

Rapport

Handläggare: Frida Falk
Tel: +46 10-505 67 62
Mobil: +46 72-208 82 08
E-post: frida.falk@afry.com

Datum: 2026-03-19
Projekt ID: D0293597

Kund: Karlskoga kommun

Riskutredning för Solvargshagen, Karlskoga



Rapportshistorik

Ver.	Beskrivning	Datum	Uppdragsledare och Handläggare	Intern kvalitetsgranskning
1	Första utgivna versionen	2026-02-19	Tove Raquette Frida Falk	Tove Raquette

Sammanfattning

I Karlskoga kommun pågår ett detaljplanearbete som omfattar utvecklingen av området Solvargshagen. Syftet med den nya detaljplanen är att möjliggöra för utveckling av bostäder och centrumverksamheter med tillhörande funktioner, inom ett område som idag utgörs av annan markanvändning. Planområdet är beläget väster om väg 205, fortsättningsvis benämnd Drottningvägen, vilken är klassad som sekundär transportled för farligt gods. Eftersom avståndet till detaljplanen understiger Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för skyddsavstånd ska risker kopplade till transport av farligt gods undersökas.

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom aktuellt detaljplanområde inte utsätts för oacceptabla risker kopplade till olyckor på Drottningvägen. Målet är att genomföra en riskutredning där aktuella risker är kvantifierade och värderade mot befintliga riskkriterier. Om förekommande risker inte bedöms acceptabla ska nödvändiga åtgärder utredas och presenteras. Vidare syftar utredningen till att kvalitativt bedöma hur detaljplanen påverkar trafiksäkerheten på transportleden.

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från olyckor med farligt gods är inom risknivån för det undre ALARP-området inom 10 meter från Drottningvägen och i risknivån för tolerabel risk bortanför 10 meter från vägen.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet är inom det nedre ALARP-området för scenarier där 0 till 9 personer förväntas omkomma. Samhällsrisk är tolerabel för scenarier där fler än 9 personer förväntas omkomma.

Baserat på resultatet av individrisken kan planförslaget bedömas som acceptabelt, med hänsyn till att den planerade bebyggelsen är belägen 12 meter från Drottningvägen. Resultatet av samhällsrisk, som delvis är inom ALARP-området, innebär däremot att alla rimliga riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att risken ska accepteras, det vill säga åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt.

Följande bedömning med avseende på trafiksäkerheten görs:

Trafiksäkerheten på Drottningvägen påverkas inte negativt som en konsekvens av den markanvändning som detaljplanen medger, med hänsyn till hastighetsgränsen, vägens utformning och de omgivande förhållandena.

Baserat på riktlinjer samt resultaten krävs att skyddsavstånd efterföljs:

- **Skyddsavstånd**
Bebyggelse ska placeras bortom ett avstånd på 12 meter från Drottningvägen.

Utifrån planerad tillkommande bebyggelse uppnås skyddsavståndet.

Följande ytterligare riskreducerande åtgärder, för byggnation inom 30 meter från Drottningvägen, bör övervägas men utgör inte ett krav för föreslagen etablering:

- **Brandtekniskt skydd**
Glas som vetter mot Drottningvägen bör utföras i lägst brandteknisk klass EW30. Fasader som vetter mot Drottningvägen bör utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30.
- **Säker utrymning**
Det bör vara möjligt att utrymma bort från Drottningvägen på ett säkert sätt.
- **Friskluftsintag**
Friskluftsintag bör riktas bort från Drottningvägen.

Baserat på gällande kriterier för riskvärdering bedöms planförslaget vara acceptabelt, förutsatt att planbeskrivning och angivet skyddsavstånd följs. Rekommenderade åtgärder för brandtekniskt skydd, säker utrymning och friskluftsintag bör dock övervägas med hänsyn till rimlighetsprincipen.

Innehållsförteckning

1 Inledning	8
1.1 Syfte och mål	8
1.2 Avgränsningar	8
2 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	10
2.1 Plan- och bygglagen.....	10
2.2 Miljöbalken	10
2.3 Riktlinjer för planläggning vid farligt godsleder.....	10
2.3.1 Riktlinjer – Länsstyrelsen Stockholm.....	10
2.4 Trafiksäkerhet	12
2.5 Kvantitativa riskmått	12
2.5.1 Individrisk.....	12
2.5.2 Samhällsrisk	13
2.5.3 Presentation av risken	13
2.6 Kriterier för riskvärdering	13
2.6.1 Kvantitativa kriterier – Det Norske Veritas.....	14
3 Metod.....	16
3.1 Programvara	17
4 Beskrivning av planområde och omgivning	18
4.1 Skyddsvärda objekt – Personer.....	19
4.2 Riskobjekt – Drottningvägen.....	19
5 Riskinventering	21
5.1 Olycka med farligt gods	21
5.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål.....	22
5.1.2 Klass 2 – Gaser	22
5.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor.....	24
5.1.4 Klass 4 – Brandfarliga fasta ämnen	25
5.1.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	25
5.1.6 Klass 6 – Giftiga ämnen och smittsamma ämnen.....	25
5.1.7 Klass 7 – Radioaktiva ämnen.....	26
5.1.8 Klass 8 – Frätande ämnen	26
5.1.9 Klass 9 – Övriga farliga ämnen och föremål.....	26
5.2 Sammanfattning av aktuella olyckstyper.....	27
6 Riskanalys	28
6.1 Förutsättningar för beräkningar	28
6.2 Väderförhållanden	28

6.3 Personbelastning.....	28
6.4 Trafikmängd	31
6.5 Fördelning av farligt gods	32
6.6 Frekvens för olycka med farligt gods	32
6.7 Individrisk	33
6.8 Samhällsrisk.....	34
7 Kvalitativ känslighets- och osäkerhetsanalys	36
7.1 Känslighetsanalys	36
7.1.1 Antal transporter av farligt gods	36
7.1.2 Fördelning av farligt gods.....	37
7.1.3 Olycksfrekvens	38
7.1.4 Personbelastning	38
7.1.5 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd.....	38
7.2 Osäkerhetsanalys.....	39
7.2.1 Antal transporter av farligt gods	39
7.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods	39
7.2.3 Olycksfrekvens	40
7.2.4 Personbelastning	40
7.2.5 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd.....	40
8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder.....	42
8.1 Riskvärdering	42
8.1.1 Individrisk och samhällsrisk.....	42
8.1.2 Trafiksäkerhet.....	42
8.2 Riskreducerande åtgärder	43
8.2.1 Skyddsavstånd	43
8.2.2 Brandtekniskt skydd.....	44
8.2.3 Säker utrymning.....	44
8.2.4 Friskluftsintag.....	45
8.2.5 Sammanfattning av riskreducerande åtgärder.....	45
9 Slutsatser.....	46
10 Referenser.....	47

Bilagor

Beräkningsbilaga till Riskutredning för Solvargshagen, Karlskoga, daterad 2026-03-19

1 Inledning

I Karlskoga kommun pågår ett detaljplanearbete som omfattar utvecklingen av området Solvargshagen. Syftet med den nya detaljplanen är att möjliggöra för utveckling av bostäder och centrumverksamheter med tillhörande funktioner, inom ett område som idag utgörs av annan markanvändning. Planområdet är beläget väster om väg 205, fortsättningsvis benämnd Drottningvägen, vilken är klassad som sekundär transportled för farligt gods.

Avståndet mellan planerad markanvändning och Drottningvägen understiger Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för skyddsavstånd med avseende på farligt gods. Riktlinjerna anger att för planläggning intill transportleder där farligt gods transporteras ska riskerna beaktas inom ett avstånd om 150 meter från vägen. Områden som ligger på mer än 75 meters avstånd från vägen anses i allmänhet lämpliga för bostadsändamål, medan planområdets byggrätt för bostäder är som närmst beläget 12 meter från Drottningvägens vägkant. Vidare har Länsstyrelsen Örebro beslutat om ett byggnadsfritt avstånd på 30 meter för Drottningvägen, med hänsyn till trafiksäkerhet. Detta innebär att både risker från vägen gentemot planområdet och risker från planerad markanvändning gentemot trafiksäkerheten på vägen behöver utredas.

Riskutredningen ska säkerställa att föreslagen markanvändning kan genomföras inom tolerabla risk- och säkerhetsnivåer med avseende på trafiksäkerhet och risker kopplade till transport av farligt gods.

1.1 Syfte och mål

Syftet med utredningen är att säkerställa att människor inom det aktuella planområdet inte utsätts för oacceptabla risker till följd av olyckor på Drottningvägen. Vidare ska det säkerställas att trafiksäkerheten på Drottningvägen inte försämras som en konsekvens av den planerade markanvändningen.

Målet med riskutredningen är att kvantifiera och värdera risker kopplade till transporter av farligt gods på Drottningvägen utifrån gällande riskkriterier. Utifrån analysresultaten ska en bedömning göras av:

- Det minsta avståndet från Drottningvägen där bostads- och centrumverksamhet samt parkering kan lokaliseras inom tolerabla risknivåer utan riskreducerande åtgärder.
- Vilka riskreducerande åtgärder som krävs för att möjliggöra föreslagen markanvändning – bostäder, centrumändamål och parkering – på cirka 12 meters avstånd från vägen, samt uppfylla tolerabla nivåer för både risk och trafiksäkerhet.

1.2 Avgränsningar

Geografiskt omfattar riskutredningen planområdet för aktuell detaljplan. Vid beräkning av samhällsrisk beaktas även personbelastningen i området utanför aktuellt planområde. I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på en

kvadratkilometer, där den studerade vägsträckan (1 kilometer av Drottningvägen/ Filipstadsvägen) ligger i mitten av kvadratkilometern och planområdet är placerat i anslutning till vägsträckans mittpunkt.

Riskutredningen avgränsas till att enbart beakta olyckor med farligt gods på Drottningvägen och trafiksäkerheten på vägen. Avgränsningen innebär att hänsyn inte tas till eventuella risker från andra riskobjekt i omgivningen, såsom från omgivande verksamheter och industrier. Med olyckor avses händelser utan avsikt finns att åsamka skada. Händelseförlopp där avsikten är att medvetet skada människor eller sabotera, 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 (personskador). 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 hållbar ur ett riskperspektiv behöver hänsyn tas till framtida förändring av trafikering på Drottningvägen (intill planområdet) samt framtida personbelastning inom området. Därmed tillämpas förväntad trafikering av transportled och förväntad personbelastning för år 2050.

I rapporten 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, där många parametrar är okända.

2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

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, iaktta 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 för planläggning vid farligt godsleder

I lagtext anges inte i detalj hur riskutredningar ska genomföras och vad de ska innehålla. Därför har flera länsstyrelser och myndigheter givit ut riktlinjer, kriterier och rekommendationer gällande vilka riskutredningar som bör utföras och vilka krav som bör ställas på dessa. Riktlinjerna beskriver ofta skyddsavstånd för olika typer av markanvändning som kan användas vid planering.

Örebro län, som omfattar Karlskoga kommun, saknar egna riktlinjer. Därför tillämpas riktlinjer utgivna av Länsstyrelsen Stockholm, vilka även har använts i tidigare riskutredningar genomförda i länet.

2.3.1 Riktlinjer – Länsstyrelsen Stockholm

I Örebro län används riktlinjer utgivna av Länsstyrelsen Stockholm: *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1]. I enlighet

¹ PBL 2 kap. 5 §.

² PBL 2 kap. 6 §.

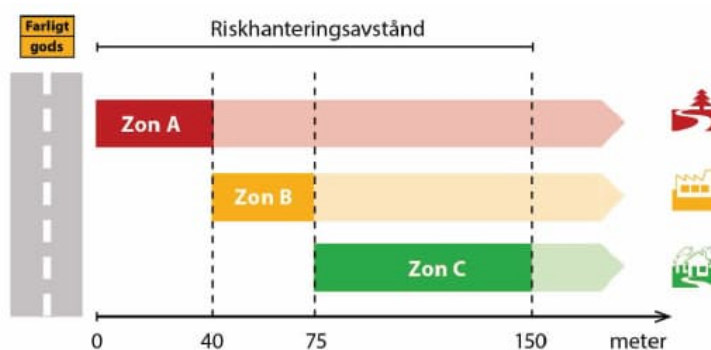
³ MB 1 kap. 1 §.

⁴ MB 2 kap. 6 §.

⁵ MB 2 kap. 3 §.

med riktlinjerna gäller att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en led för farligt gods.

Figur 2-1 presenterar rekommenderade skyddsavstånd mellan transportled för farligt gods och tre zoner (A-C) för olika markanvändning. Tabell 2-1 redogör för olika typer av markanvändning för de tre zonerna. Om aktuellt område är beläget mellan 75 och 150 meter från transportleden krävs det oftast ingen riskutredning. Det finns ingen allmän rekommendation om när en detaljerad riskutredning behövs, men generellt gäller att ju kortare skyddsavstånden är, desto större är kraven på en utförlig riskutredning.



Figur 2-1. Zonindelning för skyddsavstånd [1].

Tabell 2-1. Rekommenderad markanvändning för zonerna A, B och C [1].

Zon A	Zon B	Zon C
G – drivmedelsförsörjning (obemannad) L – odling och djurhållning P – parkering (ytparkering) T - trafik	E – tekniska anläggningar G – drivmedelsförsörjning (bemannad) J – industri K – kontor N – friluftsliv och camping P – parkering (övrig parkering) Z - verksamheter	B – bostäder C – centrum D – vård H – detaljhandel O – tillfällig vistelse R – besöksanläggningar S - skola

Om rekommenderade skyddsavstånd underskrids ställs krav på vissa bebyggelsefria avstånd och skyddsåtgärder. Länsstyrelsen anger att ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter bör hållas till primära- och de flesta sekundära transportleder för farligt gods. För sekundära leder kan avståndet i särskilda fall minskas, men sällan till mindre än 15–20 meter, och då endast vid låga transportmängder eller där potentiella olyckor bedöms medföra allvarliga konsekvenser enbart inom ett mycket begränsat avstånd.

Riktlinjer anger dessutom att inom 30 meter från primära transportleder för farligt gods ska åtgärder säkerställas genom planbestämmelser för markanvändning enligt nedan.

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) gäller att:

- glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S), kontor (K), drivmedelsförsörjning (G), industri (J) och verksamheter (Z) gäller att:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

Beskrivning av kriterier för riskvärdering, för de situationer det bedöms att en detaljerad riskutredning krävs, presenteras i avsnitt 2.6.

2.4 Trafiksäkerhet

Längs det allmänna vägnätet gäller ett så kallat byggnadsfritt avstånd, vilket generellt uppgår till 12 meter från vägområdet. Länsstyrelsen har dock möjlighet att, om det bedöms nödvändigt med hänsyn till trafiksäkerheten, besluta om ett utökat avstånd upp till 50 meter. För väg 205 gäller enligt beslut från Länsstyrelsen ett utökat byggnadsfritt avstånd om 30 meter. Länsstyrelsen har påtalat att en avvikelse från det byggnadsfria avståndet behöver motiveras och redovisas i planhandlingarna. I föreliggande utredning begränsas analysen av trafiksäkerheten till en kvalitativ bedömning.

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 riskmåten 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 riskmåten 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 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 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 [2]. 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. Individrisken kan också presenteras i diagram, där individrisken visas som funktion av avståndet från riskobjektet. På så vis kan det gå att utläsa exempelvis att inom avståndet 40 meter från riskobjektet är individrisken större än 10^{-7} och bortom 40 meter från riskobjektet är individrisken lägre än 10^{-7} . När man värderar risken utgår man sedan från hur risknivåerna varierar med avståndet och utifrån detta kan man säga om risken är tolerabel eller inte på olika avstånd från riskobjektet.

Samhällsrisk uttrycks ofta i ett diagram som kallas F/N-diagram, där F står för frekvens och N står för antal omkomna. Alla olycksscenarioer som ingår i analysen ritas in i diagrammet och bildar en kurva. När man värderar risken utgår man sedan från hur kurvan förhåller sig till olika acceptanslinjer i diagrammet.

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 [2]:

- **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 Kvantitativa kriterier – Det Norske Veritas

För att de beräknade individ- och samhällsriskerna ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för riskvärdering. I Sverige saknas det nationellt fastställda kriterier för värdering av risk. Det finns däremot ett flertal tillämpningar och regionala och lokala vägledningar med riskacceptanskriterier.

Det Norske Veritas (DNV) har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram riktlinjer som kan användas för värdering av individrisk och samhällsrisk [2]. 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 Stockholms riktlinjer anges dessutom specifikt att DNV:s kriterier ska användas vid redovisning av risknivåer.

Kriterierna innebär att individrisken och samhällsriskerna 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 [2]:

⁶ ALARP står för As low as reasonably practicable.

- 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 [2]:

- 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 [2] 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.

