

Riskutredning detaljplan



Storängens handelsområde, Karlskoga

2024-10-31

Rev. Datum:

-

PROJEKTNAMN

Storängens Handelsområde,
Karlskoga – Riskanalys PBL

UPPDRAGSGIVARE

Carl Carlin
Telefon: 079-336 46 44
E-post: carl.carlin@globark.se

STATUS

Version 1

UPPDRAGSANSVARIG

Erik Öberg
Telefon: 010-203 82 01
E-post: erik.oberg@briab.se

FASTIGHET OCH KOMMUN

Högåsen 2:139 och Högåsen 2:156,
Karlskoga

HANDLÄGGARE

Linnea Lindeblad



Briab
The right side of risk



Sammanfattning

Briab har fått i uppdrag att utreda riskbilden för exploatering av Storängen i Karlskoga, i enlighet med plan- och bygglagens krav på att bebyggelse ska placeras på lämplig mark med hänsyn till hälsa, säkerhet och olycksrisker. Syftet med utredningen är att bedöma riskerna förknippade med den planerade markanvändningen och att tillhandahålla underlag för detaljplaneprocessen.

Utredningen fokuserar på akuta risker för människors liv, särskilt relaterade till transport av farligt gods och farliga verksamheter i närheten. Tidshorisonten för utredningen sträcker sig till 2045.

Planområdet i södra Karlskoga omfattar delar av fastigheterna Högåsen 2:139 och Högåsen 2:156. Efter en initial riskinventering identifierades transport av farligt gods på väg 205/243 som en riskkälla (sekundär transportled för farligt gods). Riskanalysen syftar till att besvara hur riskhänsyn kan integreras och om det finns behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra exploatering av planområdet.

Riskvärderingen visar att individrisken är låg på 35 meters avstånd från väg 205/243 utan säkerhetsåtgärder, men då delar av planområdet ligger inom det riskhanteringsavstånd på 150 som Länsstyrelsen anger bör skyddsåtgärder övervägas.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande rekommendationer gällande skyddsåtgärder (se punktlista nedan). Notera att detta utgår från förutsättningen att marken närmast väg 205/243 utgörs av detaljhandel samt att markanvändning för ambulansstation är placerad "bakom" området som planeras för detaljhandel.

- Byggnader inom planområdet rekommenderas uppföras med minsta skyddsavstånd på 25 meter från väggkant.
- Byggnader inom 30 meter från närmsta väggkant bör förses med skyddsåtgärden brandklassad fasad (fasad samt fönster mot vägen utförs i motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30). Detta då individriskbidraget på detta avstånd främst består av brännskador. Om ett skydd mot avrinning (dike, vall eller naturlig vegetation) samt avåkningsskydd (dimensionerat för tunga fordon) installeras längs med väg 205/243 behövs ej åtgärden brandklassad fasad.
- För placering av byggnader inom 75 meter från närmsta väggkant rekommenderas att, med hänsyn till Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer, det ska vara möjligt att utrymma byggnader i riktning som inte vetter direkt mot väg 205/243.
- För byggnader inom 75 meter från närmsta väggkant rekommenderas att friskluftsintag placeras på tak, för att minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Alternativt bör friskluftsintag placeras på byggnadernas sidor som vetter bort från väg 205/243.

Vidare rekommenderas att det ska finnas minst två möjliga utfartsvägar från ambulansstationen till väg 205/243, för att en olycka längs väg 205/243 ska blockera samtliga utfarter.



Innehåll

Sammanfattning	2
1. Inledning	4
1.1. Bakgrund	4
1.2. Syfte och mål	4
1.3. Omfattning och avgränsningar	4
1.4. Metod	4
1.5. Underlag	5
1.6. Kvalitetsledningssystem	5
1.7. Revideringar och egenkontroll	5
2. Riskhänsyn vid fysisk planering	6
2.1. Fysisk planering	6
2.2. Risk	6
2.3. Regelverk och styrande dokument	6
2.4. Metodik, principer och kriterier för riskvärdering	8
3. Planområdets förutsättningar	12
3.1. Planområdet och planförslaget	12
3.2. Väg 205/243	12
3.3. Personintensitet	13
4. Riskinventering	15
4.1. Transport av farligt gods	15
4.2. Projektspecifika data för beräkningar	18
5. Risknivåer och riskvärdering	20
5.1. Individrisk	20
5.2. Samhällsrisk	22
5.3. Bedömning av lämpliga säkerhetshöjande åtgärder	23
6. Slutsatser	27
6.1. Osäkerheter	27
6.2. Rekommendationer	27
7. Referenser	29
A. Frekvenser för olycka med farligt gods	31
B. Konsekvenser av olyckor med farligt gods	36
C. Risknivåer	49
D. Diskussion om modell och indata	52
E. Säkerhetshöjande åtgärder	54



1. Inledning

1.1. Bakgrund

Briab har fått i uppdrag av GLOBARK planeringsarkitekter att utreda den riskbild som är förknippad med exploatering av Storängen i Karlskoga. Utredningen görs utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

1.2. Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att bedöma riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell detaljplaneprocess.

1.3. Omfattning och avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, så kallade olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods och omkringsliggande farliga verksamheter. Följande risker behandlas ej:

- Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- Risker förknippade med långsamma och negativa hälsoeffekter, så som buller, vibrationer, radioaktiv strålning, elektromagnetiska fält och luftföroreningar.
- Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer.

Tidshorisont för utredningen är vald till 2045, med tanke på trafiktal och befolkningstäthet.

Efter en grov riskinventering framkom det att följande typer av riskkällor påverkar planområdet och denna riskutredning begränsas till följande riskkällor:

- Transport av farligt gods på väg 205/243

Riskanalysen besvarar följande centrala frågeställningar.

- Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagna utveckling av planområdet?

1.4. Metod

Följande metodik används i denna riskutredning:

1. Riskidentifiering. För att ta reda på vilka riskkällor som kan vara relevanta för området studeras området (med omgivning) inom ramen för utredningens avgränsningar. I riskidentifieringen görs en första översiktlig bedömning för att sälla ut vilka riskkällor som erfordrar fördjupad analys.
2. Fördjupad analys. De olyckshändelser som är svårbedömda och väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras mer ingående via separata analyser. Händelsernas frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och/eller via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

Analysen arbetar efter följande frågeschema:



- a. Vad kan hända?
 - b. Hur ofta kan det hända?
 - c. Vilka blir konsekvenserna?
 - d. Hur stor är risken?
3. Riskvärdering. Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella säkerhetshöjande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, det vill säga att den sjunker till en acceptabel nivå. Säkerhetshöjande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.

1.5. Underlag

Det underlag som nyttjats i utredningen är plankarta för området samt mejlkonversation från uppdragsansvarig.

1.6. Kvalitetsledningssystem

Denna rapport omfattas av egenkontroll enligt anvisningarna i Briabs kvalitetsledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Egenkontrollen omfattas av en handläggarkontroll samt en kvalitetsgranskning genomförd av en särskild utsedd kvalitetskontrollant inom Briab. Vid kontrollen används en särskild checklista för att säkerställa att relevanta krav tillgodosätts. Checklistan ser olika ut beroende på typ av uppdrag och handling. Revideringar av handlingar ska normalt genomgå samma kontroll som ovan. Mindre formaliaändringar som inte påverkar utformning i övrigt får ske av handläggare själv. I dessa fall ska detta framgå i handlingen.

1.7. Revideringar och egenkontroll

Datum och revideringsdatum samt handläggare och kvalitetsgranskare för samtliga framtagna versioner av denna handling sammanfattas i tabell nedan:

DATUM	STATUS	HANDLÄGGARE	KONTROLL
2024-10-31	Version 1	Linnea Lindeblad	Fredrik Nystedt



2. Riskhänsyn vid fysisk planering

2.1. Fysisk planering

Fysisk planering regleras av plan- och bygglagen och miljöbalken och är en delprocess i samhällsplaneringen. Den fysiska planeringen reglerar användningen av mark- och vattenområden i tid och rum. Den fysiska planeringen tar oftast sin form i översiktsplaner och detaljplaner, som båda tas fram av kommunen som är självbestämmande i dessa frågor. Länsstyrelsen har i processen en rådgivande och granskande roll. Länsstyrelsens uppgift är att företräda och samordna statens intressen samt bevaka särskilda frågor kopplat till bland annat riksintressen och frågor som rör hälsa och säkerhet.

2.2. Risk

Begreppet **risk** kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individerisk**, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individerisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [1].

Samhällsrisken, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individerisk tar samhällsrisken hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [1].

2.2.1. Riskhänsyn

Kommunernas planer prövas alltid av länsstyrelsen med avseende på miljö, hälsa och risken för olyckor. Riskhänsyn i fysisk planering är därför högst relevant, och viktigt att ta med i planeringsprocessens tidiga skeden för att minska sårbarhet och öka planområdets robusthet [2].

Alla verksamheter är förknippade med risker som människor till viss grad accepterar, och nytta i en aspekt balanseras med en riskkostnad i densamma. I planprocessen innebär en alltför strikt riskhänsyn mycket stora skyddsavstånd från transportleder och verksamheter, vilket i sin tur kan innebära dålig stadsuppbyggnad och ineffektiv markanvändning. En riskanalys i en planprocess syftar därför till att optimera markanvändningsnytta till en låg riskkostnad.

2.3. Regelverk och styrande dokument

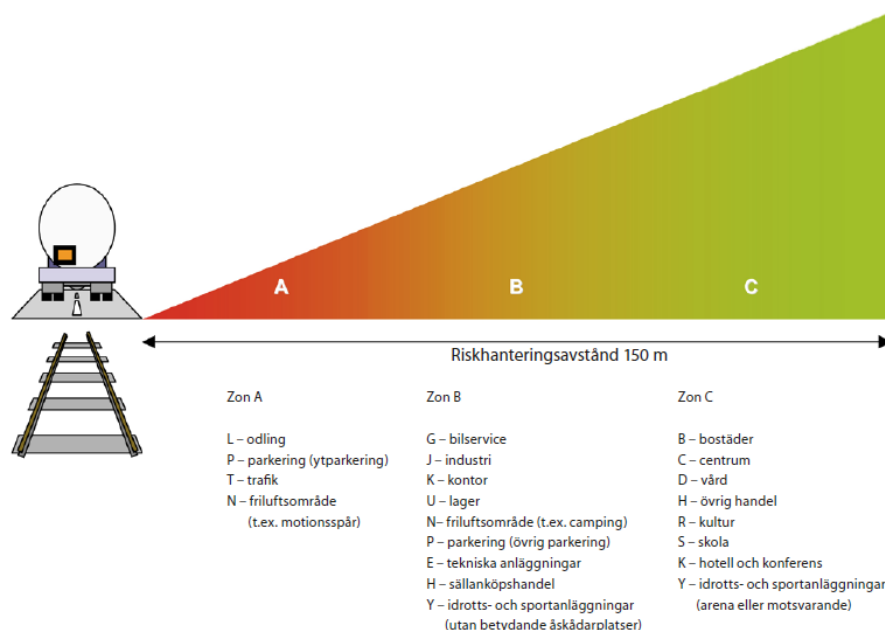
2.3.1. Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som ger lämpligt skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.



