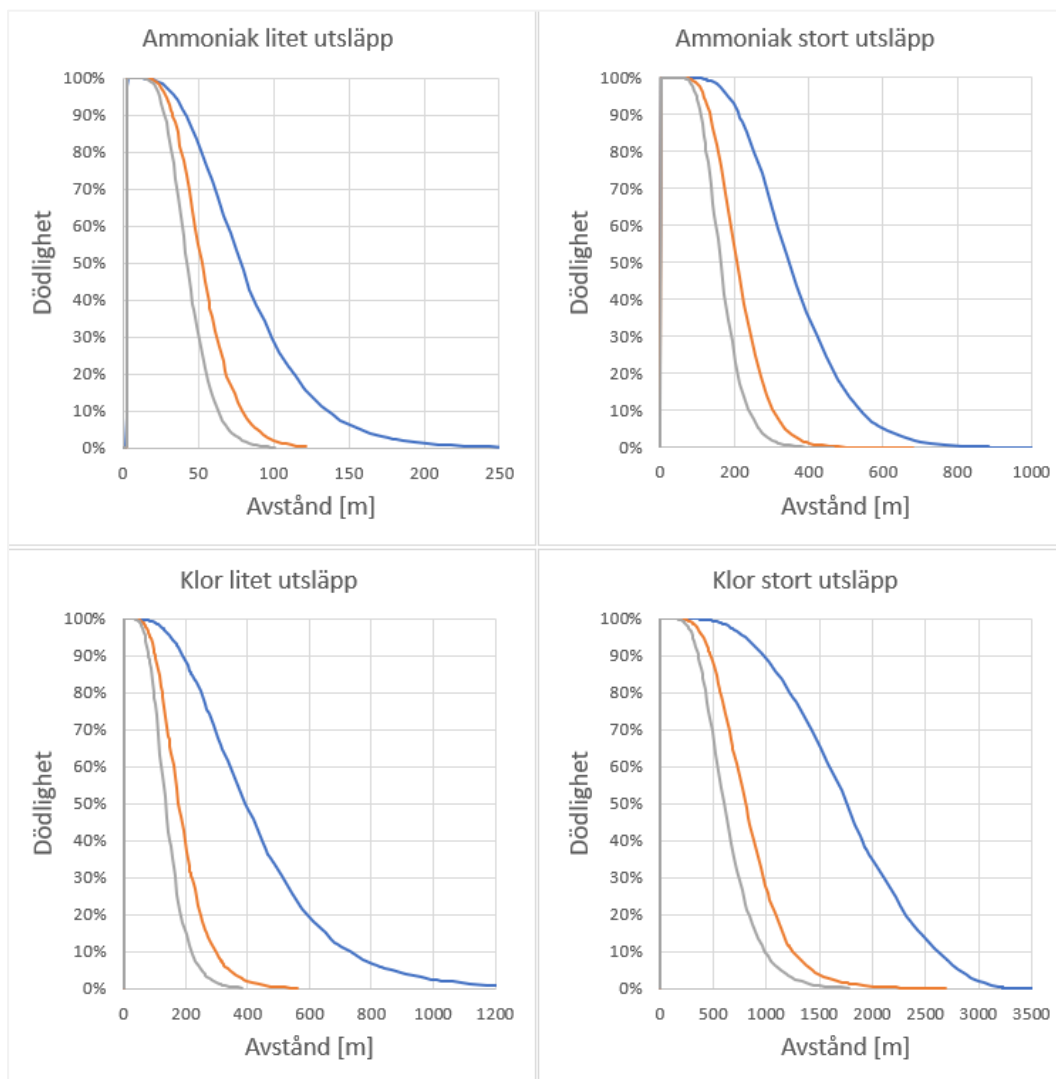
De indata som används i beräkningsprogrammet [19] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas är:

- tankvolym: 40 m³
 - För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande.
 - För transporter på järnväg bedöms det vara ett rimligt antagande.
- tankfyllnadsgrad: 80 %
- 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.