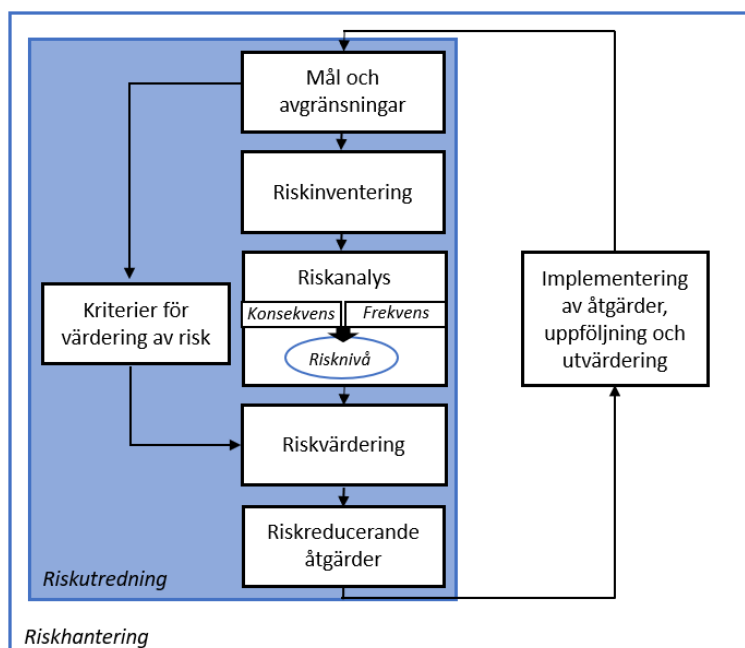
3 Metod

Riskutredningen är genomförd i enlighet med riskhanteringsprocessen som bland annat framgår av *SS-ISO 31000 Riskhantering – Vägledning* [3], som beskrivs nedan samt illustreras i Figur 3-1.

Inledningsvis bestäms aktuella mål och avgränsningar för riskutredningen. Även vilka riktlinjer och principer för riskvärdering som ska användas fastställs (redovisade i avsnitt 2). Därefter identifieras aktuella olycksscenarier genom en riskinventering. Syftet med riskinventeringen är att kartlägga vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet.

I riskanalysen analyseras sedan de identifierade olycksscenariernas frekvenser och konsekvenser. Detta kan göras antingen kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattning och förutsättningar. I denna riskutredning används en kvantitativ analysmetod i enlighet DNV:s vägledning. Valet motiveras av planområdets närhet till en sekundär transportled för farligt gods och att det för planerad markanvändning önskas en möjlighet att avvika från de skyddsavstånd som föreslås. För mer ingående beskrivning av metodik och antaganden för frekvens- och konsekvensberäkningarna hänvisas till utredningens beräkningsbilaga.

I riskvärderingen jämförs resultatet från riskanalysen med aktuella acceptanskriterier utifrån riktlinjer och principer för värdering av risk. Syftet är att avgöra om risken är tolerabel eller inte. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av riskreducerande åtgärder.



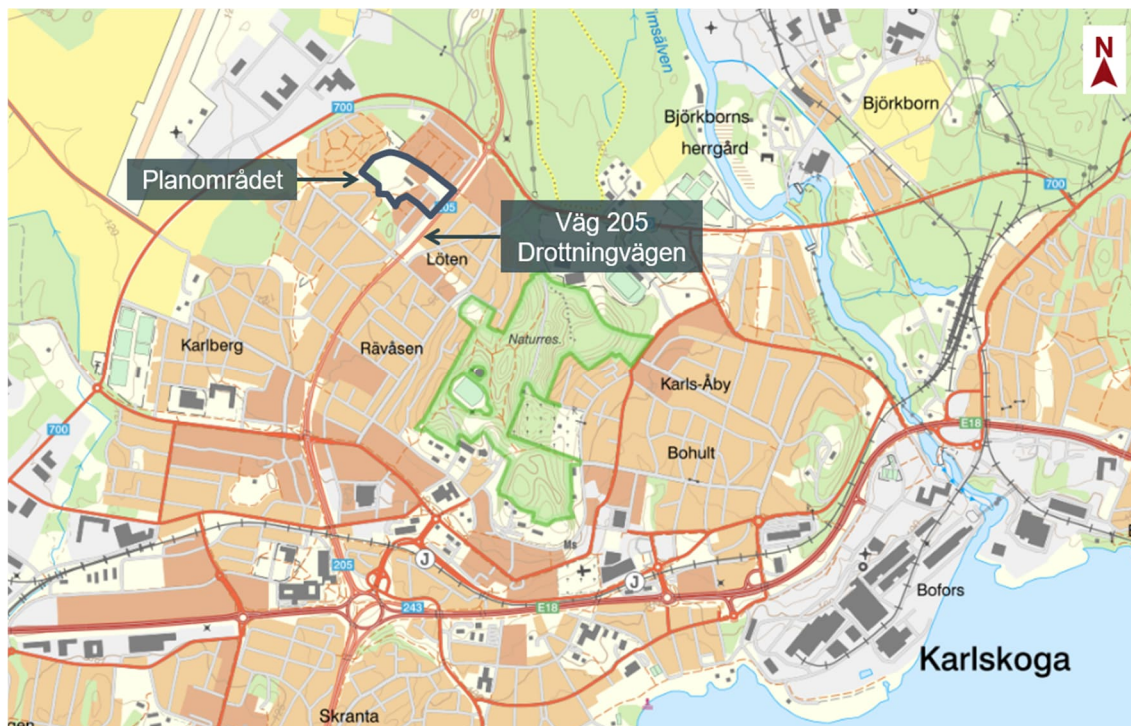
Figur 3-1. Riskhanteringsprocessen.

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 är beläget i Karlskoga tätorts nordvästra del, väster om Drottningvägen (väg 205), se Figur 4-1. Planförslaget omfattar fastigheterna Lötenskolan 1 och 2 samt delar av fastigheterna Lötenskolan 6, Bregården 2:8 och Bregården 2:31.



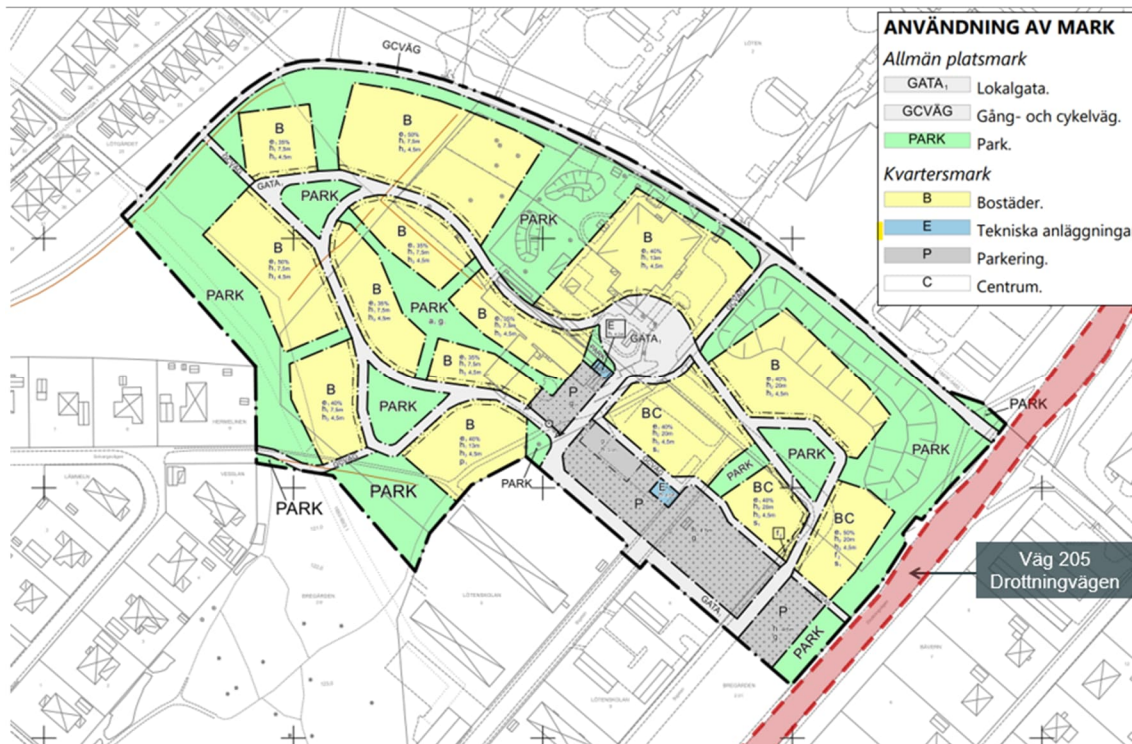
Figur 4-1. Lokalisering av planområdet.

Planområdet utgörs idag till större delen av grönområde, gång- och cykelvägar, en grusparkering samt en förskola (Lärkans förskola), som planeras att rivas och ersättas på annan plats utanför detaljplanen.

Detaljplanen är att möjliggöra för utveckling av bostäder och centrumverksamheter med tillhörande funktioner inom området Solvargshagen, se Figur 4-2.

Planerad planläggning av bostäder, centrumverksamhet och parkering följer inte Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer avseende skyddsavstånd. Planområdets byggrätt för bostäder är som närmst beläget 12 meter från Drottningvägens väggkant.

Planområdet omges huvudsakligen av bostadsbebyggelse och grönområden. Nordost om planområdet finns en ishall (Nobelhallen) och sydost om området finns ett vård- och omsorgsboende (Lötängens sjukhem).



Figur 4-2. Plankarta för Solvargshagen.

4.1 Skyddsvärda objekt – Personer

I denna riskutredning utgörs skyddsvärda objekt av samtliga personer som vistas inom planerad markanvändning inom planområdet, både i och utanför byggnader. Dessa ska skyddas från att utsättas för oacceptabla risker från närliggande riskobjekt, se avsnitt 4.2.

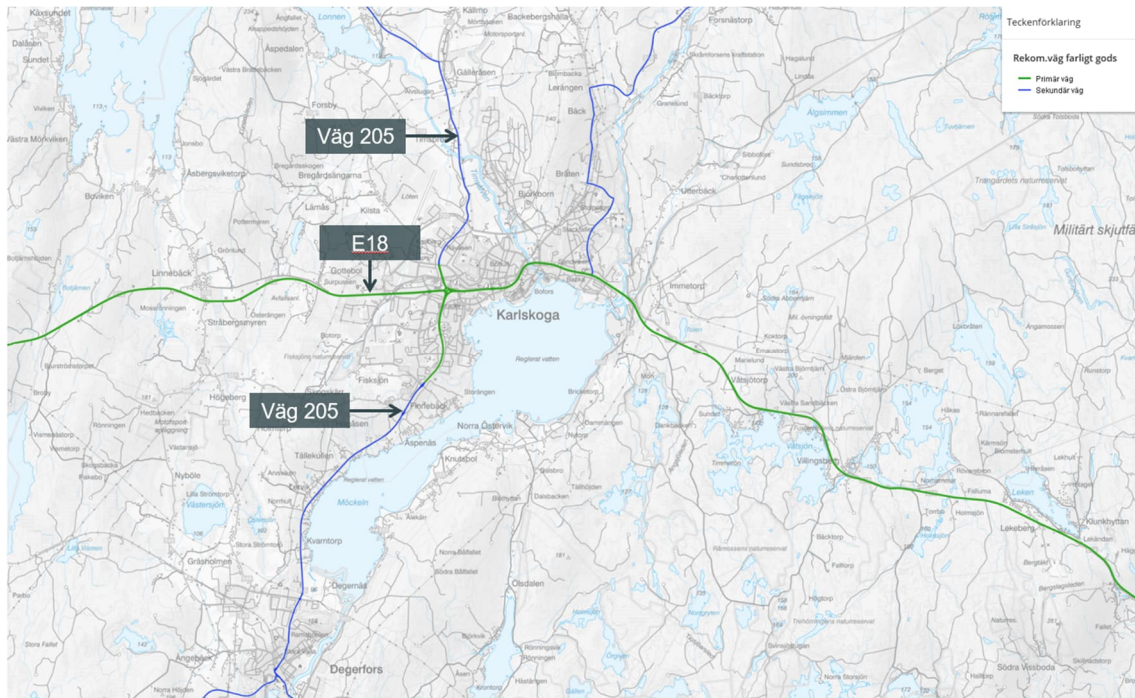
Detaljplanen förväntas innebära en ökning av antal personer inom området, med avseende på planerad bostadsbebyggelse och centrumverksamhet. Den förväntade personbelastningen inom detaljplaneområdet har uppskattats utifrån antalet bostäder detaljplanen avser att möjliggöra. Markanvändning i form av bostäder kan beskrivas som känslig, eftersom personer som vistas där kan förväntas vara sovande och därmed har sämre möjlighet att inse fara och påverka sin egen säkerhet.

4.2 Riskobjekt – Drottningvägen

Öster om planområdet löper Länsväg 205 i nord-sydlig riktning. Väg 205 sträcker sig mellan Askersund och Grythyttan och passerar genom Karlskoga. Den delsträcka av vägen som är belägen intill planområdet, kallad Drottningvägen, är en rekommenderad sekundär transportled för farligt gods. Drottningvägen är en tvåfältsväg och har en hastighetsbegränsning på 50 km/h.

I Karlskoga tätort (söder om planområdet) ansluts väg 205 till E18, där en delsträcka av vägen utgör en rekommenderad primär transportled för farligt gods. Primära leder för farligt gods (väg 205 och E18) ligger ungefär 900 meter från aktuellt planområde, vilket

innebär att en riskutredning avseende dessa leder inte krävs enligt Stockholms riktlinjer. I Figur 4-3 visas väg 205 och E18 med blå- respektive grön linje.



Figur 4-3. Riskobjektet Länsväg 205 (sekundär väg) samt E18 (primär väg), markerade med blå – respektive grön linje.

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 kategoriseras i ADR, 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
 - Klass 6.1 – Giftiga ämnen
 - Klass 6.2 – Smittsamma ämnen
- Klass 7 – Radioaktiva 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 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.

På Drottningvägen 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 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 utbredd 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 tryckvågsutredning, där påverkan kan vara både direkt och 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 transportererna 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 [9]. 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 kall 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 [10]. 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 höjdlid. 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 höjdlid. 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. Olyckor med brandfarliga fasta ämnen inkluderas därför inte 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 [11]. 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 [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.

5.1.6 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 inte giftiga ämnen 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 inte smittsamma ämnen 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 [13].

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 [14]. 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. Därför inkluderas inte frätande ämnen i riskanalysen.

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 [15].

I samband med en olycka förväntas ingen spridning av de farliga ämnena och föremålen. Konsekvenserna begränsas till olycksplatsens närområde och därmed beaktas inte 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
 - Explosion (massexlosion)
 - Pölbrand

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

6 Riskanalys

Detta avsnitt presenterar resultatet från riskanalysen för år 2050 (prognosår). 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 [4]. 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.

6.2 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 väderscenarier. 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 [16]. Därmed bedöms historisk statistik avseende väderförhållanden vara representativa även för framtiden.

6.3 Personbelastning

För att beräkna samhällsrisk behöver det uppskattas hur många människor som vistas inom det område där det finns risk att omkomma av en olycka med farligt gods på Drottningvägen. 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 centralt av detta större område.

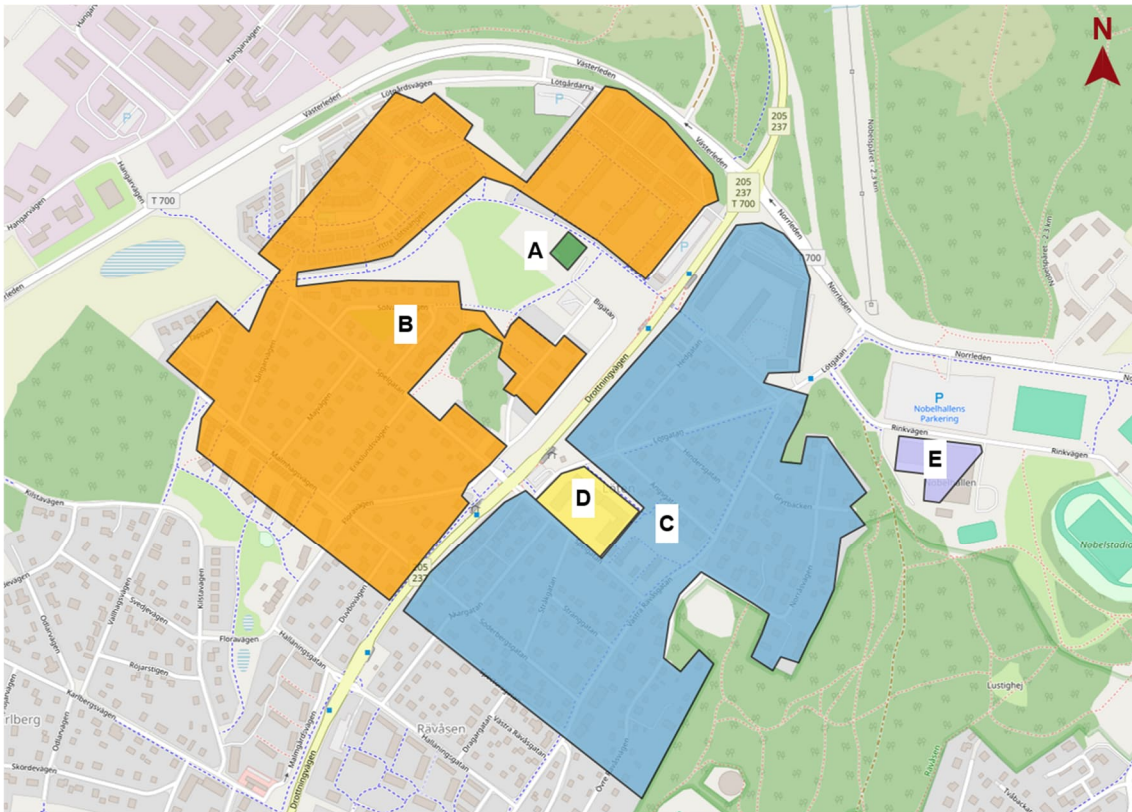
Personbelastningen uppskattas utifrån detaljplanebeskrivning för Solvargshagen, statistik och schablonvärden för olika typ av markanvändning samt tillgängliga uppgifter om personantal. I beräkningsprogrammet Riskcurves [4] placeras befolkningen ut i så kallade befolkningspolygoner. Enbart områden där människor förväntas vistas stadigvarande⁸ inkluderas. För 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).