2.3.2. Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Vid riskhantering i detaljplaneprocessen har olika län upprättat riskpolicy att följa. Då Örebro län inte har några egna policies utgår denna riskutredning från det som presenteras i Skåne, Stockholm Västra Götalands län gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen*. Där anges att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods [3]. I Figur 2.1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.

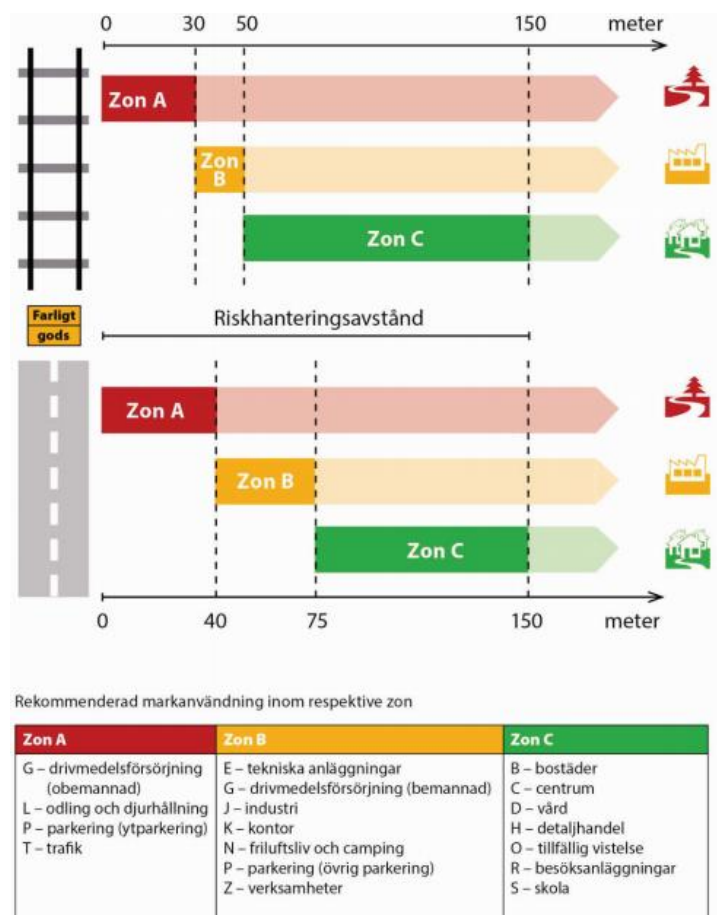


Figur 2.1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd [3]. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser.

2.3.3. Riktlinjer från Länsstyrelsen Stockholm

För att tydliggöra vilken mark som, med hänsyn till människors hälsa och säkert och risken för olyckor, är lämpad för ändamålet har olika Länsstyrelser upprättat riktlinjer och vägledningar för riskhänsyn vid fysisk planering. För Örebro län finns inga sådana riktlinjer och därför har denna riskutredning utgått från riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholm. *Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag* [4] och *Riskanalyser i detaljplaneprocessen* [5] är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll i riskanalyser i planprocessen.

Specifika rekommendationer rörande bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer publicerades 2000 [6]. Länsstyrelsen anser i dessa rekommendationer att ny bebyggelse inte bör medges så nära farligt gods-leder att transporter med farligt gods till slut omöjliggörs. I de senast utgivna riktlinjerna från 2016, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [7], rekommenderas att markanvändning intill transportleder för farligt gods generellt bör planeras med de i Figur 2.2 angivna skyddsavstånden (zon A, B och C).



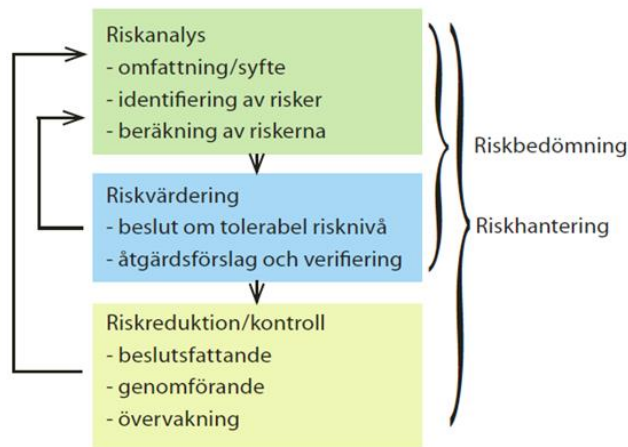
Figur 2.2. Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods (väg och järnväg) och olika typer av markanvändning [7]. Avstånden mäts från närmaste vägkant respektive närmaste spårmitte.

Intill primära transportleder för farligt gods ska det finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter. Intill sekundära transportleder bör det bebyggelsefria avståndet vara minst 15-20 meter till markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) [7]. Farligt gods får även transporteras på vägar som inte utgör rekommenderade transportleder och även intill dessa vägar ska riskerna beaktas om det är sannolikt att farligt gods kan transporteras på dem [7].

2.4. Metodik, principer och kriterier för riskvärdering

2.4.1. Metodik för riskhantering

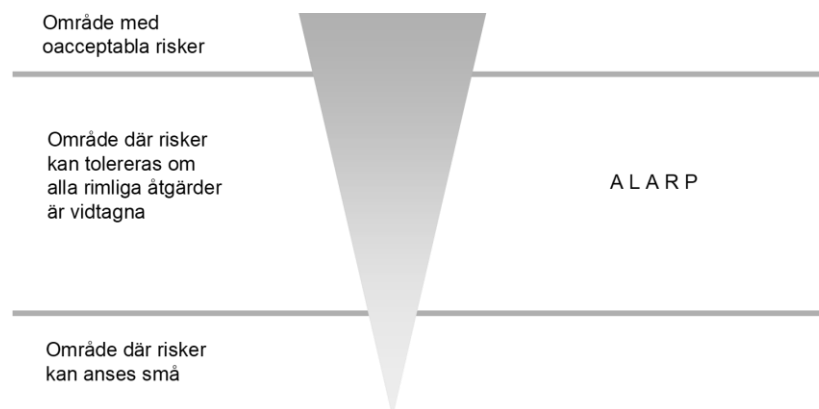
Riskhanteringsprocessen utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av säkerhetshöjande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2.3.



Figur 2.3. Metodik för riskhantering [3].

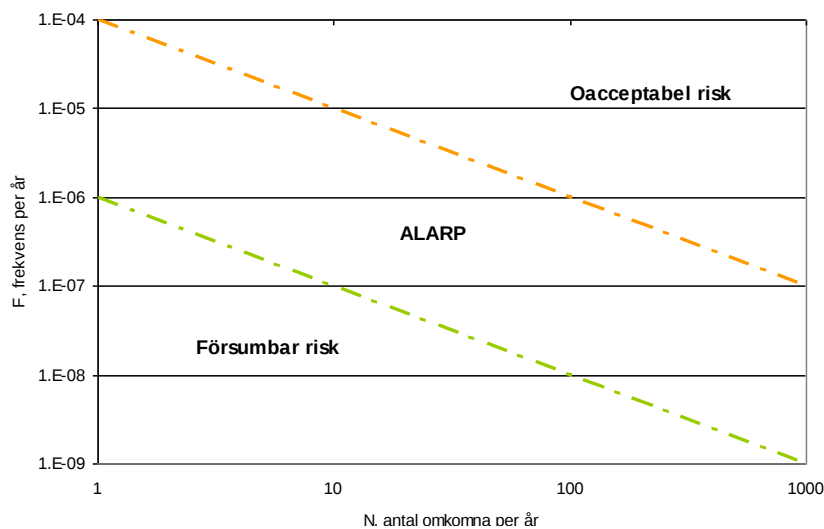
2.4.2. Allmänt om kriterier för riskvärdering

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 2.4 beskriver principen för riskvärdering [1].



Figur 2.4. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier [1].

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att risknivån är i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonably Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret kan det efter en avvägning avseende kostnad och riskreduktion innebära en kombination av olika säkerhetshöjande åtgärder. Exempel på sådana säkerhetshöjande åtgärder kan vara separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, byggnadstekniska åtgärder och utformning av området närmast transportleden. I Figur 2.5 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 2.5. Illustration av ALARP-zonen för samhällsrisk med exempel på riskvärderingskriterier [1].

2.4.3. Räddningsverkets (MSB:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [1]:

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [1].

2.4.4. Risker för tredje man

När riskvärdering och kriterier för risktolerans diskuteras ska graden av frivillighet att utsätta sig för den aktuella risken tas med, och därför skiljs det på personer som har anknytning till den aktuella riskkällan, och personer ur allmänheten, så kallat "tredje man". Denna uppdelning grundar sig i fördelningsprincipen som menar att enskilda grupper inte ska utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till den nytta som den riskfyllda verksamheten genererar för dem, se avsnitt 2.4.3. Tredje man är alltså för verksamheten utomstående individer som inte är direkt inblandade i verksamhetens riskbild men som ändå kan löpa skada vid en olycka.

När det gäller transport av farligt gods eller andra risker i den fysiska planeringen räknas exempelvis boende, personer som befinner sig på offentliga platser eller i affärer som tredje man. Risknivåtoleransen för tredje man bör vara mycket låg, eftersom dessa personer endast har liten eller ingen nytta av att verksamheten bedrivs. För att risknivån ska anses tolerabel



för tredje man kan säkerhetshöjande åtgärder bli nödvändiga, och markanvändning kan behöva regleras genom att planera för exploatering avsedd för låg persontäthet.

2.4.5. DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [1].

För *individerisk* föreslog DNV följande kriterier:

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

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1.
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1.

Samhällsriskskriterierna ovan beräknas med frekvenser för 1 km transportled och avser ett område på 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt.



3. Planområdets förutsättningar

3.1. Planområdet och planförslaget

Planområdet är beläget i södra delen av Karlskoga och består av del av fastigheten Högåsen 2:139 och del av fastigheten Högåsen 2:156. Östra delen av planområdet avgränsas av väg 205/243 som är en sekundär väg för transport av farligt gods, se avsnitt 3.2 för vidare information. Resterande del av planområdet avgränsas av fastigheter med varierande markanvändning. Planerad markanvändning för planområdet innefattar detaljhandel och en ambulansstation (samhällsviktigt ändamål), se Figur 3.1.



Figur 3.1. Översiktlig bild över planområdet och markanvändning. Bild från Globark.