5.4.4.3 Konsekvensavstånd

Avstånd till olika skadeutfall i samband med olyckor med giftig gas presenteras i Figur 5-9. Eftersom konsekvensberäkningarna för giftig gas inte utgår från någon kritisk koncentration som medför 100 procent dödlighet presenteras inga avstånd till specifika koncentrationsnivåer. Istället presenteras avstånd till olika skadeutfall, dvs.

avstånd till plats där en viss andel människor förväntas omkomma. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för toxisk exponering, dvs. 1 800 sekunder. Konsekvenserna för utsläpp av giftig gas är mycket beroende av väderförhållanden och presenteras därför för olika väderförhållanden.



Figur 5-9. Dödlighet på olika avstånd från utsläpp av giftig gas. Grå linje avser väderförhållande D5, orange linje avser väderförhållande D2 och blå linje avser väderförhållande F2.

5.4.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Nedan beskrivs metodik och antaganden bakom konsekvensberäkningar för brandfarliga vätskor.

5.4.5.1 Sårbarhetsparametrar

En olycka med brandfarlig vätska och efterföljande antändning kan medföra skador på människor på grund av den värmestrålning som uppstår. Vid en eventuell gasmolnexplosion från förångad vätska kan människor dessutom skadas av explosionsövertryck. I Tabell 5-36 anges de sårbarhetsparametrar som används i beräkningarna för brandfarlig vätska. Förutom att värmestrålning som överstiger 35

kW/m² medför 100 procent dödlighet i beräkningarna, används även en probitfunktion för värmestrålning som innebär att en andel av de som exponeras för värmestrålning lägre än 35 kW/m² under en viss tid omkommer.

Tabell 5-36. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med brandfarliga vätskor som används i beräkningar.

Värmeexponering		
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m ²	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [21]	q = värmestrålning i W/m ² t = exponeringstid i sekunder
Tid för värmeexponering	20 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 20 s har funnit skydd
Korrektionsfaktor för kläders skydd mot värmestrålning	0,14	Vid probitberäkningar för värmestrålning appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsrisksberäkningar.
Explosionsövertryck (dödlighet)	30 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 100 % dödlighet oavsett om personer vistas inomhus eller utomhus. Detta är att se som mycket konservativt eftersom dödsfall utomhus endast förväntas ske vid betydligt högre övertryck.
Explosionsövertryck (dödlighet inomhus)	10 kPa	Explosionsövertryck som orsakar 2,5 % dödlighet inomhus.
Gasmolnsbrand (faktor för dödlighet)	1	Andel som omkommer inom brännbar koncentration av ett gasmoln.

5.4.5.2 Modell för olycksscenario

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 kan antas efterspegla verkligheten på ett bättre sätt. I övrigt används de utgångspunkter och standardvärden för vätskeutsläpp och pölbrand som beskrivs som anges i *Yellow book* [20].