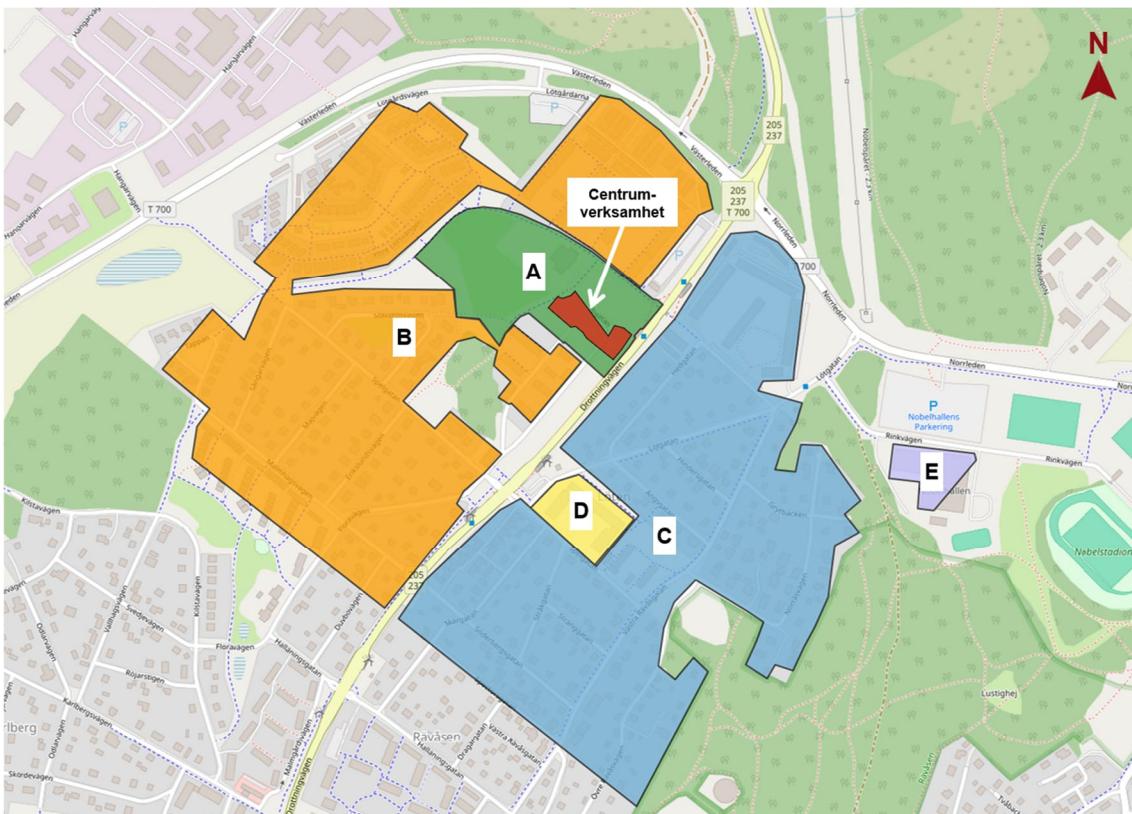
Personbelastningen redovisas för två alternativ. Det ena är utvecklingsalternativet, det vill säga förväntad personbelastning inom området till följd av planförslaget. Det andra är ett nollalternativ som är den förväntade personbelastningen om planförslaget inte genomförs. Att använda två alternativa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

Utöver planområdet beaktas fyra ytterligare områden i anslutning till planområdet och som ingår i det kvadratiske området på en kvadratkilometer, se Figur 6-2 (utvecklingsalternativet). Figur 6-1 visar nollalternativet. I Tabell 6-1 specificeras nuvarande markanvändning av planområdet och användning enligt ny detaljplan.

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) [22]. Stadigvarande vistelse ska alltså inte ses som ett motsatsbegrepp till markanvändningen "tillfällig vistelse" (O) som avser exempelvis tillfällig övernattning och konferensanläggningar.



Figur 6-1. Indelning av område utifrån markanvändning för nollalternativet, i beräkningsprogrammet Riskcurves [17]. Område A skiljer sig åt mellan noll- och utvecklingsalternativet.



Figur 6-2. Indelning av område utifrån markanvändning för utvecklingsalternativet, i beräkningsprogrammet Riskcurves [17]. Område A skiljer sig åt mellan noll- och utvecklingsalternativet.

Tabell 6-1. Specifiering av nuvarande användning av aktuellt område och användning enligt ny detaljplan.

Område	Markanvändning	
	Nollalternativ	Utvecklingsalternativ
Område A	Förskola	Bostäder och centrumverksamhet (detaljplan)
Område B	Bostäder	Bostäder
Område C	Bostäder	Bostäder
Område D	Vård- och omsorgsboende	Vård- och omsorgsboende
Område E	Ishall	Ishall

6.4 Trafikmängd

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

I beräkningarna används prognostiserade trafikuppgifter för år 2050 för den aktuella vägsträckan. 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 för väg 205 år 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik
Total trafik	5 833
Tung trafik	390
Farligt gods	15

6.5 Fördelning av farligt gods

För att kunna beräkna individ- och samhällsriskerna 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-klasserna.

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 6-3 redovisas en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 6-3. 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
7	0,11
8	11,37
9	3,95
Totalt	100

6.6 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 [20]. 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 Drottningvägen som involverar ett farligt gods-fordon är $1,52E-02$, vilket motsvarar en återkomsttid på 66 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 olycksscenarioer beror dels på fördelningen av de olika farligt gods-klasserna i enlighet med avsnitt 6.5, dels på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Sannolikheter för sådana händelser, och frekvenser för varje specifikt olycksscenario, redovisas i beräkningsbilagan.

6.7 Individrisk

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

Figur 6-3 visar individrisken kopplat till aktuellt riskobjekt, Drottningvägen.



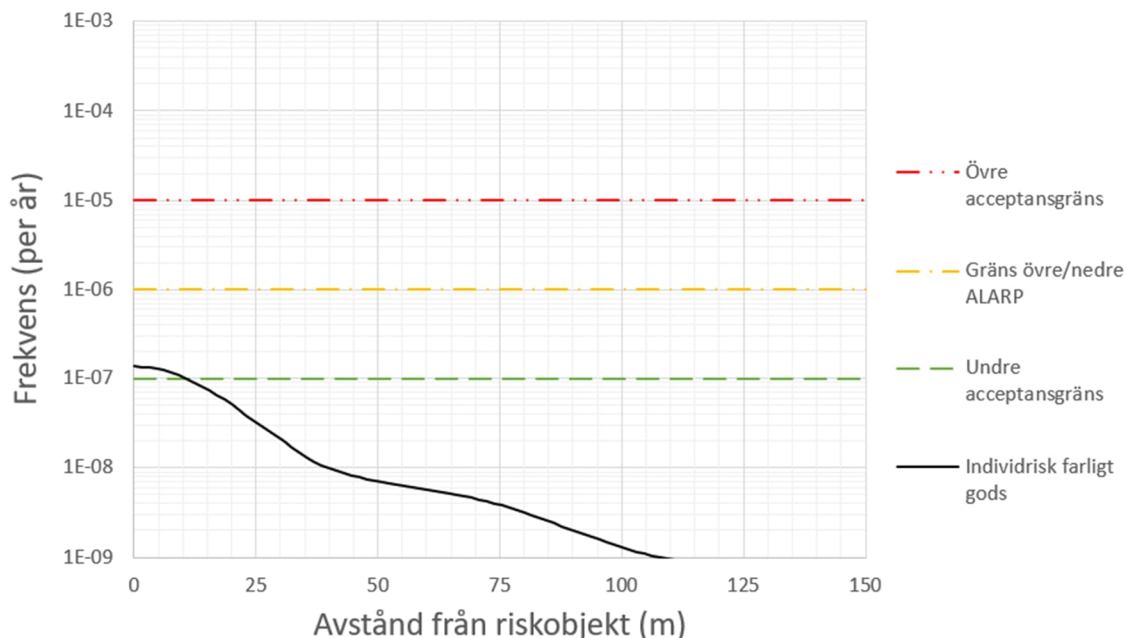
Figur 6-3. Individrisk från transport av farligt gods på den studerade vägssträckan (Drottningvägen). Grön konturkurva motsvarar individrisknivån 10⁻⁷.

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 6-4 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 Drottningvägen till olika risknivåer, kan utläsas ur Figur 6-4:

- Oacceptabel individrisk förekommer inte på något avstånd från Drottningvägen.
- Individrisk inom övre ALARP-området förekommer inte på något avstånd från Drottningvägen.

- Risk inom nedre ALARP-området förekommer på avstånd kortare än 10 meter från Drottningvägen.
- Risken är tolerabel på avstånd längre än 10 meter från Drottningvägen.



Figur 6-4. Individrisk på olika avstånd från riskobjekt.

För att få en förståelse för hur riskerna bör hanteras på olika avstånd från vägen studeras vilka klasser med farligt gods som bidrar mest till individrisken på olika avstånd. Pölbrand med brandfarlig vätska bidrar mest till individrisken på korta avstånd. Individriskbidraget från brandfarlig vätska avtar dock snabbt med ökat avstånd och utgör i princip ingen risk på avstånd längre än 40 meter. På avstånd längre än 40 meter bidrar i stället brandfarlig gas mest till individrisken, främst genom risken för jetbrand, gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion. Detta gäller fram till avstånd på drygt 100 meter, där riskbidraget övergår till att huvudsakligen bestå av giftiga gaser, men även av brandfarliga gaser kopplat till risken för BLEVE. Det bör nämnas att de scenarier som bidrar till individrisken på längre avstånd även bidrar till individrisken på kortare avstånd, men bidraget utgör en lägre andel av den totala individrisken.

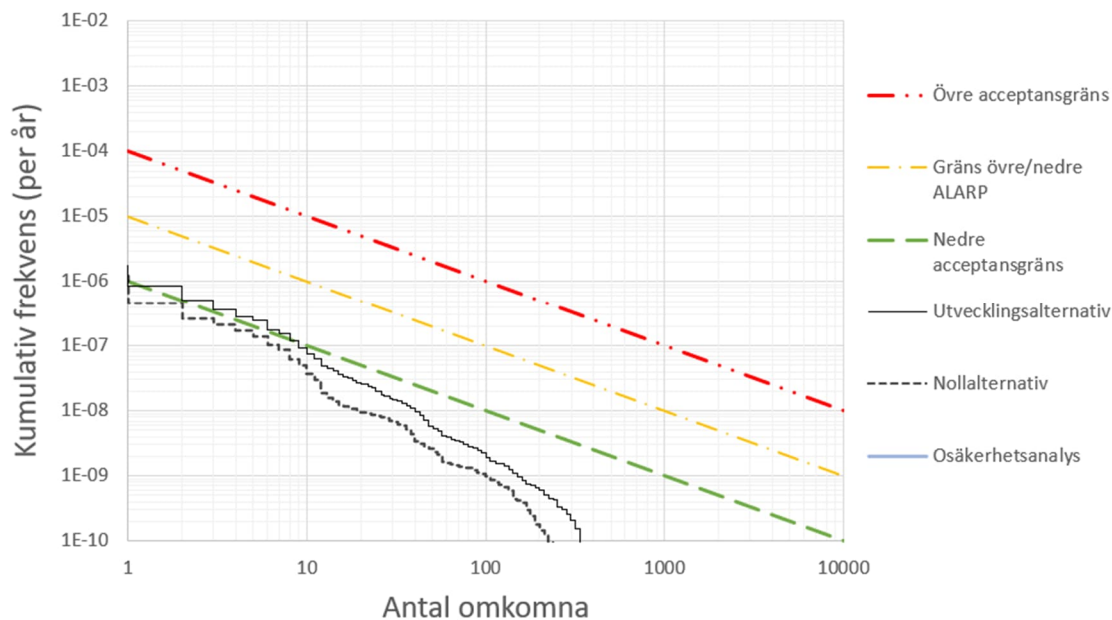
6.8 Samhällsrisk

Nedan presenteras riskanalysens resultat med avseende på samhällsrisk.

Figur 6-5 visar samhällsrisk från olyckor på Drottningvägen i form av F/N-kurvor för utvecklingsalternativet och nollalternativet. Följande resultat för samhällsrisk för utvecklingsalternativet kan utläsas ur Figur 6-5.

- Oacceptabel samhällsrisk förekommer inte.
- Samhällsrisk inom övre ALARP-området förekommer inte.
- Samhällsrisk är inom det nedre ALARP-området för scenarier där 0 till 9 personer förväntas omkomma.

- Samhällsrisk är tolerabel för scenarier där fler än 9 personer förväntas omkomma.



Figur 6-5. Samhällsrisk för olyckor med farligt gods.

Figur 6-5 visar att utvecklingsalternativet medför en ökning av samhällsrisk jämfört med nollalternativet. Ökningen bedöms dock inte vara betydande eftersom samhällsrisk ligger inom nedre delen av nedre ALARP-området.

Vid analys av respektive scenarios riskbidrag till den totala samhällsrisk kan det konstateras att brandfarlig vätska och oxiderande ämnen tillsammans utgör 73 procent av samhällsrisk. Därför bör riskreducerande åtgärder mot dessa skadehändelser prioriteras. I övrigt kommer 25 procent av bidraget till samhällsrisknivån från olyckor med brandfarlig gas och 2 procent från olyckor med giftig gas.

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 följande parametrar:

- antal transporter av farligt gods
- fördelning av farligt gods
- olycksfrekvens
- personbelastning
- parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

7.1.1 Antal transporter av farligt gods

I modellerna som används finns ett linjärt samband mellan risknivån och antalet transporter av farligt gods. Detta innebär att en procentuell förändring av antalet transporter av farligt gods ger motsvarande procentuell förändring av risknivån. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med tio procent att olycksfrekvensen, och därmed individrisken och samhällsrisken, ökar med tio procent.

Genom att förändra andelen farligt gods av total mängd tung trafik förändras risknivån på motsvarande sätt som om antalet transporter ökar, eftersom en ökning av andelen farligt gods innebär en motsvarande ökning i antalet transporter med farligt gods.

7.1.2 Fördelning av farligt gods

Vad gäller fördelningen mellan klasser av farligt gods är sambandet inte tydligt, eftersom de olika farligt gods-klasserna medför olika typer av konsekvenser med olika konsekvensavstånd. Generellt gäller 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.

7.1.2.1 Fördelning av farligt gods på väg 243

Eftersom information om fördelningen av farligt gods på Drottningvägen är begränsad har klassfördelningen antagits utifrån nationell statistik. I en separat riskutredning för detaljplan Ämnet 1, avseende väg 243 som utgör en sekundär led för farligt gods cirka 3 kilometer öster om väg 205, genomfördes kompletterande beräkningar med alternativa fördelningar av farligt gods. Syftet var att analysera modellens känslighet och bedöma hur variationer i klassfördelningen påverkar individ- respektive samhällsrisken.

I dessa beräkningar antogs en högre andel gods i klass 1, 5 och 8 än det nationella snittet, medan andelen klass 2.1 och 3 minskades. Fördelningen baserades på en bedömning av vilka ämnen som sannolikt hanteras av sprängmedelsindustrin i Karlskoga, och denna bedömning gjordes i samråd med Räddningstjänsten. Underlaget grundades inte på empiriska data utan på sakkunniga antaganden, vilket medför en viss osäkerhet.

Resultaten visade att den förändrade fördelningen ledde till att avstånden till tolerabel individrisk blev något kortare, medan samhällsrisken ökade. Ökningen av samhällsrisken förklaras av en större andel klass 1-produkter (explosiva ämnen och föremål), som kännetecknas av långa konsekvensavstånd och därmed högre sannolikhet för fler omkomna vid en olycka. Trots ökningen låg samhällsrisken fortsatt inom acceptabel nivå.

Mot bakgrund av den geografiska närheten till väg 243, bedöms antagandena och resultaten från den tidigare utredningen vara tillämpliga även i föreliggande utredning. Sammantaget bedöms en rimlig variation i klassfördelningen inte påverka resultaten eller slutsatserna i denna utredning i någon större utsträckning.