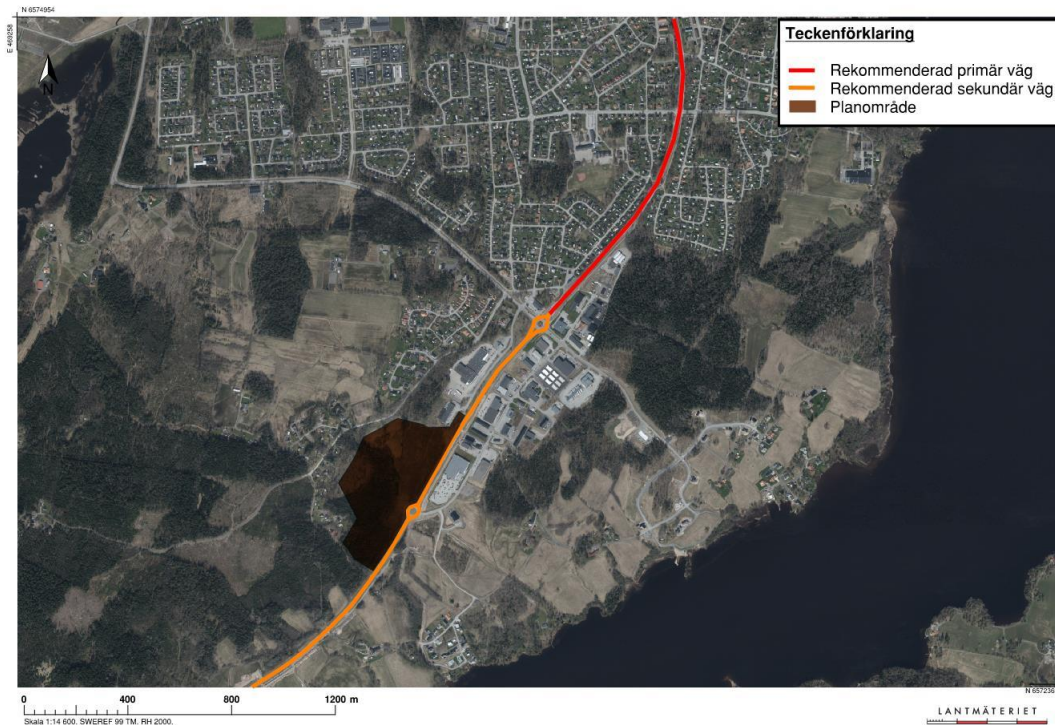
3.2. Väg 205/243

Öster om planområdet går väg 205/243 som är en rekommenderad sekundär väg för farligt gods. En sekundär transportled för farligt gods är en sådan väg där det rekommenderas att transporter med farligt gods endast åker för att nå sin slutdestination (eller åker från sin startdestination). Normalt transporteras det färre mängd farligt gods på en sekundär transportled jämfört med motsvarande primärled. Väg 205/243 ansluter bland annat till väg 18 som är en primär väg för transport av farligt gods. Norra delen av väg 205/243 är även en primär väg för transport av farligt gods och då planområdet ligger så pass nära denna del (se Figur 3.2) så kommer antaganden i beräkningar framöver tas baserat på att vägen är en primär väg.

Vägen har två körfält med en vägbredd på cirka 12 meter. Hastighetsgränsen är 70 km/h och den har ingen mittseparering eller vägräcken. Generellt ligger vägen i samma nivå som



planområdet och vid vägen finns ett litet dike som går längs med största delen av planområdet.



Figur 3.2. Vägnätet vid planområdet. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

En viktig parameter för att kunna bedöma sannolikheten för en trafikolycka, och därigenom också sannolikheten för en olycka med farligt gods är *olyckskvoten*. Detta är ett mått på mängden olyckor som sker på vägen. Enheten för olyckskvot är olyckor per miljon fordonskilometer. För aktuellt sträcka har värdet 0,8 olyckor per miljon fordonskilometer använts [8].

Tabell 1. Inhämtade trafikuppgifter för år 2021 från en trafikmätning, och uppräknade trafikuppgifter avseende år 2045 [9].

PARAMETER	MÄTNING 2021	PROGNOS 2045
ÅDT Fordon	7 776	10 618
ÅDT Lastbilar	318	434
ÅDT Axelpar	8 109	11 073

3.3. Personintensitet

För att beräkna samhällsrisk behövs underlag som visar på hur personintensiteten varierar inom områden och mellan olika typer av markanvändning. Det totala invånartalet i Karlskoga kommun är år 2024 cirka 30 000 [10] och kommunen omfattar cirka 510 km² land. Detta innebär en befolkningstäthet på 60 invånare/ km². Däremot består kommunen av en stor andel skogsmark, jordbruksmark och annan obebyggd mark. Endast cirka 6 % av kommunen

**HANDLING**

Riskutredning detaljplan

PROJEKTNAMNStorängens Handelsområde, Karlskoga –
Riskanalys PBL**STATUS**

Version 1

DATUM

2024-10-31

REV. DATUM

-

är bebyggd och befolkningstätheten runt planområdet kan därför antas vara högre. Med ett antagande om att 6 % är bebyggt blir befolkningstätheten 1 000 invånare/ km².

För att ta hänsyn prognosåret 2045 behöver hänsyn tas till förändring av befolkning i kommunen. År 2022 hade Karlskoga en befolkning på 30 500 och kommunen har som mål att staden ska växa till 32 000 invånare fram till 2025, vilket innebär en ökning på cirka 5 % på tre år. Framräknat till 2045 skulle detta innebära en tillväxt till cirka 45 000 invånare som i sin tur ger en befolkningstäthet på 1 500 invånare/km². Med hänsyn till detta antas personintensiteten till ett konservativt schablonvärde på 2 500 invånare/km² [11].



4. Riskinventering

4.1. Transport av farligt gods

Med farligt gods avses varor eller ämnen som har sådana egenskaper att de kan vara skadliga för människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under transport [12]. Med transportleder för farligt gods avses sådana leder som är utpekade som primära eller sekundära transportleder eller vägar där det sannolikt kan gå farligt gods-transporter. En primär transportled för farligt gods är avsedd för genomfartstrafik, varför där kan förväntas gå farligt gods-transporter i alla klasser¹, medan en sekundär transportled är avsedd för lokala transporter till och från de primära lederna.

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra vägsäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, till exempel fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [13].

4.1.1. Transportklasser (ADR) och representativa scenarier

Transport av farligt gods på land regleras i ADR² för transport på väg. Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar, och i ADR och RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har. I Tabell 2 beskrivs klasserna och karakteristiska konsekvenser för respektive klass.

Tabell 2. Kortfattad beskrivning av respektive ADR/RID-klass.

KLASS	KATEGORI	BESKRIVNING	KONSEKVENSER
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 100 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvenser.
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över hundratals meter. Omkomna både inomhus och utomhus.

¹ Transporter med farligt gods delas in i nio olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport på väg. Klassificeringen benämns ofta ADR-klasser efter ett europeiskt regelverk för transport av farligt gods på landsväg.

² ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på väg och i terräng. I Sverige används den nationella anpassningen ADR-S (MSBFS 2022:3).



KLASS	KATEGORI	BESKRIVNING	KONSEKVENSER
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 20 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen. Organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat, ammoniumnitrat, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp vid kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 100 m.
6	Giftiga ämnen. Smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut).	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

I tabellen ovan kan fyra olika typer av konsekvenser härledas:

- Brand
- Explosion
- Utsläpp av giftiga kemikalier
- Utsläpp av frätande kemikalier

Dessa konsekvenser kan härledas till olyckor med farligt gods i klass 1, 2, 3, 6 och 8. Ämnen i klass 4 (4.1-4.3), oxiderande ämnen och organiska peroxider i klass 5 (5.1-5.2), radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns dock undantag, till exempel kan oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

Utöver den uppdelningen i olika klasser krävs kännedom om fördelningar inom respektive klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 alternativt 1.4 som explosivämnena i klass 1 tillhör. Klass 1.4 kan nämligen inte ge upphov till skador som påverkar omgivningen.

4.1.2. Farligt gods på väg 205/243

För andelen av godstrafiken som transporterar farligt gods används värdet 1,5 % då det inte finns någon statistik tillgänglig för transporter på väg 205/243. Nationell statistik från



förvaltningsmyndigheten Trafikanalys under perioden 2017–2021 visar att transporter med farligt gods utgjorde cirka 1 % av antalet godstransporter. Statistiken baseras på registerdata samt svar på enkäter från aktörer i sektorn. Indelning i respektive ADR-klass redovisas i Tabell 3. Uppdelning av respektive ADR-klass i underklasser samt andel inom underklass redovisas inte i nationell statistik utan är erfarenhetsbaserade uppskattningar som är konservativt valda.

Tabell 3. Uppdelning av transport av farligt gods på väg 205/243 i huvudklasser och underklasser. Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.

ADR-KLASS	ANDEL INOM ADR-KLASS	UNDERKLASS	ANDEL INOM UNDERKLASS
1	1,5 %	Explosivt	10 %
		Övrigt	90 %
2	24,0 %	Giftigt	10 %
		Brännbart	30 %
		Övrigt	60 %
3	43,9 %	Giftigt	5 %
		Brandfarligt	95 %
4	4,6 %	-	-
5	2,8 %	Explosivt	5 %
		Övrigt	95 %
6	8,8 %	Flytande	72 %
		Övrigt	28 %
7	0,1 %	-	-
8	10,1 %	-	-
9	5,2 %	-	-

4.1.3. Val av olycksscenarier

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna som utgör underlag till beräkning av individ- och samhällsrisknivåer (se även Tabell 4):

- Detonation av massexplosiva ämnen som orsakar tryckskador och brännskador.
- Detonation till följd av blandning av oxiderande ämne med brandfarlig vätska.
- Utsläpp och antändning av kondenserad brännbar gas som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckskador.
- Utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor vilka orsakar pölbrand med efterföljande brännskador.
- Utsläpp av kondenserad giftig gas som orsakar förgiftning vid inandning.
- Utsläpp av giftiga brandfarliga vätskor vilka orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- Utsläpp av giftiga vätskor som orsakar förgiftning vid inandning när de driver i väg som gasmoln.
- Utsläpp av frätande vätskor vilka orsakar frätskador vid hudkontakt.



Tabell 4. Sammanfattning av dimensionerande olycksscenarier vid transport av farligt gods.

ÄMNE	PRIMÄR HÄNDELSE	SEKUNDÄR HÄNDELSE	SKADEVERKAN
Massexplosiva ämnen	Detonation vid olycka och/eller transport.	Brand	Brännskador Tryckskador
Tryckkondenserade gaser	Förångas vid utsläpp och övergår i gasform som driver i väg med vinden.	Brand och explosion vid antändning av gasmoln på längre avstånd från utsläppskällan (UVCE ³). Jetflamma vid antändning av utströmmande gas. Explosion vid kraftig upphettning av tryckkondenserad gas som kokar och släpps ut momentant från en bristande tank (BLEVE ⁴).	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning
Brandfarliga, giftiga och frätande vätskor	Breder ut sig på marken och bildar pooler som avdunstar. Giftiga ångor driver i väg med vinden.	Pölbrand vid antändning av vätskepöl. Explosion vid antändning av avdunstade ångor, eller vid blandning med oxiderande organiska peroxider.	Brännskador Tryckskador Förgiftningsskador vid inandning Frätskador vid hudkontakt

4.2. Projektspecifika data för beräkningar

Nedan redovisas övrig projektspecifika data som använts vid beräkningar av risknivåer, enligt metoden som beskrivs i bilagan.