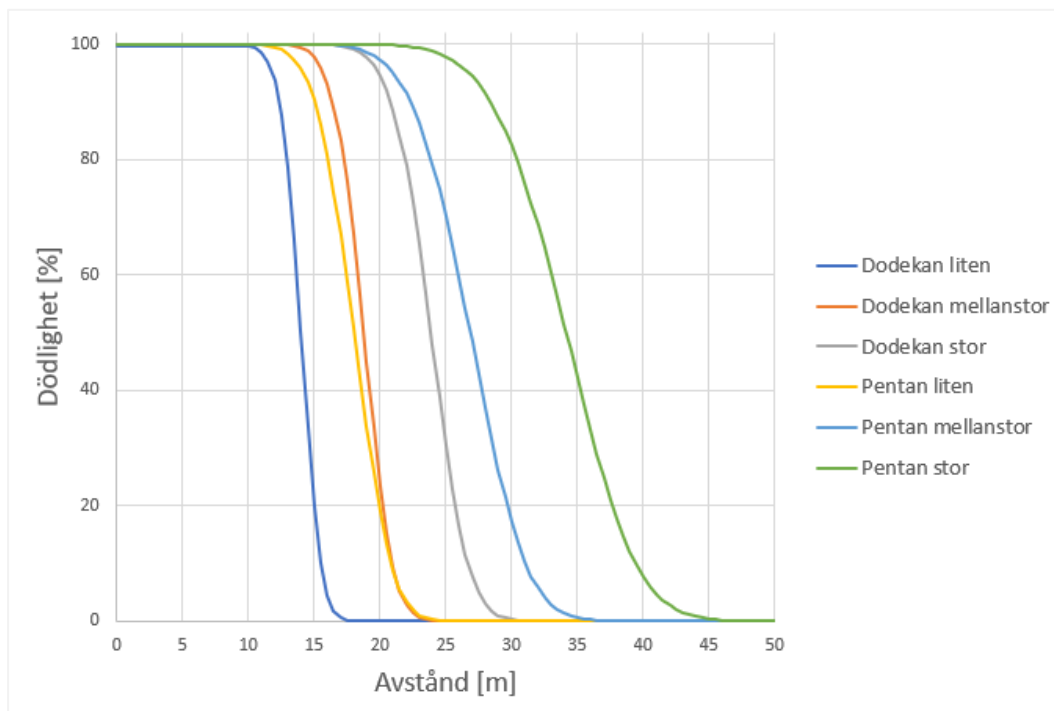
5.4.5.3 Konsekvensavstånd

I Tabell 5-37 redovisas avstånd till värmestrålningsnivå, som medför 100 procent dödlighet, för väderförhållande D5 för de studerade olycksscenarierna. Variationerna mellan olika väderscenarier är inte betydande och därför presenteras enbart avstånd för väderförhållande D5. I Figur 5-10 visas hur dödligheten vid pölbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 5-38 presenterar konsekvenser för antänt gasmoln i samband med litet, medelstort och stort läckage av brandfarlig vätska (pentan). Förutsättningarna för antändning av gasmoln är beroende av väderförhållanden, och enbart när luftmassan är mycket stabil och vindhastigheten låg (väderförhållande F2) finns det förutsättningar för antändning. Därför visas endast konsekvensavstånd för väderförhållande F2.

Tabell 5-37. Avstånd till värmestrålningsnivåer för väderförhållande D5.

Konsekvens	Olycksscenario		Avstånd (vid väderförhållande D5) [m]
35 kW/m ² värmestrålning	Pentan	Litet läckage	13
		Medelstort läckage	20
		Stort läckage	25
	Dodekan	Litet läckage	11
		Medelstort läckage	15
		Stort läckage	19



Figur 5-10. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid pölbrand (vindförhållande D5).

Tabell 5-38. Konsekvensavstånd för antänt gasmoln i samband med litet, medelstort och stort läckage av brandfarlig vätska (pentan), väderförhållande F2.

Konsekvens	Olycksscenario	Avstånd (utifrån läckagestorlek) [m]		
		Litet	Medel	Stort
10 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	8	21	31
30 kPa övertryck	Gasmolnsexplosion	5	11	17
Längsta avstånd till antändbart gasmoln	Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion	5	12	17

5.4.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I avsnitt 5.3.3.6 beskrivs att oxiderande ämnen (klass 5.1) antas utgöra samtliga transporter av ämnen i klass 5. I samma avsnitt beskrivs att explosionsscenarioer eller brandscenarierna kan uppstå i samband med en olycka med oxiderande ämnen.

Explosionsscenarioer med oxiderande ämnen antas ge konsekvenser motsvarande explosioner med 16 ton, 2 ton och 200 kg massexplosiva ämnen. Konsekvenserna för explosionsscenarioerna med oxiderande ämnen modelleras därför på samma sätt som konsekvenserna för dessa explosioner. Se avsnitt 5.4.1 för mer information om konsekvensberäkningar för explosioner.