7.1.3 Olycksfrekvens

I modellerna som används finns ett linjärt samband mellan risknivån och olycksfrekvensen. Detta innebär att en procentuell förändring av olycksfrekvensen ger motsvarande procentuell förändring av risknivån. Exempelvis medför en ökning av olycksfrekvensen med tio procent att individrisken ökar med tio procent.

7.1.4 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 samhällsriskenivån. En allmän ökning av personbelastningen ger en allmän ökning av samhällsrisken men det är svårt att ange exakt hur ökningen sker. Det står dock klart 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.

7.1.5 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

Individ- och samhällsrisken känslighet för variationer av parametrar som påverkar konsekvensavstånden för respektive olycksscenario bedöms som relativt stor. Ett större konsekvensområde för ett scenario leder 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 olycksscenarierna påverkas av flera parametrar, såsom hålstorlek för utsläppet 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. Parametern ytråhet, som beskriver topografin i området, kan också 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
- parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

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 2021. Eftersom det är stickprov finns osäkerheter kopplat till statistiken. Trafikverket bedömer att denna typ av skattningar har god kvalitet. Sammantaget bedöms osäkerheterna kring antalet transporter uttryckt som årsdygnstrafik på den aktuella vägsträckan som låga.

Hur antalet transporter på den aktuella vägsträckan kommer förändras över tid är svårt att förutspå och innebär osäkerheter i resultaten för utvecklingsalternativet. 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.

7.2.2 Andel farligt gods och fördelning av farligt gods

Beräkningarna utgår från statistik på mängden tung trafik på väg. 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 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. Vad gäller befintliga bostadsområden antas personbelastningen vara i linje med det som framkommer i statistik för det specifika området. För det planerade bostadsområdet uppskattas personbelastningen utifrån antalet planerade bostäder och tillgänglig statistik över hushållsstorlek. Personbelastningen för övriga områden antas 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 olycksscenarier. Det bedöms därför inte att vidare utredning behövs med hänsyn till att risken skulle underskattas på grund av antagandet.

7.2.5 Parametrar med påverkan på konsekvensavstånd

Händelseförlopp och konsekvensavstånd för olyckor med de olika farligt godsklasserna 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.

När det gäller väderparametrar hanteras variationen genom att använda historiska väderdata från den närmaste väderstationen och genom att låta riskanalysens scenarier variera med avseende på väder.

Konsekvenserna påverkas också av topografi, befintlig bebyggelse och andra omgivningsparametrar. Hinder i omgivningen påverkar spridningen av gaser, ju fler byggnader eller andra hinder, såsom träd, desto större blir utspädningen. I beräkningarna antas ett litet antal hinder i omgivningen, vilket är konservativt eftersom det finns flera objekt i omgivningen som ökar utspädningen av giftiga och brandfarliga gaser förkortar spridningsavstånden.

En 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 bedöms det att osäkerheter vad gäller de parametrar som påverkar konsekvensavstånden för olika olyckor hanteras på ett sådant sätt att riskerna inte underskattas.

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I detta avsnitt presenteras riskvärderingen samt behov av riskreducerande åtgärder.

8.1 Riskvärdering

8.1.1 Individrisk och samhällsrisk

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

- Individrisken från olyckor med farligt gods är inom risknivån för det undre ALARP-området inom 10 meter från Drottningvägen och i risknivån för tolerabel risk bortanför 10 meter från vägen.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet är delvis inom risknivån för tolerabel risk och delvis inom risknivån för det undre ALARP-området.

Baserat på resultatet av individrisken kan planförslaget bedömas som acceptabelt, med hänsyn till att den planerade bebyggelsen är belägen 12 meter från Drottningvägen.

Resultatet av samhällsrisk, som delvis är inom ALARP-området, innebär att alla rimliga riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att risken ska accepteras. I avsnitt 8.2 presenteras rekommenderade åtgärder.

8.1.2 Trafiksäkerhet

Transporter till och från området kommer huvudsakligen att utgöras av boende och besökare till centrumverksamheten. Dessa transporter bedöms inte öka risken längs Drottningvägen, eftersom det rör sig om ett begränsat antal och då en parallell väg (Bigatan) kan avlasta trafikflödet. Detaljplanen medför inga ytterligare transporter av farligt gods, vilket innebär att trafiksäkerheten inte påverkas av sådana riskfaktorer. Därav bedöms trafiken till och från detaljplaneområdet inte bidra till en betydande ökning av risken på Drottningvägen.

En ökad personbelastning i området kan medföra fler korsande gång- och cykeltrafikanter vid Drottningvägen. Detta bedöms dock inte öka risken för olyckor på vägen, framför allt med avseende på den låga hastighetsgränsen på 50 km/h och att vägsträckan är rak, utan korsningar eller skymd sikt. Längs vägen finns gångbanor och söder om detaljplaneområdet, vid Spelgatan, finns ett övergångsställe med mittrefug vilket bland annat medför ökad synlighet. Därutöver finns en planskild passage i höjd med planområdet, som möjliggör för gång- och cykeltrafikanter att passera utan att behöva korsa Drottninggatan. Vidare är säkerhetsavståndet mellan planerad bebyggelse och vägen 12 meter, och inom detta avstånd planeras parkmark. Bortom dessa 12 meter vistas personer huvudsakligen inomhus eller på en parkeringsyta som inte trafikeras via Drottningvägen, vilket innebär att dessa delar av markanvändningen inte bidrar till ökad korsande trafik på vägen. Med hänsyn till dessa förhållanden bedöms risken för försämrade trafiksäkerhet vara låg.

Sammantaget bedöms trafiksäkerheten på Drottningvägen inte försämrats som en konsekvens av den markanvändning som detaljplanen medger, med hänsyn till hastighetsgränsen, vägens utformning och de omgivande förhållandena.

8.2 Riskreducerande åtgärder

En tolerabel risk innebär att risken kan accepteras utan krav på riskreducerande åtgärder. I enlighet med rimlighetsprincipen bör dock riskreducerande åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt implementeras även om risken är tolerabel.

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 samhällsrisken 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 skyddsavstånd som krävs för att risken ska betraktas som tolerabel, dels sådana riskreducerande åtgärder som utifrån risknivåerna inte kan kravställas men som rekommenderas utifrån möjliga olycksscenarier.

- Krav:
 - Skyddsavstånd
- Rekommendationer:
 - Brandtekniskt skydd
 - Säker utrymning
 - Friskluftsintag

De rekommenderade riskreducerande åtgärderna baseras på Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för primära vägar för farligt gods, se avsnitt 2.3.1. Åtgärderna rekommenderas trots att Drottningvägen är en sekundär väg, med hänsyn till detaljplanens avstånd till vägen, eftersom de anses effektiva för att mildra konsekvenser på nära håll.

8.2.1 Skyddsavstånd

Enligt Länsstyrelsen Stockholm behöver det, för de flesta sekundära leder, finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter mellan vägen och markanvändning såsom bostäder och centrum. Riktlinjerna ger viss möjlighet att bygga närmare än 25 meter, men anger att säkerhetsavstånd under 15–20 meter sannolikt inte är aktuellt. Ett skyddsavstånd på 25 meter kan understigas i de fall där det går få transporter och/eller där de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd. Vidare anser Länsstyrelsen att skyddsavstånd generellt är att föredra framför andra skyddsåtgärder.

För den aktuella vägsträckan finns ingen information om antalet transporter av farligt gods. Istället har 3,8 procent antagits, vilket motsvarar vad som brukar antas för

primära farligt gods vägar. Detta bedöms vara ett konservativt antagande eftersom det generellt går fler transporter av farligt gods på primära vägar i jämförelse med sekundära vägar. För aktuell vägsträcka blir detta 15 farligt godstransporter per dygn, vilket bedöms kunna anses som få transporter.

Riskutredningen inkluderar olyckor som kan få allvarliga konsekvenser på både korta och långa avstånd. Frekvenserna för olyckor med långa konsekvensavstånd är dock låga (i storleksordning 10^{-7} – 10^{-10}).

Det bör dessutom beaktas att sannolikheten för en olycka är låg, med hänsyn till den låga hastighetsgränsen, vilket motiverar att ett kortare skyddsavstånd kan anses tillämpligt.

Riskutredningens resultat visar att individrisken är tolerabel vid avstånd större än 10 meter från Drottningvägen, även med konservativa antaganden. Med utgångspunkt i resultatet, gällande riktlinjer samt med beaktande av planförslaget, ska området inom 12 meter från Drottningvägen vara fritt från bebyggelse.

Avvikelsen från riktlinjernas angivna skyddsavstånd innebär att ytterligare riskreducerande åtgärder bör vidtas.

8.2.2 Brandtekniskt skydd

Vid olyckshändelser som involverar brand kan brandspridning ske till nära belägen bebyggelse. För att reducera risken för detta kan fasader utformas i en viss brandteknisk klass. Exempel på en brandteknisk klass är EI30, där bokstäverna avser en viss egenskap och siffrorna den minsta tiden, i minuter, som egenskapen ska gälla vid ett brandförlopp. *E* innebär ett krav på att konstruktionen är flam- och brandgasavskiljande, medan *I* innebär att fasaden behöver uppfylla krav för temperaturhöjning på motsatt sida från branden. För fönster används ofta i stället beteckningen EW30, där *W* innebär att fönstret inte ska släppa igenom en genomsnittlig värmestrålning som överskrider 15 kilowatt per kvadratmeter.

Länsstyrelsen Stockholm anger att glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30 och fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30, för byggnation inom 30 meter från en primär led.

Eftersom en stor del av individrisken på korta avstånd från vägen utgörs av risker som innefattar brand, bör åtgärder som avser att reducera konsekvenserna av sådana risker beaktas. Därför bör fasader som vetter direkt mot Drottningvägen inom 30 meter utformas i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30 och glas i lägst brandteknisk klass EW30.

8.2.3 Säker utrymning

Vid en olyckshändelse är det av vikt att det finns utgångar från byggnader som möjliggör för en säker utrymning bort från olyckan. Detta innebär att det i byggnader i anslutning till transportleder för farligt gods bör finnas utgångar som möjliggör utrymning bort från transportleden. Personer tenderar att utrymma den väg som de använde för att ta sig in i byggnaden och därför är det fördelaktigt att huvudentréer, om möjligt, inte placeras direkt mot transportleden.

Länsstyrelsen Stockholm anger att planbestämmelser ska säkerställa att det är möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt, inom 30 meter från en primär led.

Säker utrymning, genom placering av utgångar, bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd vid nybyggnation och bör därför beaktas. Planbestämmelser bör säkerställa att utrymning bort från vägen kan ske på ett säkert sätt, inom 30 meter från Drottningvägen.

8.2.4 Friskluftsintag

Länsstyrelsen Stockholm anger att friskluftsintag bör riktas bort från vägen, för byggnation inom 30 meter från en primär led.

Olyckor med giftiga gaser kan medföra långa konsekvensavstånd, och kan beröra hela planområdet. Ventilationssystem bör därför planeras så att det vid spridning av gas kan förhindras att gasen tränger in i byggnader via ventilationssystem och utsätter personer för exponering. Detta kan göras genom att dels placera luftintag på tak eller så högt upp som möjligt på fasad, dels placera luftintag så att de vetter bort från transportleden. Ett förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna.

Strategisk utformning av ventilationssystem bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd vid nybyggnation och bör därför beaktas. Friskluftsintag inom 30 meter från Drottningvägen bör riktas bort från vägen.

8.2.5 Sammanfattning av riskreducerande åtgärder

Nedan sammanfattas samtliga riskreducerande åtgärder som ska eller bör implementeras inom planområdet, fördelat på de områden där åtgärderna varierar utifrån risknivåerna.

Inom 12 meter från Drottningvägen:

- Området ska vara fritt från bebyggelse.

Inom 12–30 meter från Drottningvägen:

- Glas som vetter mot Drottningvägen bör utföras i lägst brandteknisk klass EW30. Fasader som vetter mot Drottningvägen bör utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30.
- Det bör vara möjligt att utrymma bort från Drottningvägen på ett säkert sätt.
- Friskluftsintag bör riktas bort från Drottningvägen.

9 Slutsatser

Följande resultat med avseende på individrisk och samhällsrisk har erhållits:

- Individrisken från olyckor med farligt gods är inom risknivån för det undre ALARP-området inom 10 meter från Drottningvägen och i risknivån för tolerabel risk bortanför 10 meter från vägen.
- Samhällsrisk för utvecklingsalternativet är inom det nedre ALARP-området för scenarier där 0 till 9 personer förväntas omkomma. Samhällsrisk är tolerabel för scenarier där fler än 9 personer förväntas omkomma.

Baserat på resultatet av individrisken kan planförslaget bedömas som acceptabelt, med hänsyn till att den planerade bebyggelsen är belägen 12 meter från Drottningvägen. Resultatet av samhällsrisk, som delvis är inom ALARP-området, innebär däremot att alla rimliga riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att risken ska accepteras, det vill säga åtgärder som inte medför en betydande merkostnad och som förväntas reducera risknivån på ett effektivt sätt.

Följande bedömning med avseende på trafiksäkerheten görs:

Trafiksäkerheten på Drottningvägen påverkas inte negativt som en konsekvens av den markanvändning som detaljplanen medger, med hänsyn till hastighetsgränsen, vägens utformning och de omgivande förhållandena.

Baserat på riktlinjer samt resultaten krävs att skyddsavstånd efterföljs:

- **Skyddsavstånd**
Bebyggelse ska placeras bortom ett avstånd på 12 meter från Drottningvägen.

Utifrån planerad tillkommande bebyggelse uppnås skyddsavståndet.

Följande ytterligare riskreducerande åtgärder, för byggnation inom 30 meter från Drottningvägen, bör övervägas men utgör inte ett krav för föreslagen etablering:

- **Brandtekniskt skydd**
Glas som vetter mot Drottningvägen bör utföras i lägst brandteknisk klass EW30. Fasader som vetter mot Drottningvägen bör utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30.
- **Säker utrymning**
Det bör vara möjligt att utrymma bort från Drottningvägen på ett säkert sätt.
- **Friskluftsintag**
Friskluftsintag bör riktas bort från Drottningvägen.

Baserat på gällande kriterier för riskvärdering bedöms planförslaget vara acceptabelt, förutsatt att planbeskrivning och angivet skyddsavstånd följs. Rekommenderade åtgärder för brandtekniskt skydd, säker utrymning och friskluftsintag bör dock övervägas med hänsyn till rimlighetsprincipen.

10 Referenser

- [1] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [2] Det Norske Veritas (DNV) , "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [3] Swedish Standards Institute (SIS), "SS-ISO 31000:2018 Riskhantering – Vägledning," 2018.
- [4] TNO Riskcurves, RISKCURVES 13.
- [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] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [10] ConsenCUS, "Safety in CO2 logistics," 2024.
- [11] MSB, "RIB: Oxiderande vätska, frätande, n.o.s.," [Online]. Available: <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=2207>.
- [12] MSB, "RIB: Organisk peroxid typ D, fast," [Online].
- [13] DSV, "Klass 7 Radioaktivt material," [Online]. Available: <https://www.dsv.com/sv-se/vara-losningar/transportsatt/mervardestjanster/transport-av-farligt-gods/9-klasser-med-farligt-gods/klass-7-radioaktiva-amnen>.
- [14] 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>.
- [15] 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>.
- [16] 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>. [Accessed 12 07 2024].
- [17] TNO Riskcurves, RISKCURVES 12.5.2.
- [18] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [19] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.

[20] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.

[21] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," 2006.

[22] Länsstyrelsen i Skåne län, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen -Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007.

Bilaga

Handläggare: Frida Falk

Tel: +46 10-505 67 62

Mobil: +46 72-208 82 08

E-post: frida.falk@afry.com

Datum: 2026-03-19

Projekt ID: D0293597

Kund: Karlskoga kommun

Beräkningsbilaga till Riskutredning för Solvargshagen, Karlskoga

Rapportshistorik

Ver.	Beskrivning	Datum	Uppdragsledare och Handläggare	Intern kvalitetsgranskning
1	Första utgivna versionen	2026-03-19	Tove Raquette Frida Falk	Tove Raquette

Innehållsförteckning

1 Inledning	4
2 Kvantitativa riskmått.....	5
3 Personbelastning	6
3.1 Sammanfattning av personbelastning.....	11
4 Väderdata	12
4.1 Vindhastighet	12
4.1.1 Stabilitetsklass	13
4.2 Vindriktning	14
5 Olycka med farligt gods	16
5.1 Trafikmängd	16
5.2 Fördelning av farligt gods	17
5.3 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods.....	18
5.3.1 Olycksfrekvens på väg.....	18
5.3.2 Olycksscenarier	20
5.3.3 Summering av frekvensberäkningar.....	32
5.4 Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods.....	33
5.4.1 Generella omgivningsparametrar	33
5.4.2 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål.....	34
5.4.3 Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	35
5.4.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser.....	40
5.4.5 Klass 3 – Brandfarliga vätskor.....	42
5.4.6 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	45
Referenser.....	46

1 Inledning

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

- Riskutredning för Solvargshagen, Karlskoga, daterad 2016-03-19

Beräkningsbilagan omfattar följande områden:

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

2 Kvantitativa riskmått

Individrisk och samhällsrisk beskrivs i huvudrapporten. 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, 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.