4.2.1. Vägtrafikdata

Antal fordon förbi planområdet med farligt gods på väg 205/243 beräknas till 10 618 per år för prognosår 2045.

Nedan anges övriga trafikdata till beräkningarna. Se beräkningsbilagan för mer information.

HASTIGHET	ANDEL SINGELOLYCKOR	KORRIGERINGSFAKTOR	INDEX FARLIGT GODS
70	0,20	1,80	0,12

Olyckskvoten på 0,8 olyckor per miljon fordonskilometer från VTI räknas om till 0,95 olyckor per miljon axelparskilometer på följande sätt:

$$O_{k,axelpar} = O_{k,fordon} \times \frac{\dot{ADT}_{fordon}}{\dot{ADT}_{axelpar}} = 0,8 \times \frac{10\,618}{11\,073} \approx 0,95$$

Dimensionerande olycksfrekvens beräknas därefter till 0,95 olyckor per miljon axelparskilometer, genom att multiplicera olyckskvoten med korrigeringsfaktorn.

³ Unconfined Vapour Cloud Explosion.
⁴ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



4.2.2. Frekvens för olycksscenarier för vägtrafik

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 5 är den data som frekvensmodellen lämnar över till riskmodellen som redovisas i bilagan. I riskmodellen används frekvenserna tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna för att beräkna risknivåer.

Tabell 5. Frekvenser per år för respektive scenario vid vägtransport.

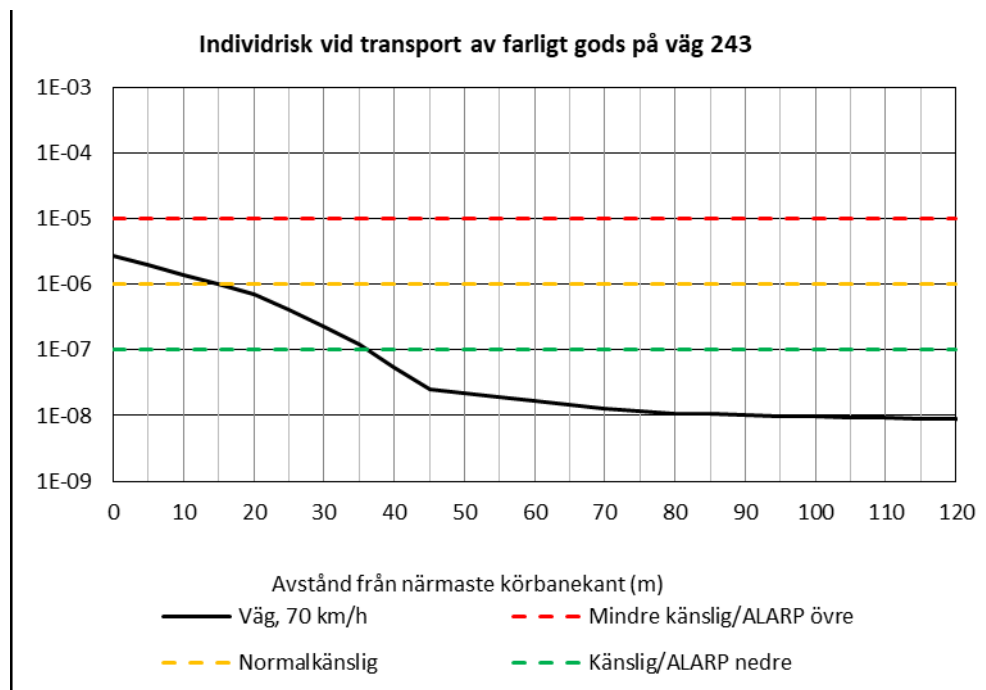
SCENARIO	FREKVENNS VÄG 205/243
Klass 1 detonation	3,7E-09
Klass 2 BLEVE	5,0E-09
Klass 2 jetflamma	6,3E-08
Klass 2 UVCE	1,5E-08
Klass 2 giftmoln	1,0E-08
Klass 3 pölbrand (direkt)	1,8E-05
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	9,1E-06
Klass 3 giftmoln	1,9E-07
Klass 5 detonation	1,4E-08
Klass 6 giftmoln	7,3E-07
Klass 8	1,0E-05
Summa:	3,9E-05



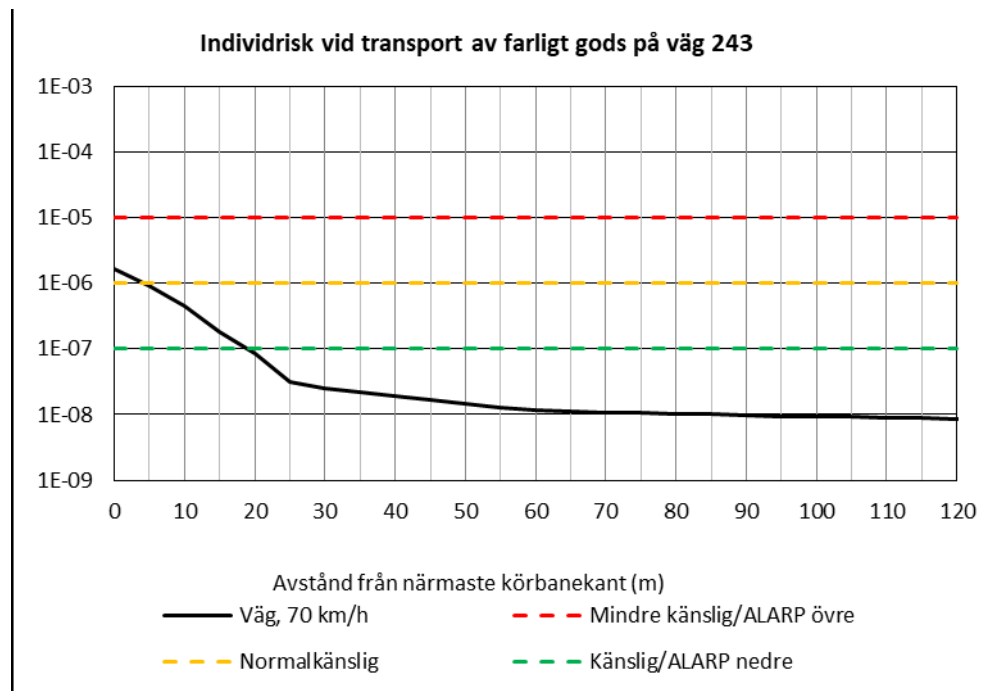
5. Risknivåer och riskvärdering

5.1. Individrisk

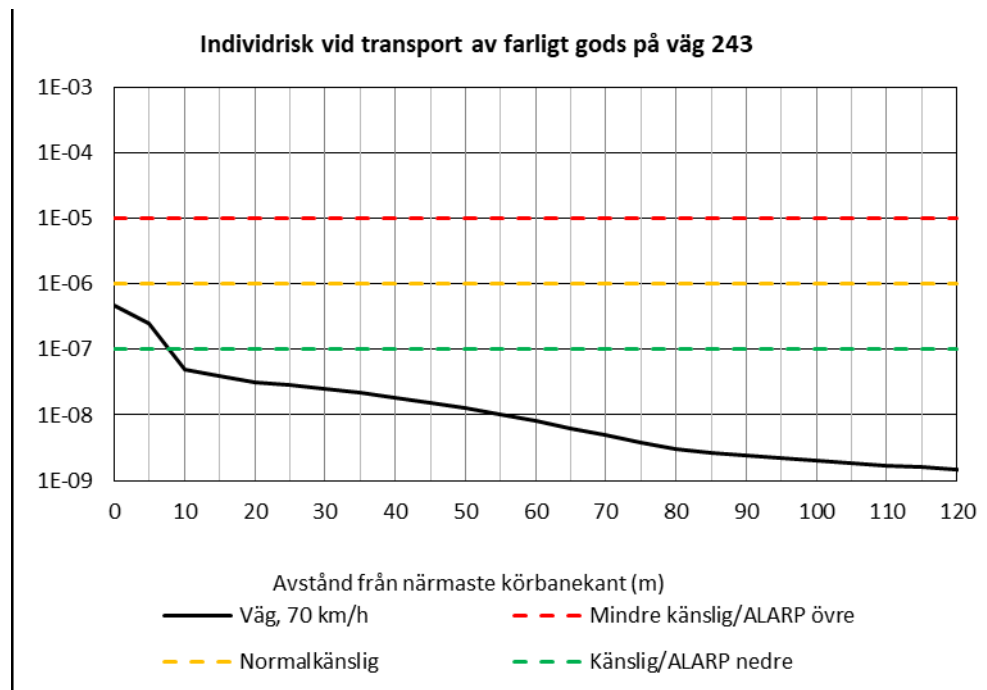
I detta avsnitt redovisas först grafer över beräknade individrisknivåer utmed väg 205/243. Figur 5.1-Figur 5.3 visar vid vilket avstånd känslig, normalkänslig och mindre känslig verksamhet kan placeras i förhållande till väg 205/243. Individrisken beräknas först utan några åtgärder, Figur 5.1, och presenteras sedan baserat på om säkerhetsåtgärder vidtas Figur 5.2 och Figur 5.3. Säkerhetsåtgärder som räknats på är invallning utmed planområdet samt byggnader med obrännbarfasad utmed väg 205/243. Generellt kan individrisken betraktas som mycket låg om risknivån understiger 10^{-7} per år, vilken den gör på 35 meters avstånd från vägen (baserat på beräkningar utan några säkerhetsåtgärder).



Figur 5.1. Individrisk utan några säkerhetsåtgärder vidtagits vid transport av farligt gods på väg 205/243 utmed planområdet.



Figur 5.2. Individrisk vid transport av farligt gods på väg 205/243 och då invallning finns utmed planområdet.