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. Se avsnitt 5.4.5 för mer information om konsekvensberäkningar för små pölbränder.

5.4.7 Klass 8 – Frätande ämnen

Klass 8 beaktas enbart i känslighetsanalysen. För vätefluorid antas att en tank eller järnvägsvagn innehåller 30 m³ vilket bedöms vara ett rimligt antagande för både väg och järnväg.

Spridningssimuleringar har genomförts för vätefluorid. Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Platsspecifika väderdata som presenteras i avsnitt 4 har tillämpats i beräkningsprogrammet [19]. 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 [2].

Enligt avsnitt 5.3.3.8 gäller följande avseende på läckage:

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

De indata som används i beräkningsprogrammet [19] för att simulera konsekvensområden för läckage av frätande ämne är:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 2,01 bar (absolut tryck)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80%
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83%
- Molnighet: 75% (halvklart till molnigt)
- Väderparametrar: Enligt avsnitt 4.

Referenser

- [1] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/>.
- [2] 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/>.
- [3] FOI, "Osäkerheter i observationer och beräkningar," Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.
- [4] Trafikverket, "NVDB på karta," [Online]. Available: <https://nvdbpakarta.trafikverket.se/map>.
- [5] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.
- [6] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2025.
- [7] Trafikverket, "Utvecklingstal för gods på järnväg och för kollektivtrafik (TRV 2021/7267)," 2024.
- [8] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015-2024," 2015-2024.
- [9] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [10] Trafikanalys, "Bantrafik 2024 (Statistik 2025:21)," 2025.
- [11] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.
- [12] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [13] Trafikverket, "NJDB på webb," [Online]. Available: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [14] SJ, "SJ Godsvagnar," 1991.
- [15] VTI, "Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - Projektsammanfattning, VTI-rapport 387:1," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.

- [16] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [17] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [18] Drivkraft Sverige, "Volymer," 07 07 2025. [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>.
- [19] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.5.2.
- [20] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [21] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", 1992.
- [22] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.
- [23] EU, "Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/18/EU av den 4 juli 2012 om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen," Europeiska unionens officiella tidning, 2012.
- [24] MSB, "Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017.
- [25] Länsstyrelsen i Dalarna, Farligt gods - Vägledning för planläggning intill transportleder för farligt gods, Falun: Länsstyrelsen i Dalarna, 2012.
- [26] Trafikverket, "Säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg," 14 09 2020. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/>. [Använd 21 09 2021].
- [27] Det Norske Veritas (DNV) , "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [28] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.4.
- [29] Lantmäteriet, *Min karta*, 2024.
- [30] Google, *Maps - streetview*.
- [31] Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2015-2024*, 2025.
- [32] Trafikanalys, *Bantrafik 2024*, 2025.

- [33] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [34] ConsenCUS, "Safety in CO2 logistics," 2024.
- [35] MSB, "RIB: Oxiderande vätska, frätande, n.o.s.," [Online]. Available: <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=2207>.
- [36] MSB, "RIB: Organisk peroxid typ D, fast," [Online].
- [37] DSV, "Klass 7 Radioaktivt material," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/-klass-7-radioaktiva-amnen>.
- [38] DSV, "Klass 8 Frätande ämnen," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-8-fratande-amnen>.
- [39] DSV, "Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-9-ovriga-amnen-och-artiklar>.
- [40] Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, "Stormskador i framtiden," 26 04 2024. [Online]. Available: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimateffekter/stormskador-i-framtiden-1.7080>. [Använd 12 07 2024].
- [41] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [42] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.
- [43] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," 2025.
- [44] Trafikverket, "Utvecklingstal för gods på järnväg och för kollektivtrafik (TRV 2021/7267)," 2025.
- [45] MSB, "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.
- [46] Trafikverket, "Trafik- och transportprognoser," 28 april 2023. [Online]. Available: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>.
- [47] Länsstyrelsen Skåne, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," 2007.