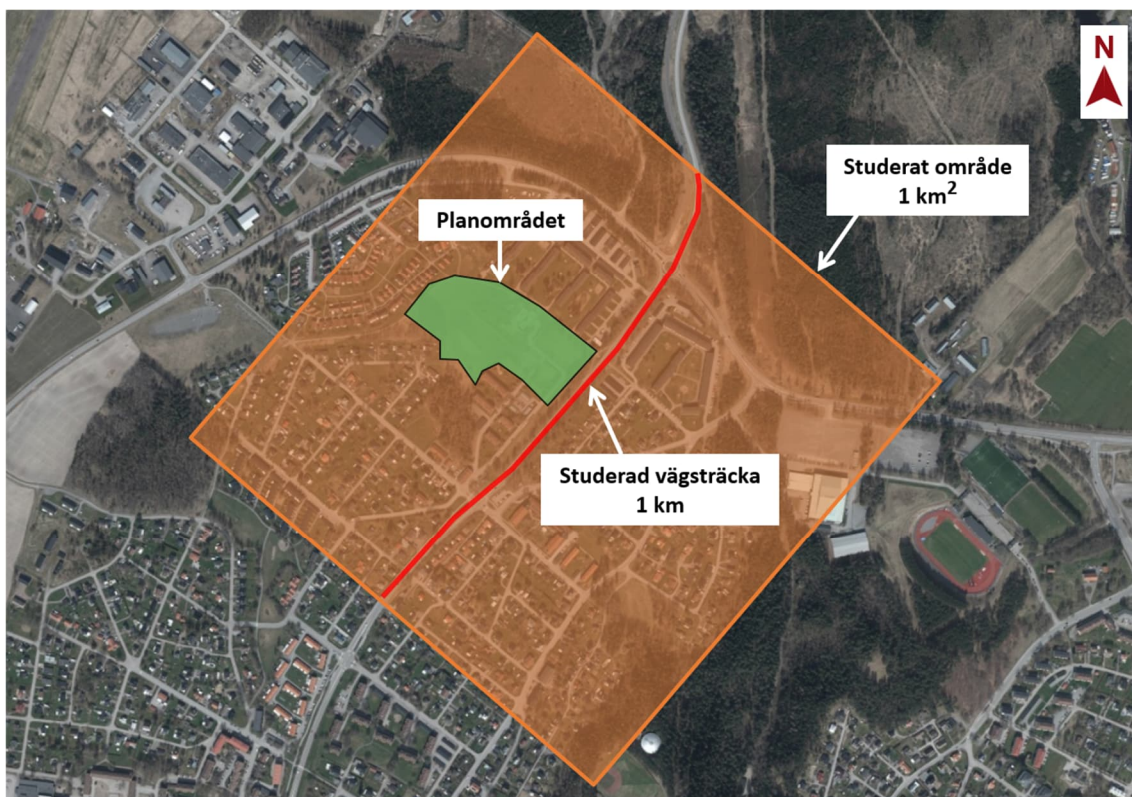
$$F_N = \sum_i F_i \text{ för alla sluthändelser för vilka } N_i \geq N$$

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. Personbelastningen presenteras både för ett nollalternativ, som utgår från nuvarande förhållanden, och för ett utvecklingsalternativ, som anger den förväntade belastningen vid genomfört planförslag. I syfte att kunna analysera den förändring i samhällsrisk som planförslaget innebär.

Personbelastningen beaktas för en yta om en kvadratkilometer, med studerad vägsträcka (1 kilometer av Drottningvägen/Filipstadsvägen) placerad i mitten och planområdet placerat i anslutning till vägsträckans mittpunkt, se Figur 3-1.

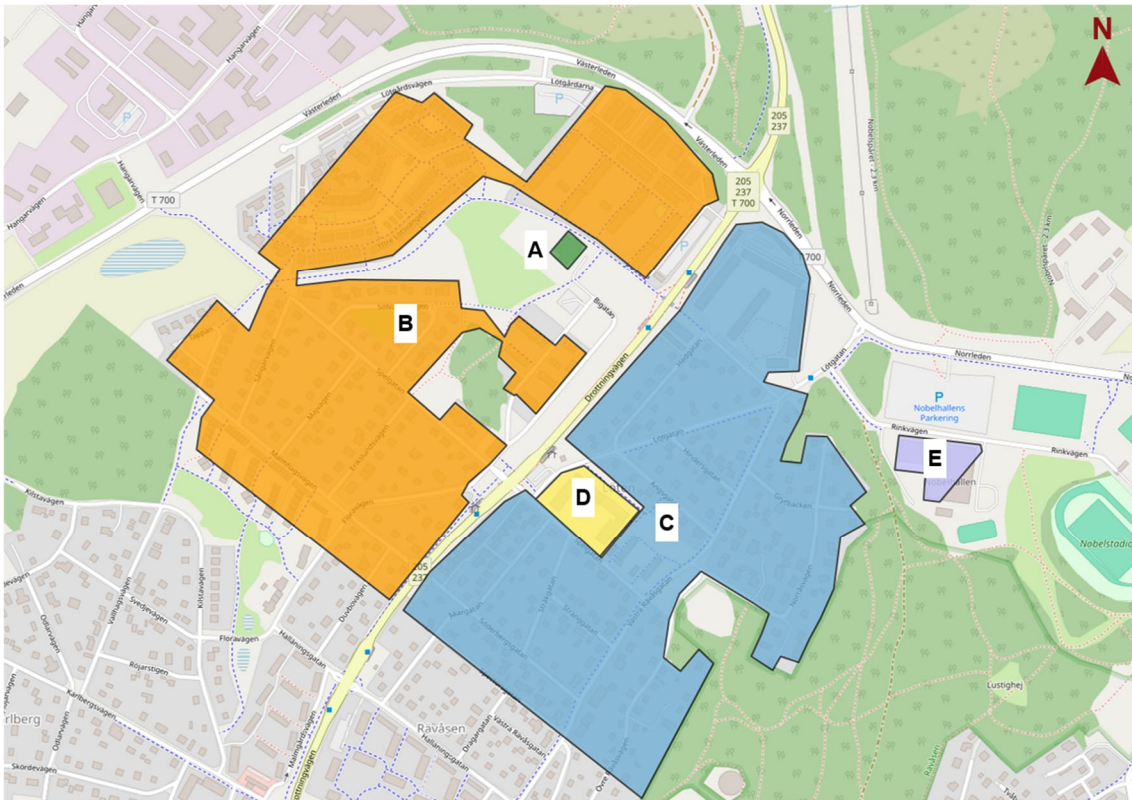


Figur 3-1. Kvadratisk område om en kvadratkilometer med studerad vägsträcka placerad i mitten och planområdet placerat i anslutning till vägsträckans mittpunkt.

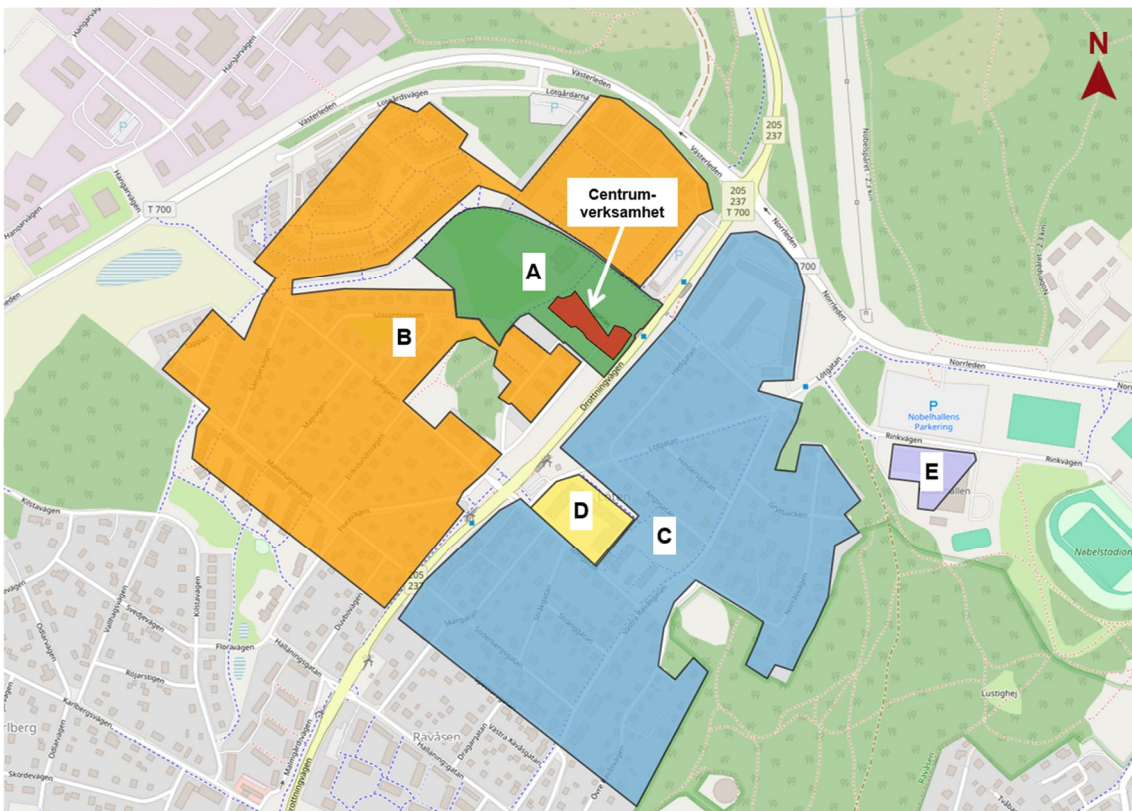
Det kvadratiske området (på en kvadratkilometer) delas in i flera mindre områden baserat på markanvändning, där varje delområde tilldelas en antagen personbelastning. Studerat område har delats in i fem delområden, varav ett område, Område A, skiljer sig åt mellan noll- och utvecklingsalternativet.

I beräkningsprogrammet Riskcurves [1] representeras områdena av så kallade befolkningspolygoner, se Figur 3-2 (nollalternativet) och Figur 3-3 (utvecklingsalternativet). Enbart områden där människor förväntas vistas stadigvarande¹ inkluderas.

¹ 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) [18]. Stadigvarande vistelse ska alltså inte ses som ett motsatsbegrepp till markanvändningen "tillfällig vistelse" (O) som avser exempelvis tillfällig övernattning och konferensanläggningar.



Figur 3-2. Indelning av område utifrån markanvändning för nollalternativet, i beräkningsprogrammet Riskcurves [1]. Område A skiljer sig åt mellan noll- och utvecklingsalternativet.



Figur 3-3. Indelning av område utifrån markanvändning för utvecklingsalternativet, i beräkningsprogrammet Riskcurves [1]. Område A skiljer sig åt mellan noll- och utvecklingsalternativet.

Markanvändningen för delområdena A–E i nollalternativet respektive utvecklingsalternativet redovisas i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Markanvändning av delområde A–E i nollalternativet respektive utvecklingsalternativet.

Område	Markanvändning	
	Nollalternativ	Utvecklingsalternativ
Område A	Förskola	Bostäder och centrumverksamhet (detaljplan)
Område B	Bostäder	Bostäder
Område C	Bostäder	Bostäder
Område D	Vård- och omsorgsboende	Vård- och omsorgsboende
Område E	Ishall	Ishall

För respektive område beskrivs de antaganden som har tillämpats avseende:

- Antal personer i området dagtid och nattetid.
- Andel personer inomhus dagtid och nattetid.
- Nyttjandegrad, dvs. hur många dagar per år ett visst område används.

I beräkningarna definieras dagtid som perioden 08:00–18:30, medan nattetid avser tiden 18:30–08:00. Detta innebär att dagtid gäller 44 procent av tiden. Förutom personbelastningen skiljer sig även aktuella vindförhållanden mellan dagtid och nattetid, se avsnitt 4.

Område A nollalternativ – Förskola

Markanvändningen av Område A utgörs idag (nollalternativet) till större delen av grönområde, gång- och cykelvägar, en grusparkering samt en förskola (Lärkans förskola), som planeras att rivs och ersätts på annan plats utanför detaljplanen.

- Antalet personer i området uppskattas till 90 personer dagtid, enligt erhållna uppgifter från Karlskoga kommun. Uppskattningen grundar sig på att förskolan omfattar 76 platser samt personal. Inga personer förväntas inom området nattetid.
- Andelen personer inomhus under dagtid ansätts till 93 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna. (Fördelning antas motsvara den som gäller för bostadsområden då mer specifika uppgifter saknas).
- Nyttjandegraden för området ansätts till 250 dagar per år, med hänsyn till att förskolan är stängd under helger och helgdagar.

Område A utvecklingsalternativ – Bostäder och centrumverksamhet (detaljplan)

Markanvändningen av Område A är bostäder och centrumverksamhet för utvecklingsalternativet. Planförslaget omfattar enbostadshus, radhus och flerbostadshus och avser möjliggöra för cirka 150 bostäder. Vidare avser detaljplanen

möjliggöra för centrumverksamheter som exempelvis närbutik, café, restaurang, frisör, inom östra delen av planområdet.

- Antalet boende inom området uppskattas till 300 personer, antaget 2,0 personer per hushåll, enligt statistik över antal personer per hushåll (samtliga boendeformer) i Örebro år 2024 [2]. Det antas att 100 procent av de boende vistas inom området på natten och 70 procent på dagen, eftersom vissa förväntas befinna sig på sin arbetsplats under dagtid. Antalet personer inom centrumverksamheten uppskattas till 210 personer dagtid och 42 personer nattetid. Antagandet grundar sig på Länsstyrelsen Hallands riktlinjer som kan användas för beräkning av dimensionerande personantal, där 0,04 personer per kvadratmeter ansätts för centrumbebyggelse. (Eftersom Länsstyrelsen Stockholm inte tillhandahåller siffror för personbelastning, används istället riktlinjerna från Länsstyrelsen Halland.). Antagandet anses konservativt.
- Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna.
- Nyttjandegraden för området ansätts till 365 dagar per år.

Område B, C – Bostäder

Markanvändningen av Område B och C är bostäder (villabebyggelse, radhus och flerbostadshus), för både noll- och utvecklingsalternativet. Fram till år 2050 antas generellt en ökning på 10 procent av persontätheten för att ta hänsyn till eventuella förändringar av området. Antagandet bedöms som rimligen konservativt eftersom områdena till stor del består av befintlig bebyggelse och därmed förväntas ökningen av befolkningstätheten vara begränsad.

- Antalet folkbokförda personer inom områdena är ungefär 1 500, enligt erhållna uppgifter från Karlskoga kommun. Med en antagen ökning på 10 procent fram till 2050 uppgår antalet personer till 1 650. Det antas att 100 procent av personerna vistas inom området på natten och 70 procent på dagen, eftersom vissa förväntas befinna sig på sin arbetsplats under dagtid.
- Andelen personer inomhus under dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1] som används för de kvantitativa beräkningarna.
- Nyttjandegraden för området ansätts till 365 dagar per år.

Område D – Vård- och omsorgsboende

Markanvändningen av Område E är vård- och omsorgsboende (Lötängens sjukhem), för både noll- och utvecklingsalternativet. Enligt information från Karlskoga kommun omfattar boendet 80 lägenheter och cirka 80 i personalen.

- Antalet personer i området dagtid och nattetid ansätts till 100, med antaget att det är 1 boende per lägenhet och 20 personer inom personalen.

- Andelen personer inomhus dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för bostadsområden av programvaran Riskcurves [1], som används för de kvantitativa beräkningarna.
- Nyttjandegraden för området ansätts till 365 dagar per år.

Område E – Ishall

Markanvändningen av Område G är en ishall (Nobelhallen), för såväl nollalternativet som utvecklingsalternativet. Ishallen användas även som konsert- och mässhall och rymmer 5 000 åskådare. I Nobelhallen finns även en bowlinghall med tio banor, en bordtennishall och en restaurang med cirka 70 platser.

Antalet personer inom området varierar i hög grad. Den maximala personbelastning uppnås endast vid ett begränsat antal tillfällen och timmar per år, i samband med större evenemang. Under merparten av året och dygnet är personantalet inom hallen väsentligt lägre än den maximala kapaciteten. Därför beaktas två olika personbelastningar för området: en personbelastning som motsvarar områdets maximala personbelastning och en reducerad personbelastning, representativt för den övervägande delen av året.

Maximal personbelastning

- Antalet personer i området ansätts till 5 000 personer, dagtid och nattetid.
- Andelen personer inomhus dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för industri- och bostadsområden av programvaran Riskcurves [1], som används för de kvantitativa beräkningarna. (Fördelning antas motsvarar den som gäller för industri- och bostadsområden då mer specifika uppgifter saknas).
- Nyttjandegraden för området ansätts till 13 dagar per år, antaget att maxbelastningen inträffar vid 80 tillfällen per år med en varaktighet på 4 timmar per tillfälle.