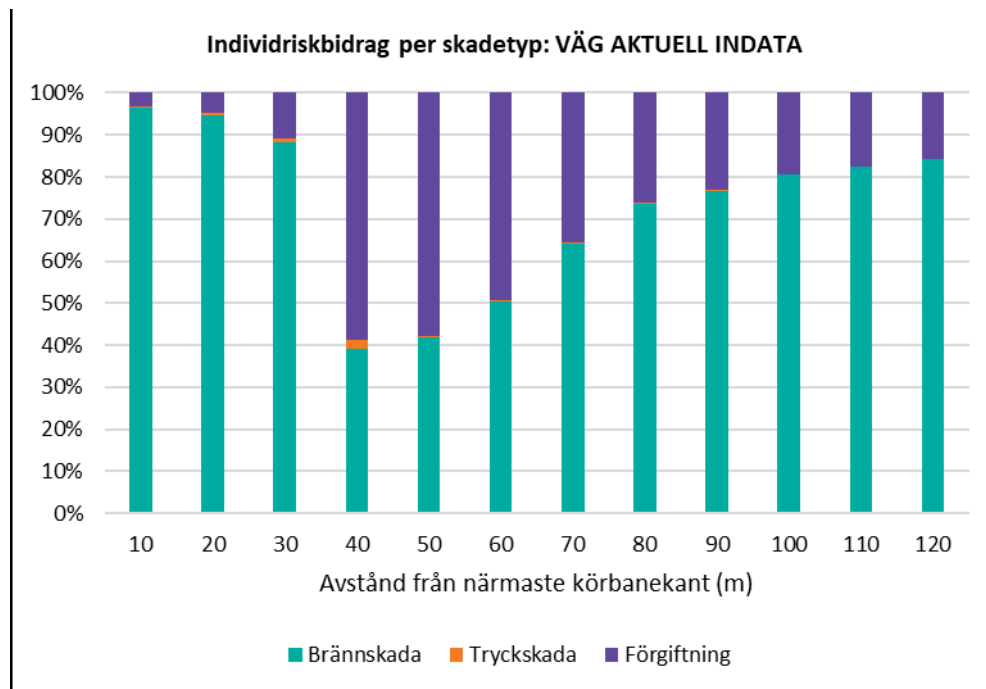
Figur 5.3. Individrisk vid transport av farligt gods på väg 205/243 och då fasad på byggnader utmed vägen utförts med brandteknisk klass.

Förutom individrisknivån redogörs fördelningen över skadetyper som bidrar till individrisken på olika avstånd från vägen, se Figur 5.4. Närmast vägen utgör brännskador det största



bidraget till individrisken. Efter 30 meter avtar bidraget från brännskador och störst bidrag blir förgiftningsskador

På större avstånd (60 meter och längre) kan det ses att bidraget från brännskador ökar igen. Anledningen till detta är att scenarier med större konsekvensavstånd men mycket låga frekvenser utgör relativt större andelar av riskbidraget. Exempel på dessa scenarier är jetflammar, gas- och massexplosioner samt BLEVE.



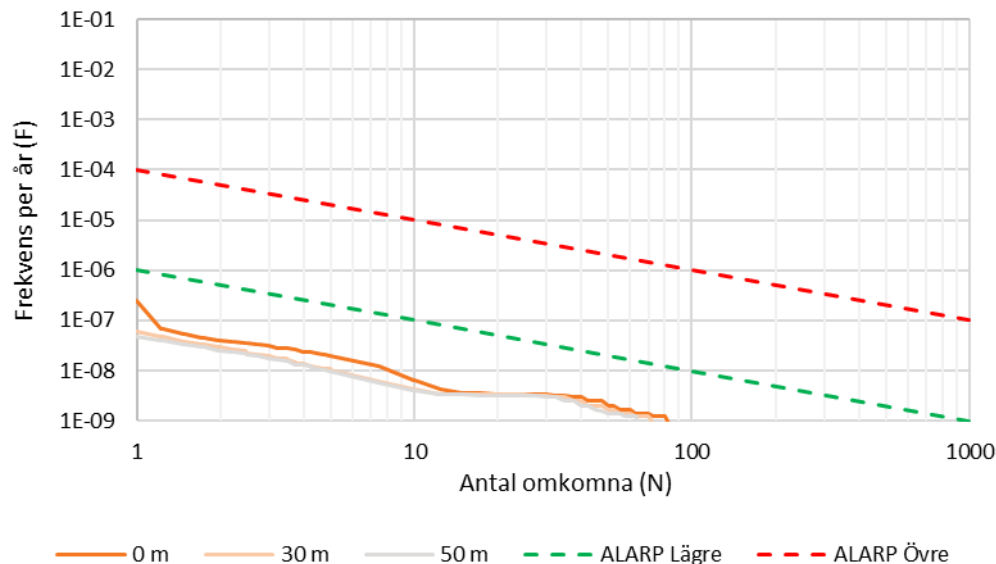
Figur 5.4. Individriskbidrag per skadetyper baserat på beräkningar utan skyddsåtgärder. Brännskador dominerar fram till 40 meter där förgiftningsskador tar över. Vid 60 meter och längre bidrar brännskador till individriskbidraget mest.

5.2. Samhällsrisk

Figur 5.5 visar risknivån vid 0, 30 respektive 50 meters avstånd från väg 205/243, där området där risker kategoriseras som låga har en frekvens på 10^{-6} per år. Figuren visar att samhällsrisken understiger DNV:s kriterier om en frekvens på per år 10^{-6} för N=1 (se avsnitt 2.4.5).



Samhällsrisk väg 243



Figur 5.5. Samhällsrisk för planområdet med hänsyn till transport av farligt gods på väg 205/243.

5.3. Bedömning av lämpliga säkerhetshöjande åtgärder

Den preliminära riskvärderingen i avsnitt 5.1 och 5.2 visar att individrisknivån blir tillfredställande låg på 35 meters avstånd för känslig verksamhet och att samhällsrisken är tillfredställande låg.

Då planområdet ligger inom det riskhanteringsavstånd, på 150 meter, som anges i avsnitt 2.3.2 rekommenderas det dock att säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas för att minimera potentiella konsekvenser.

Det finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i Boverkets och Räddningsverkets vägledningsrapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [14]. Åtgärderna är kategoriserade efter typ av åtgärd. Dessa är sorterade efter hur de vanligen förhåller sig till byggnaden och byggskedet enligt följande:

- Åtgärder före byggskedet eller vid sidan av en byggnad - markåtgärder. Markåtgärderna delas in i markåtgärder respektive separations-/barriäråtgärder.
- Åtgärder förknippade med byggskedet - byggnadsåtgärder. Byggnadsåtgärder delas in i utformningsåtgärder och fasadåtgärder.

Exempel på markåtgärder är markbeläggning (genomsläpplig eller tät), invallning, och dike. Separationsåtgärder kan vara skyddsavstånd, vegetation, vall och mur. Utformningsåtgärder handlar om hur planområdet och byggnaderna disponeras, förstärkning av stomme, placering av friskluftsintag. Ej öppningsbara fönster och brandskyddad fasad är två exempel på fasadåtgärder. I vägledningsrapporten finns detaljerad information om utformning av dessa säkerhetshöjande åtgärder och deras effekt mot olika typer av olyckor [14]. Där finns också information om hur sådana åtgärder kan beskrivas i detaljplaner.



De säkerhetshöjande åtgärderna som belyses i detta avsnitt är:

- Skyddsavstånd samt disponering av byggnader och område
- Ventilationsåtgärder för att skydda mot giftiga ämnen
- Skydd mot brandspridning

5.3.1. Skyddsavstånd, disponering av byggnad och område samt utrymning

Markanvändningen inom planområdet kan disponeras på sätt så att den allmänna risknivån i planområdet minskas. Det kan innebära att markanvändning som innefattar fler personer, känsligare personer och personer som kan ha svårt att sätta sig själva i säkerhet, placeras längre bort från riskkällor än annan markanvändning där dessa faktorer inte är lika påtagliga.

För att uppnå denna funktion i aktuell detaljplan rekommenderas att byggnader placeras med ett skyddsavstånd på minst 25 meter från väg 205/243, med hänsyn till individrisk.

När en olycka inträffar och räddningstjänsten beslutar om evakuering av intilliggande fastigheter är det viktigt att detta ska kunna ske så säkert som möjligt. För att uppnå tillfredsställande evakuering är det vanligt att byggnader där personer vistas stadigvarande och är lokaliserade nära en transportled för farligt gods ska vara möjliga att evakuera på säkert sätt. Detta konkretiseras ofta med möjlighet till utrymning i riktning bort från riskkällan eller i skydd av annan bebyggelse.

För att uppnå denna funktion i aktuell detaljplan rekommenderas att utrymning i riktning som inte vetter direkt mot väg 205/243 skall vara möjlig. Rekommendationen gäller inom 75 meter från väggkant till väg 205/243 enligt Länsstyrelsens i Stockholms Läns rekommendationer.

En åtgärd som bedöms minska risknivån är att inte uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus mellan byggnader närmst väggkanten och väg 205/243. Denna åtgärd minskar exponeringen/utsattheten för flertalet av olycksscenarioer kopplade till farligt gods. Denna rekommendation är relevant för området inom 25 meter från väggkanten. Exempel på lämplig markanvändning är parkering, motionsspår och odling.

5.3.2. Ventilationsåtgärder för att skydda mot giftiga ämnen

Förgiftningsskador står för ett litet bidrag till individrisken för planområdet. Även vid en mycket låg risknivå kan dock olyckor med farligt gods som leder till utsläpp av giftig gas få stora konsekvenser om sådana skulle inträffa. Konsekvensberäkningarna i bilagan visar att flertalet olycksscenarioer kan få påverkan på stora avstånd.

Giftiga gaser är ofta tyngre än omgivande luft, vilket innebär att de rör sig längs med marken. Placeringen av friskluftsintag högt uppe kan minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Lokala väder- och vindförhållanden har dock fortfarande betydelse för koncentrationen, men åtgärden kan minska koncentrationen med mellan 20 % och över 90 % beroende på höjden och avståndet från utsläppspunkten. En placering av friskluftsintag på högre höjd än 8 meter ovan mark minskar påtagligt koncentrationen av giftiga gaser inomhus, men även lägre placeringar ger en reducerande effekt.

Ett alternativ till högt placerade friskluftsintag är att placera dem på byggnaders oexponerade sidor. I Boverkets och Räddningsverkets vägledningsrapport redovisas effekten av att placera friskluftsintag på byggnaders oexponerade sidor [14]:



- Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser genom att gasens inträngning i byggnaden minskar.
- Åtgärden minskar sannolikheten för explosion i en byggnad vid utsläpp av brandfarlig gas utomhus.
- Underhållsbehovet är lågt och åtgärden förväntas fungera väl över tiden.
- Det kan bildas högre gaskoncentrationer i lä för vinden på den ej exponerade sidan.
- Effekten minskar om det finns öppningar, såsom fönster och dörrar, på den exponerade fasaden.

I vägledningsrapporten anges det även att effekten kan vara tveksam men att det kan vara en lämplig åtgärd när detaljplanen är projektanpassad.

För att åtgärden skall ge bästa möjliga effekt bedöms det fördelaktigt att samtidigt begränsa möjligheten till öppningar (exempelvis fönster, dörrar och vädringsluckor) i den fasad som vetter mot väg 205/243.

Det skall nämnas att ventilation placerad högt och vänd från leden ändå bedöms ge ett gott skydd mot eventuella olyckor som sker när öppningar i fasad mot vägen är stängda (ex. vanligtvis nattetid och vinterhalvåret).

Förutsatt att skyddsåtgärd i form av högt placerad ventilationen vänd från leden, alternativt på den oexponerade sidan implementeras, bedöms erforderlig skyddsnivå uppnås. Rekommendationen gäller inom 75 meter från vägkant till väg 205/243.

5.3.3. Skydd mot brandspridning

Skydd mot brandspridning kan åstadkommas antingen genom ett skyddsavstånd eller genom en kombination mellan markåtgärd och skyddsavstånd alternativt avskärmande bebyggelse mellan riskkällan och bebyggelsen.