Normal (daglig) personbelastning

- Den dagliga personbelastningen i området uppskattas till 320 personer, dagtid och nattetid, med samtliga verksamheter (ishall, bowlinghall, bordtennishall och restaurang) inkluderade.
- Andelen personer inomhus dagtid och nattetid ansätts till 93 procent respektive 99 procent, vilket föreslås för industri- och bostadsområden av programvaran Riskcurves [1], som används för de kvantitativa beräkningarna. (Fördelning antas motsvarar den som gäller för industri- och bostadsområden då mer specifika uppgifter saknas).
- Nyttjandegraden för området ansätts till 365 dagar per år.

3.1 Sammanfattning av personbelastning

Personbelastningen inom respektive område redovisas i Tabell 3-2.

Den totala personbelastningen för studerat område är 1996 personer dagtid och 2412 personer nattetid för utvecklingsalternativet, bortsett från den maximala personbelastningen i område E, vilken inte uppnås fler än 13 dagar (dygn) per år.

Tabell 3-2. Sammanfattning av personbelastning inom respektive område.

Område		Antal personer		Andel personer inomhus		Nyttjandegrad uttryckt i dagar per år	Kommentar
		Dag	Natt	Dag	Natt		
Område A	Förskola	90	0	0,93	-	250	Nollalternativ
	Bostäder	210	300	0,93	0,99	365	Utvecklingsalternativ (detaljplan)
	Centrumverksamhet	210	42	0,93	0,99	365	Utvecklingsalternativ (detaljplan)
Område B – Bostäder		578	825	0,93	0,99	365	Antaget att antal personer är lika fördelat mellan Område B och C
Område C – Bostäder		578	825	0,93	0,99	365	
Område D – Vård- och omsorgsboende		100	100	0,93	0,99	365	
Område E – Ishall		5 000	5 000	0,93	0,99	13	Maximal personbelastning
		320	320	0,93	0,99	365	Normal (daglig) personbelastning

4 Väderdata

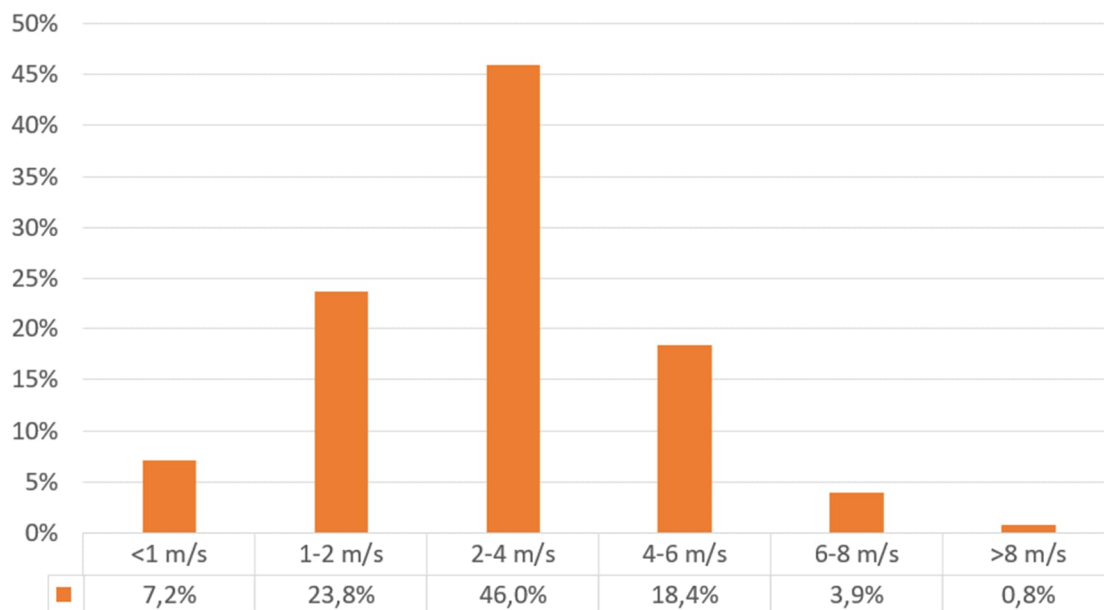
Den närmaste (aktiva) mätstationen tillhörande SMHI i förhållande till planområdet benämns Kilsbergen-Suttarboda A. Avståndet mellan mätstationen och planområdet är cirka 21,5 kilometer. Figur 4-1 visar placeringen av mätstationen i förhållande till planområdet. Data från mätstationen avseende vindhastighet och vindriktning mellan 2005 och 2025 är hämtat från SMHI:s öppna databas [3].



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

4.1 Vindhastighet

Vindhastigheten 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 3,0 meter per sekund och vindstilla förhållanden uppmättes under cirka 2,47 procent av tiden.



Figur 4-2. Fördelning av vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, 2005–2025.

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 [4, 5].

Turbulens	Beskrivning av väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Instabil	Måttligt till mycket solinstrålning, dvs. 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 instabil	< 2,5
		B: Måttligt instabil	2,5–4
		C: Svagt instabil	> 4

Turbulens	Beskrivning av väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning, dvs. molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (vinkel mellan 15 och 35 grader), 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

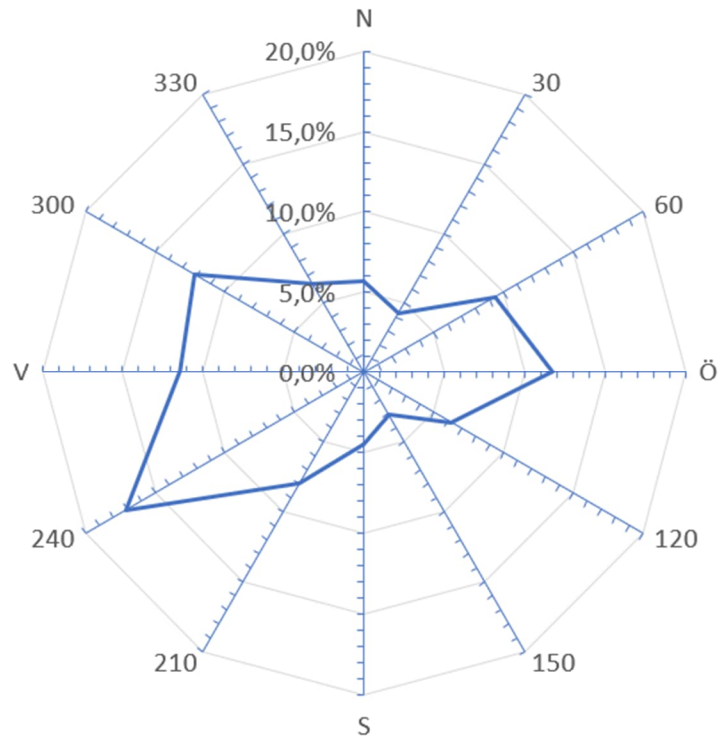
De valda väderförhållandena bedöms som representativa och rimligt konservativa. I Tabell 4-2 visas fördelning mellan de olika väderscenerierna för såväl dagtid som nattetid. Fördelningen är uppskattad utifrån dels statik för vindhastighet vid mätstationen Kilsbergen-Suttarboda A, dels vanligt förekommande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

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

Väderförhållande	Dag [%]	Natt [%]
2F	6	53
2D	58	18
5D	35	29
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, 2005–2025.

5 Olycka med farligt gods

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

5.1 Trafikmängd

Trafikmängden är grundläggande för beräkning av risk med transport av farligt gods. Nedan presenteras trafikmängd och hur den har bestämts.

Årsdygnstrafik för den totala samt tunga trafiken erhålls från Trafikverkets nationella vägdatabas [6]. Erhållna data avser år 2021 och räknas upp till prognosår 2050.

För att beräkna förväntad årsdygnstrafik för år 2050 tillämpas Trafikverkets trafikutvecklingstal [7]. Trafikutvecklingstalen anges för såväl lastbil som personbil och presenteras för Örebro i Tabell 5-1. Ökningen mellan 2019 och 2045 respektive 2045 och 2065 antas vara linjär. Baserat på trafikutvecklingstalen beräknas trafikutvecklingskvoten mellan 2021 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 Örebro.

Trafikutvecklingstal	Personbil	Lastbil (tung trafik)
Trafikutvecklingskvot 2019–2045	1,24	1,40
Trafikutvecklingskvot 2019–2065	1,45	1,64
Trafikutvecklingskvot 2021–2050	1,27	1,42

Trafikuppgifter för 2021 och 2050 på den aktuella vägsträckan, baserade på ovan antaganden och att andelen farligt gods utgör 3,8 procent, se Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Trafikuppgifter för 2021 och 2050.

Trafiktyp	Årsdygnstrafik	
	2021	2050
Total trafik	4 564	5 833
Tung trafik	275	390
Farligt gods	10	15

5.2 Fördelning av farligt gods

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

I frekvensberäkningarna för trafikolycka på väg baseras fördelning av klasserna på nationell statistik för antal körda kilometer från myndigheten Trafikanalys. I Tabell 5-3 presenteras en genomsnittlig fördelning av de olika klasserna för perioden mellan 2015 och 2024, som används i beräkningarna.

Tabell 5-3. 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
<i>Totalt</i>	<i>100,00</i>

* Delas upp i klass 2.1, 2.2 och 2.3, se Tabell 5-4.

Tabell 5-3 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 ingår i en olycka, kommer händelseförloppet se olika ut. Därför krävs 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 5-4.

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 5-4.

Tabell 5-4. 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
<i>Totalt</i>	<i>100,00</i>	<i>30,22</i>	<i>30,22</i>

5.3 Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods

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

5.3.1 Olycksfrekvens på 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* [10]. 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 [10] 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:

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

Där

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

Såväl andelen singelolyckor som olyckskvoten beror på ett antal vägparametrar, såsom vägtyp och hastighetsgräns. I Räddningsverkets dokument [10] 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 5-5.

Tabell 5-5. Indataparametrar för beräkning av trafikolyckor.

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

Sammanlagt antal fordonskilometer för samtliga fordonsslag beräknas enligt:

$$S_{\text{samtliga fordonsslag, år}} = \mathring{A}DT_{\text{total}} \cdot 365 \cdot l_{\text{vägsträcka}}$$

Där

- $S_{\text{samtliga fordonsslag, år}}$ = antal fordonskilometer för ett år för samtliga fordonsslag
- $\mathring{A}DT_{\text{total}}$ = 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 5-6.

Tabell 5-6. 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)	1,52E-02
Återkomsttid för förekomst av fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor (år)	66

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:

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

Där

- $F_{Olycka, Klass X}$ = frekvens för olycka med farligt gods i Klass X, redovisas i Tabell 5-7
- $F_{Olycka FG}$ = förväntat antal olyckor med farligt gods, redovisas i Tabell 5-6
- $A_{Klass X}$ = andel transporter av Klass X, redovisas i avsnitt 5.2

Frekvensen för olycka med olika klasser av farligt gods redovisas i Tabell 5-7. De ämnesklasser av farligt gods som redovisas i Tabell 5-7 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 5-7. Frekvens för olycka på väg med olika klasser av farligt gods.

Olycka med transport innehållande	Frekvens (per år)
Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	1,02E-04
Klass 2.1 – Brandfarliga gaser	1,09E-03
Klass 2.3 – Giftiga gaser	1,52E-05
Klass 3 – Brandfarliga vätskor	6,62E-03
Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	5,40E-04

5.3.2 Olycksscenarier

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

olycksscenarier beror på sannolikheten för en rad händelser, exempelvis läckage och antändning. Antaganden och beräkning av sannolikheter för sådana händelser redovisas nedan.

5.3.2.1 Olycka på väg

Räddningsverket [10] 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 [10]. 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 [10]
- $I_{Olycka,FG,max}$ = maximalt index för olycka med farligt gods (gäller för motorväg, landsbygd, 110 km/h), erhålls från [10]

Relevanta index för olycka med farligt gods och indexkvot sammanfattas i Tabell 5-8. Hur dessa värden används i beräkningarna beskrivs under respektive klass nedan.

Tabell 5-8. 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)	0,02
Index för olycka med farligt gods för aktuell väg, dividerat med 30 (sannolikhet läckage av farligt gods som transporteras under tryck)	0,001
Indexkvot	0,048

5.3.2.2 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 transportererna utgörs av 2 ton massexplosiva varor och att 1 procent av transportererna 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 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 5.3.2. 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 [10]. 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 5.3.2

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 [11] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 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 5.3.2. 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 [10]. Detta innebär att sannolikheten för stötinitierad detonation vid olycka på aktuell vägsträcka beräknas enligt:

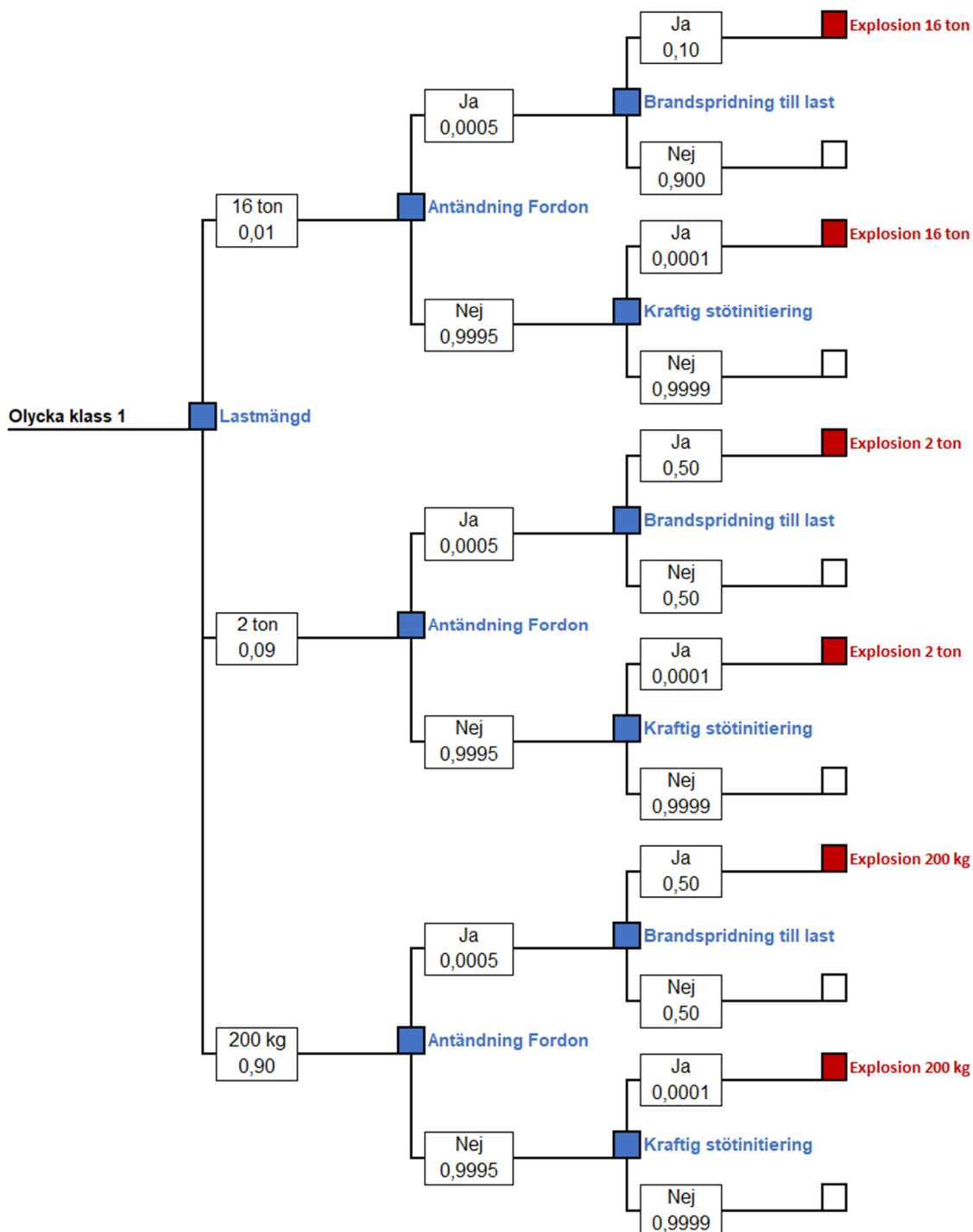
$$P_{kraftig\ stötinitiering} = 0,002 \cdot I_{Kvot}$$

Där

- $P_{kraftig\ stötinitiering}$ = sannolikhet för kraftig stötinitiering vid olycka
- I_{Kvot} = indexkvot, se avsnitt 5.3.2

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 väg.



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

5.3.2.3 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 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 5-8.

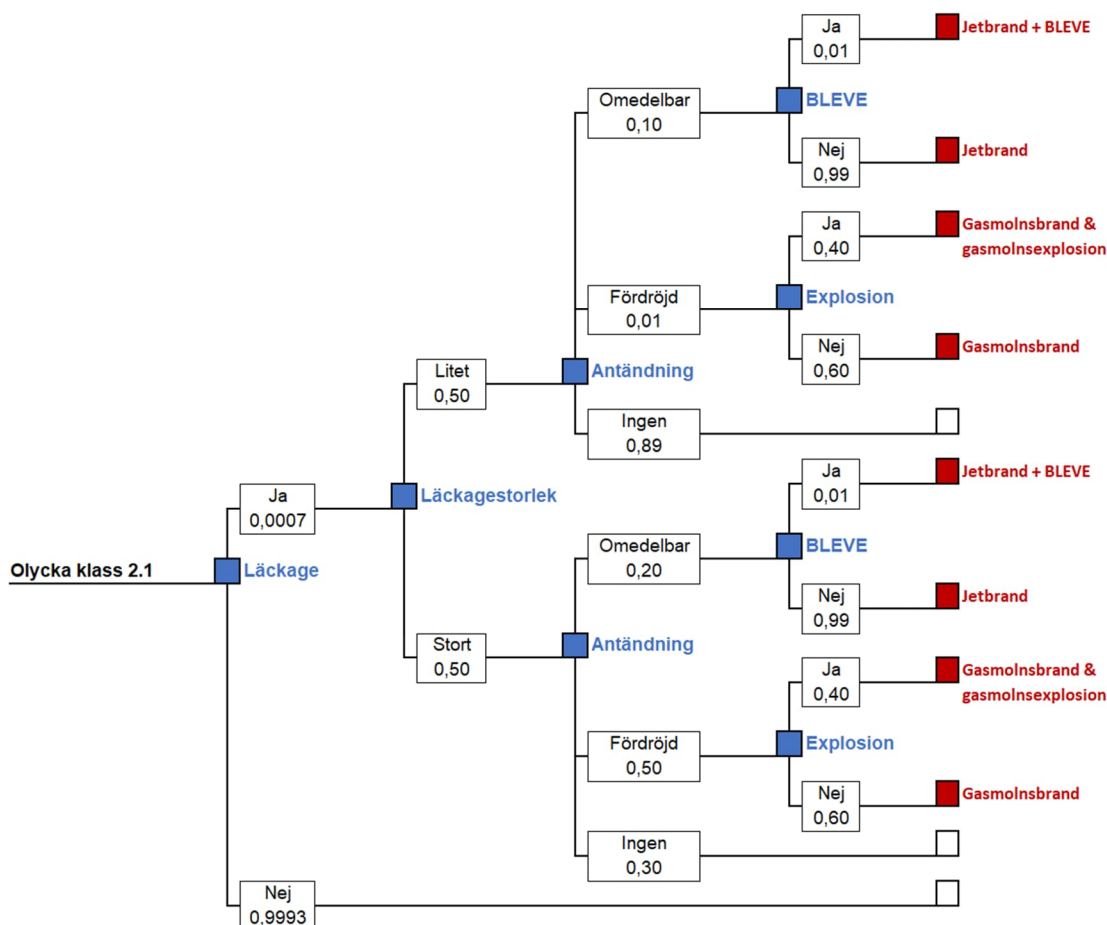
Läckagen delas upp i små läckage och stora läckage. På järnväg är sannolikheten för litet respektive stort läckage lika stort [12]. Vad gäller olyckor på väg anger Räddningsverket [10] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 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 [13]. För att en fördröjd antändning ska ske krävs som regel ett större läckage [13] 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 [4]. 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 händelseträdet för olyckor med brandfarliga gaser. Händelseträdet, med de värden som presenteras i Figur 5-2, tillämpas för frekvensberäkningarna för väg.



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

5.3.2.4 Klass 2.3 – Giftiga gaser

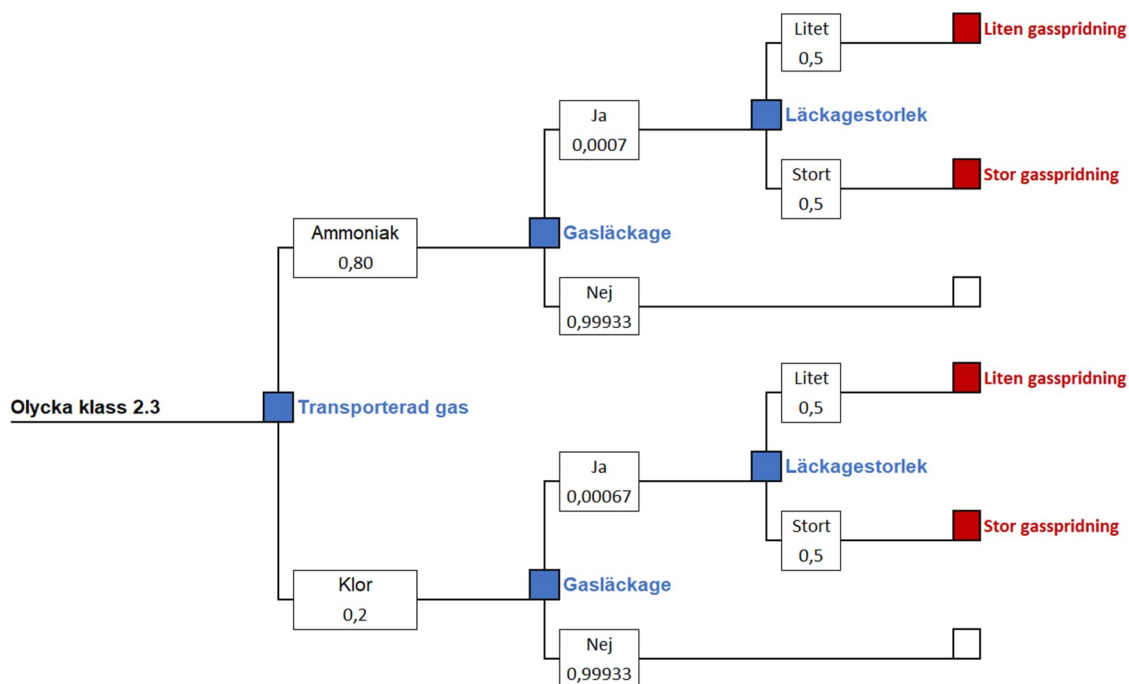
I beräkningarna representeras giftiga gaser av ammoniak och klor, vilket bedöms vara en rimlig representation över de giftiga gaser som faktiskt transporteras. Sannolikheten för transport av ammoniak och klor sätts till 80 procent respektive 20 procent.

Sannolikheten för att tanken skadas och ett läckage uppstår är beroende av fordonets hastighet vid olyckan. För olyckor på 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 5-8.

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 [10] ingen fördelning mellan litet läckage och stort läckage i sin metod. Därför antas att små och stora läckage utgör 50 procent vardera.

Händelsetråd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-3 som visar händelsetrådet för olyckor med giftiga gaser. Händelsetrådet med de värden som presenteras Figur 5-3 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg.

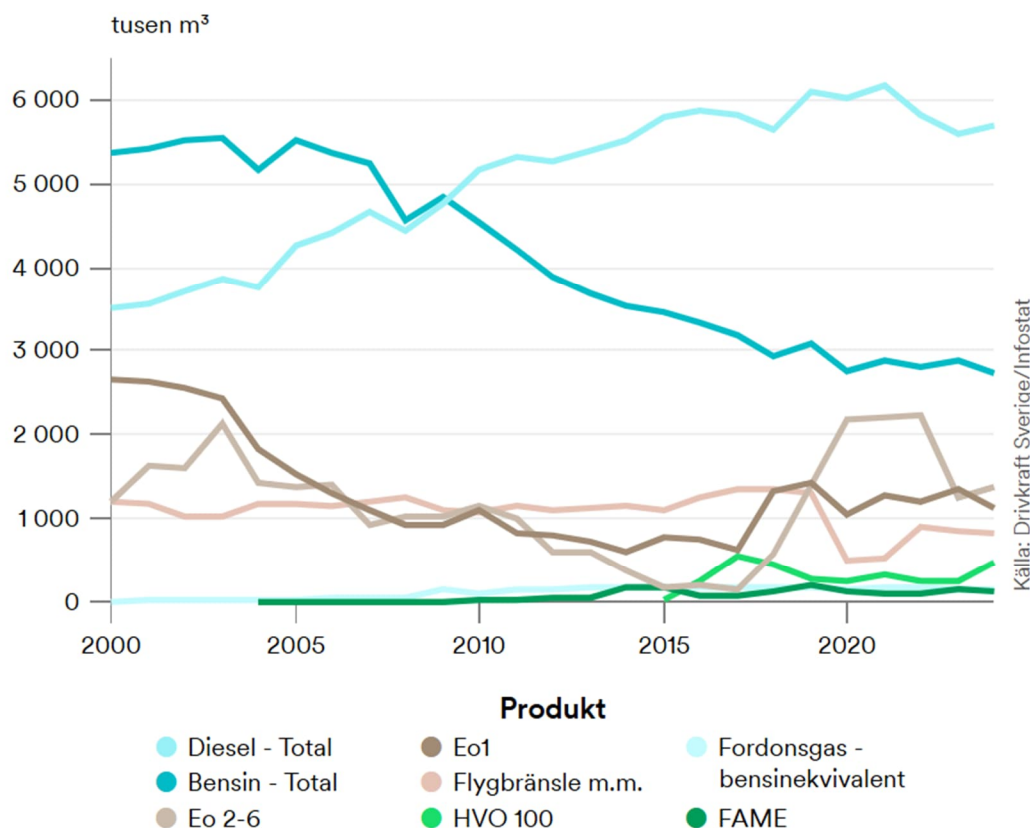


Figur 5-3. Händelseträ för olycka med giftig gas.

5.3.2.5 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 bensin för cirka 30 procent av samtliga transporterade oljeprodukter och förnybara drivmedel.

I beräkningarna representeras de brandfarliga vätskorna av bensin respektive resterande drivmedel (diesel, flygbränsle osv.). Bensin antas utgöra 40 procent av all brandfarlig vätska och resterande drivmedel antas utgöra 60 procent. Jämfört med statistiken i Figur 5-4, antas en något högre andel transport av bensin, vilket är konservativt eftersom bensin är mer benäget att användas och medför större konsekvenser i samband med antändning. I beräkningarna representeras bensin 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 [14].

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 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 5-8.

Läckage av brandfarliga vätskor delas upp i små, medelstora och stora läckage i enlighet med *Purple Book* [4]. Utsläppsvolymerna presenteras i Tabell 5-9 tillsammans med pölstorlek och sannolikhet för varje utsläppsvolymer. Informationen i Tabell 5-9 gäller för utsläpp av såväl pentan som dodekan.

Tabell 5-9. 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, bensin och etanol är lättantändliga vätskor medan dodekan, diesel och eldningsolja är svårantändliga vätskor. Sannolikheter för antändning, som används i

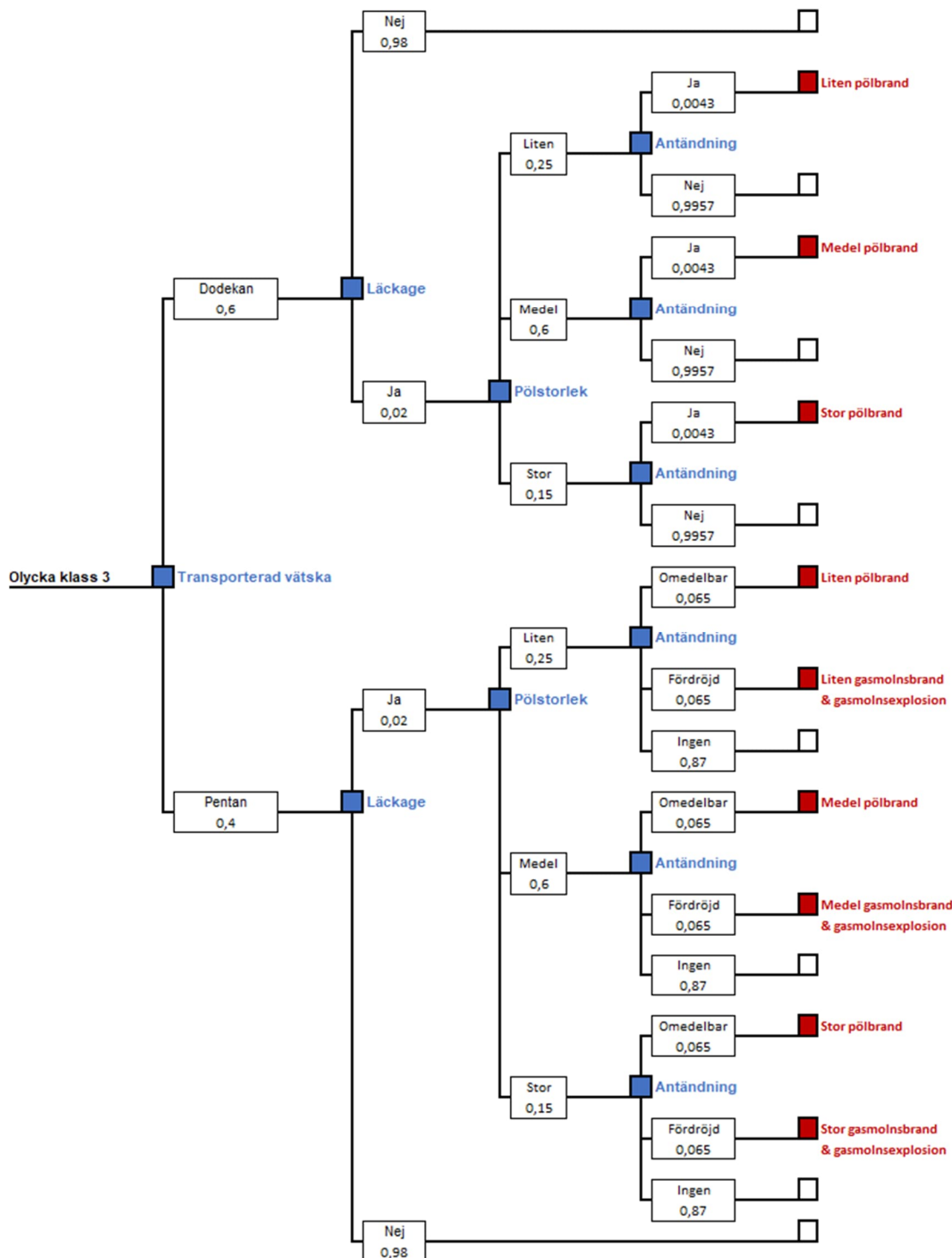
beräkningsprogrammet, är i enlighet med *Purple Book* [4] och redovisas i Tabell 5-10. För pentan finns risk för fördröjd antändning av den förångade vätskan, vilket innebär risk för både gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion. Vid fördröjd antändning antas motsvarande sannolikheter för gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion som anges för brandfarlig gas i avsnitt 5.3.2.3, det vill säga att 60 procent av de fördröjda antändningarna leder till gasmolnsbrand medan resterande 40 procent leder till gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion.

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

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

Händelsetråd

Ovanstående resonemang sammanfattas i Figur 5-5, som visar händelsetrådet för olyckor med brandfarliga vätskor. Händelsetrådet, med de värden som presenteras i Figur 5-5, tillämpas för frekvensberäkningarna för väg.



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

5.3.2.6 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 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 5-8.

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 olycksscenarier bestående av följande mängder massexplosiva varor:

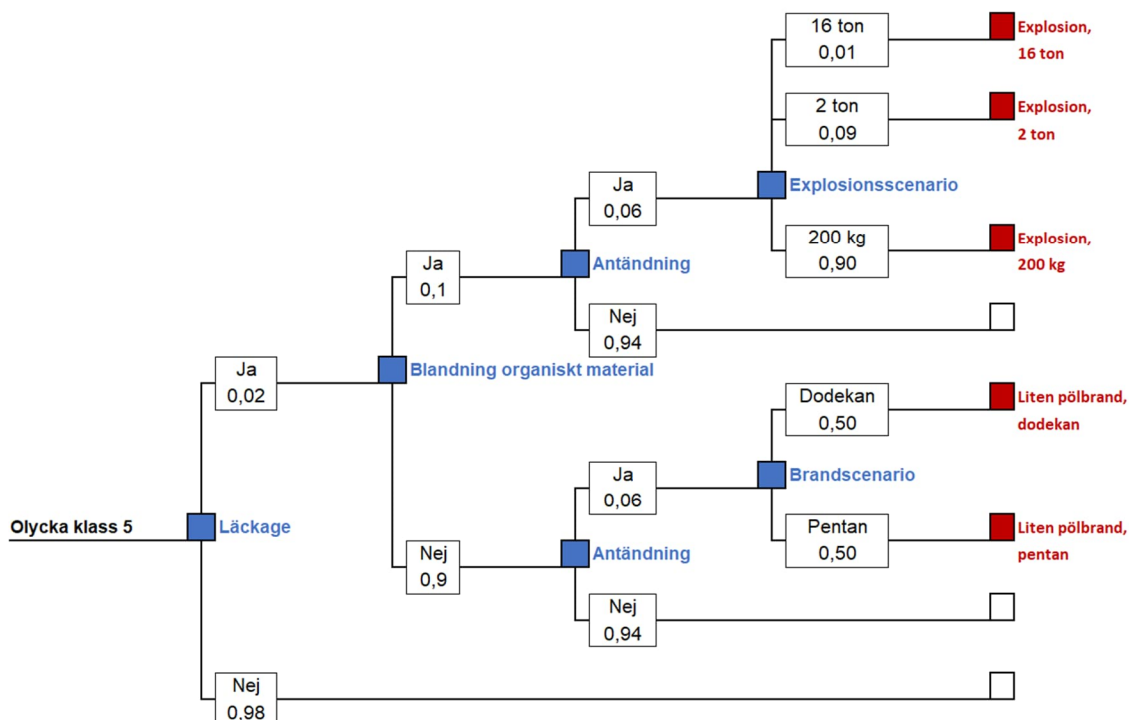
- 16 ton
- 2 ton
- 200 kg

Det antas att 90 procent av samtliga explosionsscenarier motsvarar 200 kg massexplosiva varor, att 9 procent av explosionsscenarierna motsvarar 2 ton massexplosiva varor och att 1 procent av explosionsscenarierna motsvarar 16 ton massexplosiva 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 händelseträdet för olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider. Händelseträdet med de värden som presenteras i Figur 5-6 tillämpas för frekvensberäkningarna för väg.