Något särskilt skydd mot brandspridning från pölbränder erfordras inte för byggnader som uppförs på avstånd längre än 30 meter från närmaste vägkant eller 20 meter från dike med avakningsskydd eller den kant på vall som vetter mot vägen, se bilaga för mer information.

En BLEVE kan innebära en mycket stor konsekvens vilken skulle kunna komma att påverka stora delar av planområdet. Sannolikheten för en BLEVE att uppkomma är dock mycket låg. Vidare är BLEVE ett utdraget förlopp vilket bedöms ge en förhållandevis god möjlighet att utrymma området innan konsekvensen uppkommer. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus bedöms inte heller rimligt med avseende på kostnads-nyttosynpunkt då denna olycka är mycket osannolik samtidigt som det skulle krävas mycket långtgående åtgärder för att motverka konsekvensen av en BLEVE.

Det genomsnittliga påverkansavståndet från gasmolnsbrand/explosion är 30 meter och konsekvensområdet bedöms vara relativt begränsat. Till skillnad från giftig gas kan brännbar gas ha samma densitet eller lättare än luft. Gasmolnsbrand/explosion bedöms främst ge upphov till skador på de personer som vistas utomhus i brandens/explosionens direkta närhet varför ytterligare skydd mot olyckan inte bedöms vara möjlig att implementera med planbestämmelser.

Figur 5.4 visar att brännskador utgör störst del av individriskbidraget fram till cirka 30 meter och med hänsyn till det rekommenderas det att byggnader förses med brandklassad fasad om de upprättas inom 30 meter från väg 205/243.



5.3.4. Åtgärder kopplade till upprättande av ambulansstation

Eftersom ambulansstationen klassificeras som en samhällsviktig verksamhet, är det också nödvändigt att säkerställa, förutom åtgärder som nämnts i tidigare avsnitt, tillgång till två separata transportvägar till och från stationen. Detta ökar robustheten och minskar risken för att ambulansverksamheten påverkas negativt vid eventuella hinder eller störningar på en av vägarna.



6. Slutsatser

6.1. Osäkerheter

I riskutredningen har ett antal konservativa antagande tagits. Tre av de konservativa antaganden är personintensitet, andel farligt gods som transporteras samt att väg 205/243 i beräkningarna antas vara en primär transportled men att den i själva verket är en sekundär transportled.

Personintensiteten för prognosåret 2045 räknades fram till 1 500 invånare/km² men för att ta hänsyn till osäkerheter i detta framräknade värde har ett schablonvärde med högre personintensitet använts. Värden som har använts för transport av farligt gods har hämtats i den nationella statistiken från Trafikanalys och är även erfarenhetsbaserade uppskattningar som är konservativt valda. Slutligen har väg 205/243 beräknats avseende mängd och andel transporter som en primär transportled, vilket torde ge något högre värden vid beräkning av individrisk och samhällsrisk jämfört med om platsspecifik statistik hade funnits tillgänglig. Normalt är att sekundära transportleder har färre transporter totalt än primära transportleder. Dessa tre konservativa antaganden bedöms generellt täcka in eventuella osäkerheter som kan ha uppstått vid val av indata och således bedöms resultatet som robust.

6.2. Rekommendationer

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande rekommendationer gällande skyddsåtgärder (se också Figur 6.1). Notera att detta utgår från förutsättningen att marken närmast väg 205/243 utgörs av detaljhandel samt att markanvändning för ambulansstation är placerad "bakom" området som planeras för detaljhandel.

- Byggnader inom planområdet rekommenderas uppföras med minsta skyddsavstånd på 25 meter från väggkant.
- Byggnader inom 30 meter från närmsta väggkant bör förses med skyddsåtgärden brandklassad fasad (fasad samt fönster mot vägen utförs i motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30). Detta då individriskbidraget på detta avstånd främst består av brännskador. Om ett skydd mot avrinning (dike, vall eller naturlig vegetation) samt avåkningskydd (dimensionerat för tunga fordon) installeras längs med väg 205/243 behövs ej åtgärden brandklassad fasad.
- För placering av byggnader inom 75 meter från närmsta väggkant rekommenderas att, med hänsyn till Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer, det ska vara möjligt att utrymma byggnader i riktning som inte vetter direkt mot väg 205/243.
- För byggnader inom 75 meter från närmsta väggkant rekommenderas att friskluftsintag placeras på tak, för att minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Alternativt bör friskluftsintag placeras på byggnadernas sidor som vetter bort från väg 205/243.

Vidare rekommenderas att det ska finnas minst två möjliga utfartsvägar från ambulansstationen till väg 205/243, för att en olycka längs väg 205/243 ska blockera samtliga utfarter.



Figur 6.1. Schematisk redovisning av de skyddsavstånd som rekommenderas för planområdet.



7. Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Riskhänsyn i fysisk planering," [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/samhallsplanering/riskhansyn-i-fysisk-planering/>.
- [3] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," Räddnings- och säkerhetsavdelningen, Stockholm, 2000.
- [7] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Fakta 2016:4 Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [8] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," Karlstad, 1996.
- [9] Trafikverket, "PM Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2066," Trafikverket, Borlänge, 2020.
- [10] Statistikmyndigheten (SCB), "Kommuner i siffror," [Online]. Available: <https://kommunsiffror.scb.se/>. [Använd Oktober 2024].
- [11] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM) - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Rapport "Skåne i utveckling" 2007:06, 2007.
- [12] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods," 2020. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/>.
- [13] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appendice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [14] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.

Bilagor till riskutredning farligt gods



2024-10-31

Rev. Datum:

PROJEKTNAMN
Storängens Handelsområde, Karlskoga –
riskutredning PBL
UPPDRAGSGIVARE
Carl Carlin
Telefon: 079-336 46 44
E-post: carl.carlin@globark.se

STATUS
Version 1

KOMMUN OCH FASTIGHET
Högåsen 2:139 och Högåsen 2:156,
Karlskoga





A. Frekvenser för olycka med farligt gods

A.1. Generella indata

A.1.1. Olycksriktning

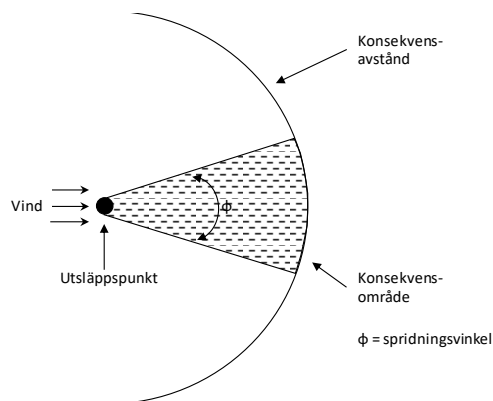
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I Tabell 6 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 6. Korrektur för olyckans riktning.

SCENARIO	BESKRIVNING	KORRIGERING
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen ⁵ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen ⁵ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
Jetflamma	Riktning uppåt, mot eller bort ⁶	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning mot eller bort ⁷	$1/2 = 0,50$

A.1.2. Spridningsvinkel

Giftmoln driver i väg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 7.1 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 7.2.



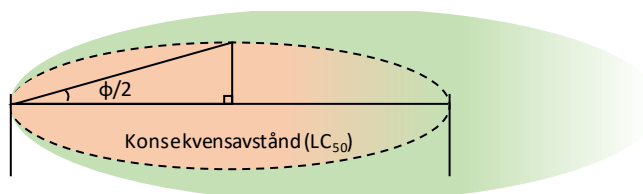
Figur 7.1. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

Vid halva avståndet till LC50 (se Figur 7.2) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.

⁵ I avsnitt A.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

⁶ Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

⁷ Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.



Figur 7.2. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 7. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i avsnitt B.

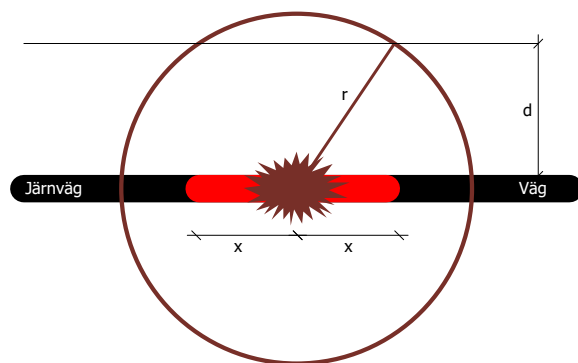
Tabell 7. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.

STABILITETSKLASS	VINDHASTIGHET	SPRIDNINGSVINKEL
Instabil	1–4 m/s	29–31°
Neutral	2–8 m/s	15–29°
Stabil	1–4 m/s	11–33°

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se avsnitt B) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

A.1.3. Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 7.3.



Figur 7.3. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på sträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där $d \leq r$, eftersom om $d > r$ blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats⁸

⁸ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.



kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$\frac{2\sqrt{r^2 - d^2}}{1\,000}$$

A.2. Scenarier

Nedan förtydligas huvud- och underklasser och vilka scenarier som analyseras.

Explosivämnen (ADR-klass 1)

Explosivämnen kan detonera på grund av stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller på grund av felaktiga förpackningar.

Gaser (ADR-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser behövs kännedom om vilka olyckor som inträffar. Om utsläpp av brännbara gaser sker kan följande inträffa^{9,10}:

- Ingen antändning, 30 %.
- UVCE, 50 %.
- BLEVE, 1 %.
- Jetflamma, 19 %.

Brandfarliga vätskor (ADR-klass 3)

Följande olyckor beaktas vid utsläpp av brandfarliga vätskor^{9,10}:

- Ingen antändning, 94 %
- Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

Oxiderande ämnen och organiska peroxider (ADR-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom ADR-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska vid olycka på väg kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt¹¹, givet att de oxiderande ämnen och organiska peroxider kan orsaka en explosion vid blandning med brännbar vätska.

Giftiga ämnen (ADR-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

⁹ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993.

¹⁰ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

¹¹ Riskanalysen i den fördjupade översiktsplanen för Göteborg använder en sannolikhet för explosion på 0,8 %, i jämförelse med 5,0 % som används i denna analys. Kunskapsunderlaget är litet och därför är det nödvändigt med konservativa antaganden.



Frätande ämnen (ADR-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

A.3. Olyckor på väg

De allra flesta olyckor med transport av farligt gods är i grunden trafikolyckor vid vilka tankens skadas och utsläpp sker. Beräkning av antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods kan göras med en modell som bygger på kännedom om:

1. Trafikarbete uttryckt som antal axelparskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per axelparskilometer.
3. Index för farligt godsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

Trafikarbete för fordon som medför farligt gods beräknas för en referenstid av ett år och utgör ett underlag för att bedöma det årliga antalet olyckor med fordon som medför farligt gods.

När olycksfrekvensen ska beräknas krävs kännedom om olyckskvoten, trafikarbetet och andelen singelolyckor. Modellen som beräknar antalet olyckor utgår från att alla olyckor är singelolyckor. Därför är det nödvändigt att kompensera för att fler än en bil kan vara inblandad i en trafikolycka. Detta kan lämpligen göras med en korrigeringsfaktor redovisad i Tabell 8 och beräknad enligt nedanstående modell¹²:

$$K_s = Y + 2 \cdot (1 - Y)$$

Data avseende andel singelolyckor har kurvanpassats för att ge möjlighet att bedöma värden för hastighetsbegränsningar som ej finns redovisade i ursprungsmaterialet.

Tabell 8. Andel singelolyckor i stad och på landsbygd.

HASTIGHETSBEGRENSNING	ANDEL SINGELOLYCKOR, Y	KORRIGERINGSFAKTOR, K _S
30 km/h	0,10	1,90
40 km/h	0,10	1,90
50 km/h	0,10	1,90
60 km/h	0,20	1,80
70 km/h	0,20	1,80
80 km/h	0,30	1,70
90 km/h	0,30	1,70
100 km/h	0,35	1,65
110 km/h	0,35	1,65
120 km/h	0,35	1,65

Olycksfrekvensen OF uttryckt i förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods per fordonskilometer beräknas enligt nedanstående uttryck.

$$OF = O_k \cdot K_s$$

där:

¹² Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.



O_k = Olyckskvoten. Om olyckskvot anges i enheten olyckor per miljon fordonskilometer räknas den om till enheten olyckor per miljon axelparskilometer. Se huvudrapporten för mer information.

K_s = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade.

VTI^{12} anger ett index för farligt godsolycka, vilket ska tolkas som sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar. Indexet är beroende av hastigheten med vilken olyckan inträffar, se Tabell 9. VTI har i sin redovisning av olyckskvoten utgått från ett statistiskt underlag för 70 km/h och därefter har VTI antagit att olyckskvoten är proportionerlig mot rörelseenergin i kvadrat, ett samband som använts för att beräkna olyckskvoterna för övriga hastigheter.

Tabell 9. Index för farligt godsolycka¹³.

HASTIGHETSBEGRÄNSNING	INDEX FÖR FARLIGT GODSOLYCKA
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,03
60 km/h	0,06
70 km/h	0,12
80 km/h	0,22
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Index för farligt godsolycka i Tabell 9 gäller för tunnväggiga tankar, det vill säga alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2. För dessa tankar är index för farligt godsolycka 1/30-del av värdet som anges där¹⁴.

Explosivämnen i ADR-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods då sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom fordonsbrand, vid kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Det finns statistik från Storbritannien (där transporter sker under liknande regelverk) som tydligt belyser risker med transport av explosivämnen. Frekvensen för detonation har bestämts till $1,1 \cdot 10^{-9}$ per fordonskilometer¹⁵.

A.3.1. Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Frekvenserna för respektive scenario beräknas enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{kons|ADR-X.X}} \cdot K_{\text{rikt}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen.

¹³ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.

¹⁴ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

¹⁵ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



T är trafikarbetet i form av axelparskilometer per år.

N_{ADR-X} är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9.

$N_{ADR-X.X}$ är andelen inom respektive ADR-klass.

$I_{FaGo-olycka}$ är index för farligtgoodsolycka.

$P_{kons|ADR-X.X}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig.

De enskilda scenariernas frekvenser är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i avsnitt B.

En tabell över beräknade frekvenser redovisas i huvudrapporten.

B. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

B.1. Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

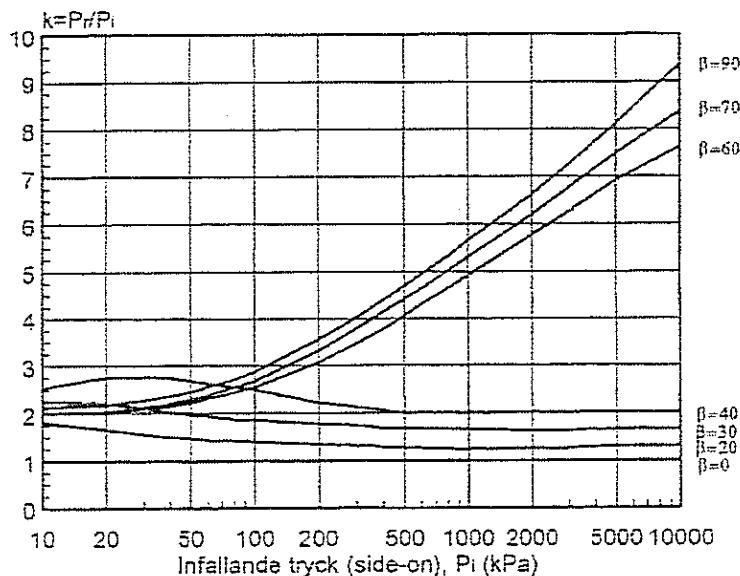
Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

B.2. Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i ADR-klass 1 och ADR-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik¹⁶:

- Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods. Laddningsvikten ökas 1,8 gånger för att ta hänsyn till att explosionen sker nära mark (och ej fritt i luften).
- Det skalade avståndet ($r/Q^{1/3}$) beräknas där r är avståndet till laddningen och Q är den omräknade laddningsvikten.
- Med hjälp av information i Figur 7.4 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.

¹⁶ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Figur 7.4. Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck där $\beta = 90$ innebär vinkelrätt tryckinfall (dimensionerande värde).

B.2.1. Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i ADR-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekyylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer¹⁷ enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsciensdiscipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl¹⁷. Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{\left[1 + \left[\left(\frac{p}{p_F} - 1\right)\left(\frac{M_{luft}}{M_F}\right)\right]\right]} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{F_\infty} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{\left(h / C_{P_{luft}}\right) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

¹⁷ Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

Y_{FW} = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

$Y_{F_{\infty}}$ = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

Y_{FR} = Massfraktion bränsle i vätskepoLEN.

p = Lufttryck = 101,3 kPa.

p_F = Ångtryck för bränsle i kPa.

M_{luft} = Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.

M_F = Molekylvikt för bränsle i g/mol.

B = Dimensionslöst masstransporttal.

Re = Reynolds tal, dimensionslöst.

Nu = Nusselts tal, dimensionslöst.

Pr_{luft} = Prandtl's tal för luft, dimensionslöst = 0,71.

U = Vindhastighet, m/s.

D_{eq} = PöLEns ekvivalenta diameter¹⁸, m.

A = PöLEns area, m.

ν = Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

h = Konvektivt värmeövergångstal, W/m²K.

k_{luft} = Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.

Q'' = Massflöde från ytan, kg/m²s.

Q = Massflöde från ytan, kg/s.

$C_{P_{luft}}$ = Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pöLEn att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstade vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pöLEbrand (se avsnitt B.2.6).

B.2.2. Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en så kallad turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

¹⁸ Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepoLEN.



$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 v_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

Q = Massflödet, kg/s.

C_d = Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.

A = Hålstorlek, m².

P_0 = Tanktryck, Pa.

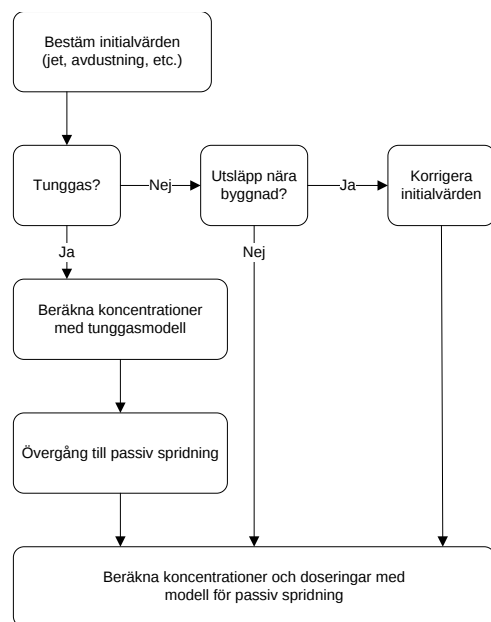
P_a = Atmosfärstryck, Pa.

v_f = Specifik volym hos vätskefas, m³/kg.

F = Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

B.2.3. Spridning i luft

Följande flödesschema¹⁹ för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:



Figur 7.5. Flödesschema¹⁹ för kontinuerliga utsläpp.

¹⁹ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt B.2.1 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt B.2.2.

Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen¹⁹ bestäms med följande ekvationer:

Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

σ_{y0}, σ_{z0} = Initiala utspädningskoefficienter i y- respektive z-led.

Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en så kallad turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$

Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

T_{g0} = Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$

varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om $x_{\max}$ är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.



Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2 \cdot u} \quad (18)$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}}\right)^{0,2} \quad (19)$$

där

$X_{\max}$ = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m³.

K_r = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).

K_s = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.

z_{01} = Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2}x\right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

Övergång till passiv spridning

Vid $x_{\max}$ är inte längre tunggasmodellen tillämplig. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjddled



u = Vindhastigheten, m/s.

H = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjddled beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$

där u , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till så kallade virtuella källor, det vill säga de koordinatförsjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdestiden (500 s).

Tabell 10. Konstanter för olika stabilitetsklasser.

STABILITETSKLASS	A_y	B_y	γ_y	A_z	B_z	γ_z
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad \text{för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)} \quad \text{för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad \text{för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$



$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp} a_z} \text{ för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$

$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4 \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} (\sqrt{2} - 1) b_z}{a_z}} - 1}{2(\sqrt{2} - 1) b_z} \text{ för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt B.2.3.

B.2.4. BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

D	= Eldklotets diameter, m.
m	= Utsläppt massa brännbar vätska, kg.
t_{BLEVE}	= Eldklotets varaktighet, s.
F_{21}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
τ	= Andel av strålningen som transmitteras genom luften.
p_w	= Vattens ångtryck, Pa
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_E	= Strålningsandel.
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt B.3.3. Sedan har



eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

B.2.5. Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9t^{0,4}Q^{0,47} \quad (36)$$

där

$R_{s,50}$ = Riskavstånd till 50 % dödlighet, m.

t = Exponeringstid vid strålningspåverkan, s.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s (se avsnitt B.2.2).

B.2.6. Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där

Q = Brandens effekt, kW.

m'' = Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m².

Δh_c = Förbränningsvärme, kJ/kg.

A_p = Pölens area, m².

q_r = Avgiven strålning, kW/m².

X_e = Strålningsandel.

F_{12} = Synfaktor.

X = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.

q_x = Mottagen strålning, kW/m².

τ = Andel av strålningen som transmitteras genom luften, se avsnitt B.2.4.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt B.3.3. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.



B.2.7. Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 meter från tanken utsätts för dödliga skador.

B.3. Indata

B.3.1. Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 11 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 11. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

STABILITETSKLASS	SANNOLIKHET	VINDHASTIGHET (MEDELVÄRDE)
Instabil	10 %	1,7 m/s
Neutral	50 %	4,4 m/s
Stabil	40 %	2,4 m/s

B.3.2. Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer²⁰.

Tabell 12. Generella indata till konsekvensberäkningarna.

VARIABEL	ENHET	VÄRDE
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65;0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0;2,0)

Tabell 13. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol.