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

5.3.3 Summering av frekvensberäkningar

I Tabell 5-11 presenteras en summering av de frekvenser, för olycka med farligt gods på väg, som används som indata till beräkningar av individ- och samhällsrisken.

Tabell 5-11. Slutfrekvenser för olycka farligt gods på väg.

Klass	Händelse	Frekvens per år
Klass 1	Explosion, 16 ton	1,46E-10
	Explosion, 2 ton	3,07E-9
	Explosion, 200 kg	3,07E-8
Klass 2.1	BLEVE	1,09E-9
	Jetbrand (litet läckage)	3,63E-8
	Jetbrand (stort läckage)	7,25E-8
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (litet läckage)	3,63E-9
	Gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion (stort läckage)	1,81E-7
Klass 2.3	Utsläpp, ammoniak (litet läckage)	4,06E-9
	Utsläpp, ammoniak (stort läckage)	4,06E-9
	Utsläpp, klor (litet läckage)	1,01E-9
	Utsläpp, klor (stort läckage)	1,01E-9

Klass	Händelse	Frekvens per år
Klass 3	Pölbrand, dodekan (litet läckage)	8,54E-8
	Pölbrand, dodekan (medelstort läckage)	2,05E-7
	Pölbrand, dodekan (stort läckage)	5,12E-8
	Pölbrand, pentan (litet läckage)	8,60E-7
	Pölbrand, pentan (medelstort läckage)	2,06E-6
	Pölbrand, pentan (stort läckage)	5,16E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (litet läckage)	8,60E-7
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (medelstort läckage)	2,06E-6
	Gasmolnsbrand/och explosion, pentan (stort läckage)	5,16E-7
Klass 5	Explosion, 16 ton	6,48E-10
	Explosion, 2 ton	5,83E-9
	Explosion, 200 kg	5,83E-8
	Pölbrand, dodekan (liten)	2,91E-7
	Pölbrand, pentan (liten)	2,91E-7

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 [1]. Beräkningarna baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves, dvs. *Purple Book* [4], *Yellow Book* [15] och *Green book* [16].

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 5-12. För omgivningsparametrar som berör vindförhållanden hänvisas till avsnitt 4.

Tabell 5-12. Omgivningsparametrar.

Parameter	Värde	Kommentar
Lufttryck	1 atm	Omgivningens lufttryck.
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 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 i sin tur medför dödsfall bland de människor som vistas inom byggnaden. I Tabell 5-13 anges de sårbarhetsparametrar avseende explosionsövertryck som används i beräkningarna.

Tabell 5-13. 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 orsakas av explosiva ämnen och föremål används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i *Yellow book* [15]. 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 5.3.2.2.

5.4.2.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med explosiva ämnen och föremål presenteras i Tabell 5-14. Konsekvensavstånden skiljer sig inte åt mellan olika väderförhållanden.

Tabell 5-14. 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 5-15 anges de sårbarhetsparametrar som används i

beräkningarna för olycka med brandfarliga gaser. Förutom att vissa värden för 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 lägre än 35 kW/m², under en viss tid, omkommer.

Tabell 5-15. 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	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [16]	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 sekunder 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.
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 [1] för att simulera konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE presenteras i Tabell 5-16.

Tabell 5-16. Indata för simulering av konsekvensområden för jetbrand, antänt gasmoln och BLEVE.

Parameter	Värde
Tankvolym	40 m ³ (För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande).
Tankfyllnadsgrad	80 %
Lagringstemperatur	9 °C
Lagringstryck	6,2 bar (absolut tryck motsvarande ångtrycket)
Utströmningskoefficient (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* [15]. Modellen beskrivs 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 [17]. 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* [15] för situationer när tillräcklig information saknas [15]. Detta är ett konservativt värde, eftersom explosioner med brandfarliga gaser utomhus ytterst sällan innebär detonation [17, 15].

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 [15]. I beräkningarna antas det att 8 procent av gasmolnet bidrar till explosionsfenomenet, vilket föreslås i *Purple book* [4]. 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* [15].

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* [15]. 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* [15].

5.4.3.3 Konsekvensavstånd

Avstånd för relevanta konsekvenser i samband med olyckor med brandfarlig gas presenteras i Tabell 5-17, Tabell 5-18 och Figur 5-7. Tabell 5-17 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.

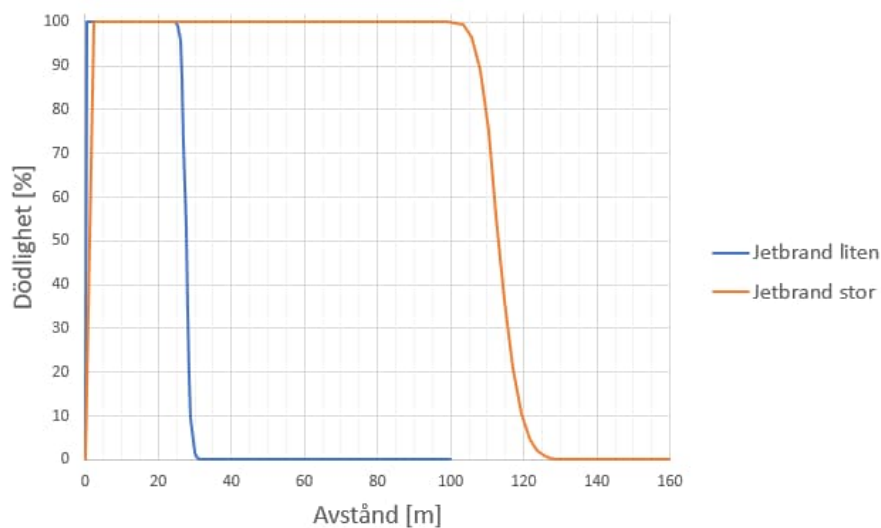
Tabell 5-18 presenterar konsekvenserna för BLEVE. Som tidigare nämnt är konsekvenserna för BLEVE oberoende av hålstorlek. Dessutom är konsekvenserna för BLEVE i praktiken oberoende av väderförhållanden och presenteras därför inte för olika väderförhållanden. I Figur 5-7 visas hur dödligheten vid jetbrand varierar med avståndet från utsläppspunkten enligt probitberäkningar. Skadeutfallen utgår från den maximala ansatta tiden för värmestrålning, dvs. 20 sekunder.

Tabell 5-17. 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 5-18. Konsekvensavstånd för olycksscenario BLEVE.

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



Figur 5-7. 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 5-19 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 [4].

Tabell 5-19. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med giftiga gaser som används i beräkningar.

Parameter	Värde	Kommentar
Probitfunktion för toxisk exponering för ammoniak	$7,9367+1 \cdot \ln(c^2 \cdot t)$ [16]	c = koncentration t = exponeringstid
Probitfunktion för toxisk exponering för klor	$10,599+0,5 \cdot \ln(c^{2,75} \cdot t)$ [16]	c = koncentration t = exponeringstid
Tid för toxisk exponering	1 800 s	Det antas att personer som inte har omkommit inom 1800 s har funnit skydd.
Korrektionsfaktor för inomhusvistelses skydd mot toxisk exponering	0,1 [4]	Vid probitberäkningar för toxisk exponering appliceras denna korrektionsfaktor för att justera aktuella konsekvenser vid samhällsriskberäkningar.
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* [15]. Enligt avsnitt 5.3.2.4 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.

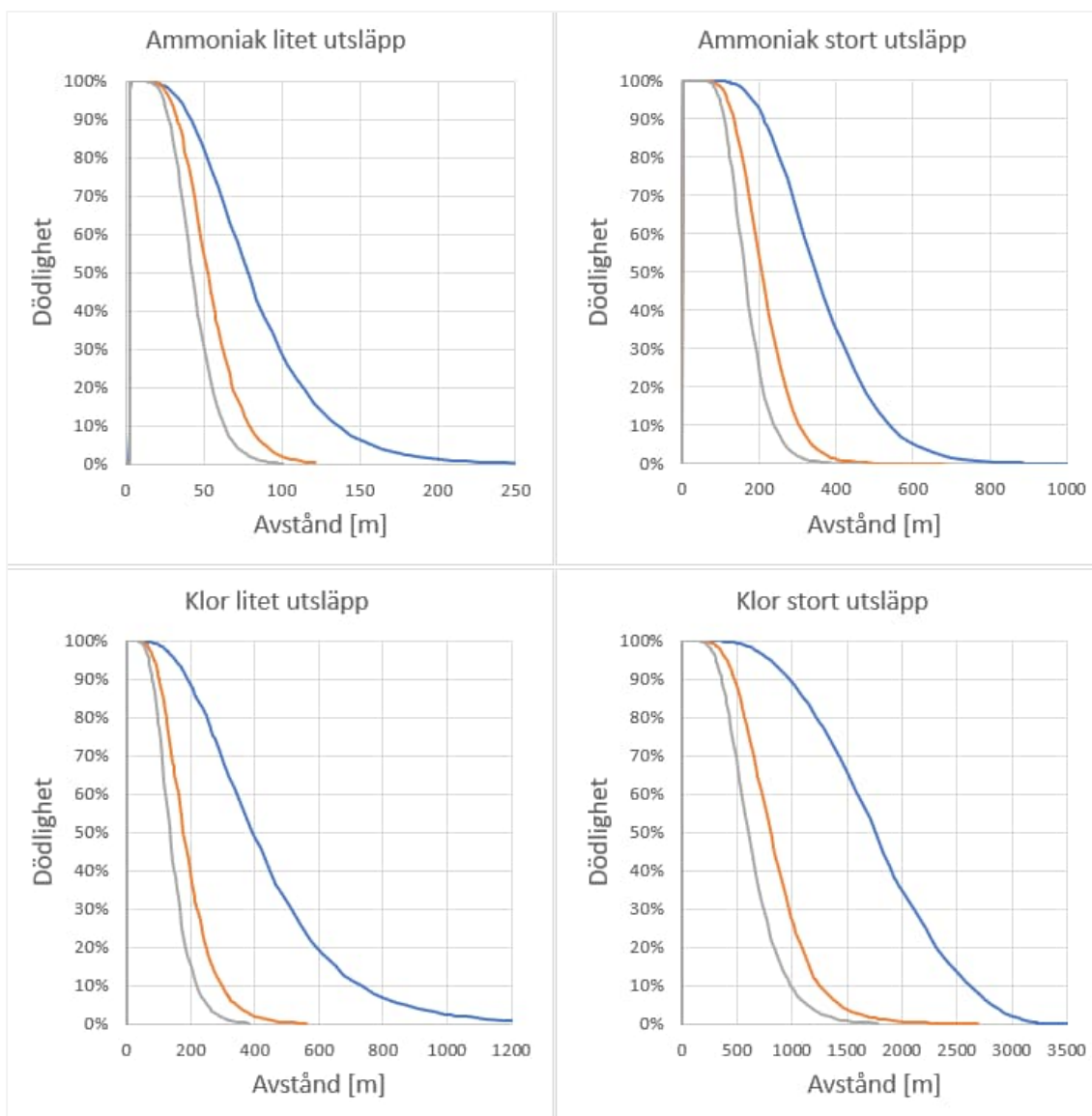
De indata som används i beräkningsprogrammet [1] för att simulera konsekvensområden för läckage av giftig gas presenteras i Tabell 5-20.

Tabell 5-20. Indata för simulering av konsekvensområden för läckage av giftig gas.

Parameter	Värde
Tankvolym	40 m ³ (För transporter på väg bedöms det vara ett konservativt antagande).
Tankfyllnadsgrad	80 %
Lagringstemperatur	9 °C
Lagringstryck klor	10 bar (absolut tryck)
Lagringstryck ammoniak	10 bar (absolut tryck)
Utströmningskoefficient (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 5-8. 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 5-8. 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 5-21 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/m^2 , under en viss tid, omkommer.

Tabell 5-21. Sårbarhetsparametrar avseende olycka med brandfarliga vätskor som används i beräkningar.

Värmeexponering		
Värmestrålning (dödlighet)	35 kW/m^2	Värmestrålningsnivå med 100 % dödlighet.
Probitfunktion för värmestrålning	$-36,38+2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot t)$ [16]	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 sekunder 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.
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 bensen och dodekan används för att modellera resterande brandfarliga vätskor (diesel, flygbränsle osv.). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande eftersom 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* [15].

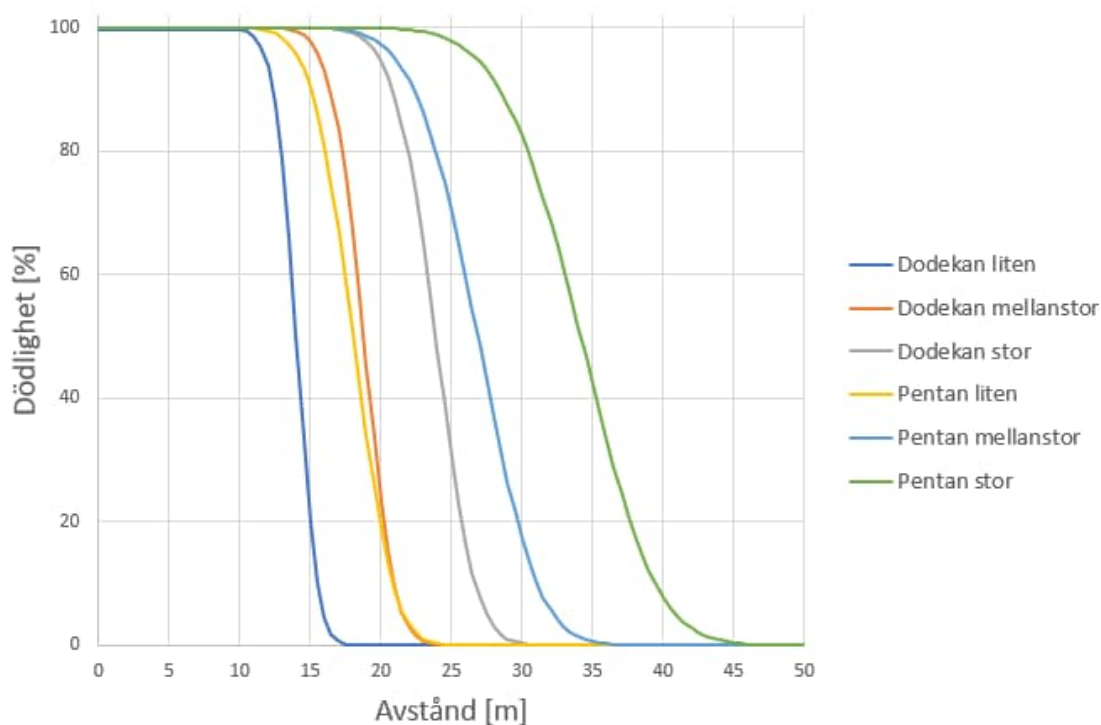
5.4.5.3 Konsekvensavstånd

I Tabell 5-22 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 5-9 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 5-23 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 5-22. 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 5-9. Dödlighet på olika avstånd från utsläppspunkten vid pölbrand (vindförhållande D5).

Tabell 5-23. 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 5.3.2.6 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.

Referenser

- [1] TNO Riskcurves, RISKCURVES 13.
- [2] SCB, "Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år," [Online]. Available: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HE__HE0111__HE0111A/HushallT29/table/tableViewLayout1/.
- [3] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer/wind/94170>.
- [4] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book", 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [5] FOI, "Osäkerheter i observationer och beräkningar," Totalförsvarets forskningsinstitut., FOI-R--3764--SE, 2013.
- [6] Trafikverket, "NVDB på karta," [Online]. Available: <https://nvdbpakarta.trafikverket.se/map>.
- [7] Trafikverket, "Trafikutvecklingstal väg (TRV 2021/7267)," 2024.
- [8] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015-2024," 2015-2024.
- [9] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," 2006.
- [10] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," 1996.
- [11] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety, London, 1991.
- [12] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [13] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elseiver Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [14] Drivkraft Sverige, "Volymer," 07 07 2025. [Online]. Available: <https://drivkraftsverige.se/statistik/volymer/>.
- [15] TNO Yellow Book, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005a.
- [16] TNO Green Book, "Methods for determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials "Green Book", 1992.
- [17] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," 1998.
- [18] Länsstyrelsen i Skåne län, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen -Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, 2007.