HÅLTYP	HÅLDIAMETER	KÄLLSTYRKA	SANNOLIKHET
Litet	10 mm	1 kg/s	62,5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20,8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16,7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket²¹, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox²² och CPQRA²³.

Tabell 14. Ämnesspecifika indata.

²⁰ Länsstyrelsen i Skåne län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

²¹ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

²² Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

²³ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.



VARIABEL	ENHET	PROPYLENOXID	DIMETYLSULFAT	SVAVELDIOXID	GASOL	BENSIN
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	
Densitet vätska	[kg/m ³]	830	1330	1460	605	750
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34 845	-	-	46 000	45 000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,30
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	
Kokpunkt	[°C]	34	188			
Tanktryck	[kPa]			230	535	
Förbränningshastighet	[m/s]					0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m ² /s]					0,048

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i ADR-klass 1 och ADR-klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO²⁴ och antar en fördelning enligt Tabell 15 nedan och gäller för både väg och järnväg.

Tabell 15. Massa som deltar i explosion i ADR-klass 1.

MASSA, KG	ACK. SANNOLIKHET	MASSA, KG	ACK. SANNOLIKHET
50	1,1 %	1 047	21,4 %
61	1,2 %	1 095	22,3 %
126	1,2 %	1 778	86,5 %
204	3,8 %	2 399	86,8 %
316	20,8 %	16 000	100,0 %
562	21,3 %		

Vid en olycka med ADR-klass 5 på väg kan lasten blandas med fordonets egna drivmedel, vilket antas ha ett medelvärde på 400 kg och ett minsta respektive ett största värde på 100 respektive 500 kg. En explosiv oxidator-bränsleblandning innehåller cirka 13 % bränsle, vilket för 400 kg drivmedel ger $400/0,13 = 3\,080$ kg explosiv blandning²⁵.

B.3.3. Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 16 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, det vill säga den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 16. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning²⁶ och tryck.

SKADEVERKAN	KRITISK PÅVERKAN
Explosion – tryck ²⁷	260 kPa

²⁴ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

²⁵ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilaga 2, 1997.

²⁶ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

²⁷ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



SKADEVERKAN	KRITISK PÅVERKAN
Explosion – värmestrålning ²⁸	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ²⁸	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ²⁸	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ²⁹	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ³⁰	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ³¹	186 mg/m ³ (35 ppm)

B.4. Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av så kallade probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration (LC₅₀) eller kritisk värmestrålning).

Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmåten. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA³². Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

B.4.1. Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 7.6 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.

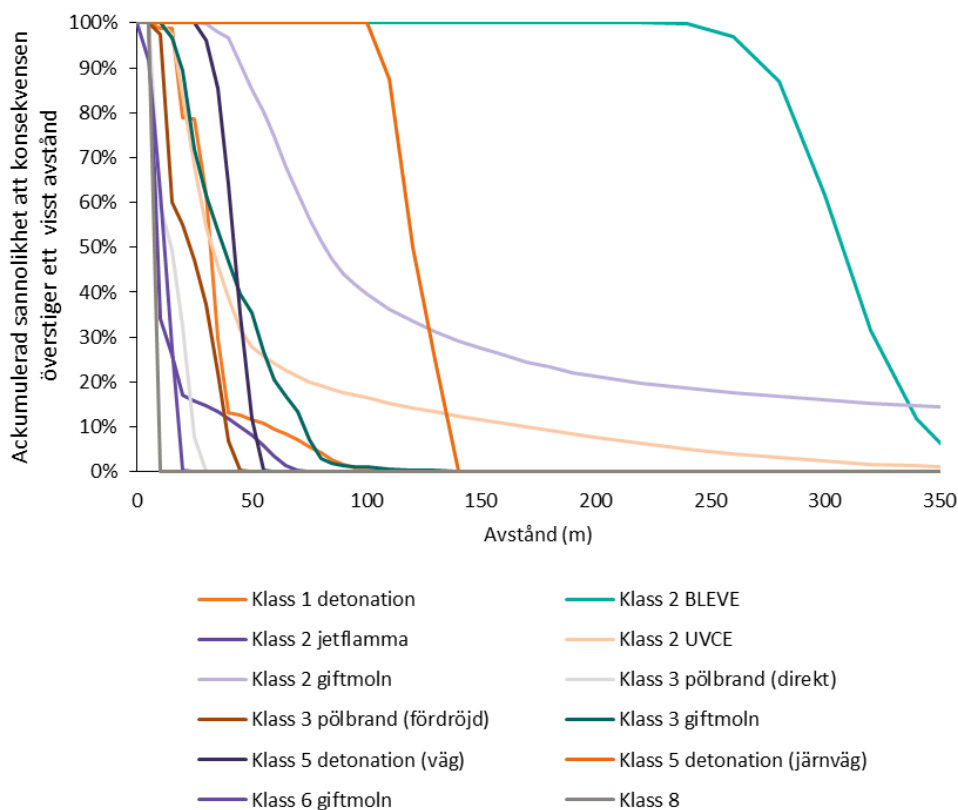
²⁸ Eldklotets varaktighet för explosion är cirka 7 sekunder och för BLEVE cirka 11 sekunder. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

²⁹ Representeras av svaveldioxid, 30 minuters exponering.

³⁰ Representeras av propylenoxid, 30 minuters exponering.

³¹ Representeras av dimetylsulfat, 30 minuters exponering (TEEL-3).

³² CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Figur 7.6. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 meter och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE når 340 meter eller längre.

Informationen i Figur 7.6 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 17 redovisas dessa värden.

Tabell 17. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

SCENARIO	RISKOMRÅDE I METER	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	35	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	320	360
Klass 2 jetflamma → brännskada	10	60
Klass 2 UVCE → brännskada	35	260
Klass 2 giftmoln → förgiftning	85	1 000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	15	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	25	45
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	80
Klass 5 detonation (väg) → tryck	45	55
Klass 5 detonation (järnväg) → tryck	120	140
Klass 6 giftmoln → förgiftning	15	20
Klass 8 → frätskada	10	10



Syftet med Tabell 17 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden.

B.4.2. Konsekvensområde vid begränsning av vätskeutbredning

I Tabell 18 redovisas hur den ackumulerade sannolikhetsfördelningen ändras när en säkerhetshöjande åtgärd som begränsar utbredningen av vätskor används. Informationen i Tabell 18 används för att ta fram sannolikhetsfördelningar lika de som redovisas i avsnitt B.4.1, vilka sedan används för att beräkna risknivåer.

Tabell 18. Jämförelse av konsekvensområde utan och med säkerhetshöjande åtgärd som begränsar utbredningen av vätskor.

	KLASS 3 PÖLBRAND DIREKT		KLASS 3 PÖLBRAND FÖRDRÖJD		KLASS 3, GIFTMOLN		KLASS 6, GIFTMOLN	
Avstånd	Utan	Med	Utan	Med	Utan	Med	Utan	Med
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%
5	100%	63%	100%	99%	100%	100%	92%	-
10	59%	40%	98%	57%	100%	94%	62%	-
15	49%	4%	60%	43%	97%	81%	28%	-
20	32%	-	55%	19%	89%	60%	-	-
25	8%	-	47%	1%	72%	48%	-	-
30	-	-	37%	-	62%	39%	-	-
35	-	-	22%	-	54%	30%	-	-
40	-	-	7%	-	47%	25%	-	-
45	-	-	-	-	40%	20%	-	-
50	-	-	-	-	35%	14%	-	-
55	-	-	-	-	27%	8%	-	-
60	-	-	-	-	21%	3%	-	-
65	-	-	-	-	17%	2%	-	-
70	-	-	-	-	13%	2%	-	-
75	-	-	-	-	7%	1%	-	-
80	-	-	-	-	3%	1%	-	-
85	-	-	-	-	2%	1%	-	-
90	-	-	-	-	1%	1%	-	-
95	-	-	-	-	1%	1%	-	-
100	-	-	-	-	1%	-	-	-
105	-	-	-	-	1%	-	-	-

C. Risknivåer

C.1. Individrisk

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

Modellen för olyckor på väg tar hänsyn till vägområdets bredd och dess påverkan på olyckors placeringar. För en smal väg så som en vanlig landsväg antas alla olyckor inträffa i



körbanekanten närmast planområdet. Om vägbredden är större än 10 meter antas hälften av olyckorna inträffa i körbanekanten närmast planområdet, och den andra hälften i mitten av vägen. En bredare väg förskjuter olyckorna i vägens mitt längre bort från den närmaste körbanekanten.

Vid trafik på flera järnvägsspår fördelas tågtrafiken jämt över spåren. Modellen utgår sedan från ett avstånd på 5 meter från varje spårmitt och gör en förskjutning av risknivåerna för att motsvara avståndet mellan spåren. Som exempel görs beräkningen för dubbelspår med halva tågtrafiken, varefter individrisken på 5 meter adderas till individrisken på 0 meter. På så sätt har det borte spårets bidrag till individrisken för det närmaste spåret beaktats. Vid tre spår används en tredjedel av trafiken varefter individrisken på 10 och 5 meter adderas med värdet för 0 meter, och så vidare.

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för respektive scenario finns angivna i avsnitt A. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i avsnitt B och sannolikheten att ett område påverkas från avsnitt A. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt C.1.1 och C.1.2.

Urspårningsolyckor

För urspårningsolyckor används frekvensen för järnvägsolycka tillsammans med sannolikheten att ett område påverkas. Beräkningsgången är lika den som exemplifieras i avsnitt C.1.1 och C.1.2.

C.1.1. Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I avsnitt B redovisas sannolikhetsfördelningar för respektive olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden, vilken sedan används i riskberäkningarna.

C.1.2. Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 meter, det vill säga beräknas var femte meter från vägkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR/RID-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för vart olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram i huvudrapporten.

C.2. Samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten. Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.



C.2.1. Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.

Personintensitet

- 2 500 invånare/km²

När personintensiteten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten³³. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

Påverkansområde

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. Det finns tre olika typer av påverkansområde:

- Cirkulär utbredning, till exempel bränder och explosioner.
- Konformad utbredning, till exempel utsläpp av giftig gas.
- Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m²) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ($A = \pi r^2$) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln³⁴ ($A = \varphi \pi r^2$).

C.2.2. Beräkning av samhällsrisk

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 19. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 19 besvaras.

Tabell 19. Modell för beräkning av samhällsrisk.

FRÅGA	SVARSALTERNATIV	KOMMENTAR
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se avsnitt C.
Vilket scenario?	Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd)	Se avsnitt A för information om frekvenser.
	Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation	

³³ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁴ Mer information om spridningsvinkeln (φ) finns i avsnitt A.



FRÅGA	SVARSALTERNATIV	KOMMENTAR
	Klass 6 giftmoln Klass 8	
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i avsnitt B.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se avsnitt C.

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck:

$$\text{Antal döda} = \text{Personintensitet}(\text{pers}/\text{km}^2) \times \text{Påverkansområde}(\text{km}^2)$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarier, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en så kallad FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, det vill säga då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsrisk för $N = 1$, men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.

Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 20 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{35,36}.

Tabell 20. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

SKADEVERKAN	ANDEL INOMHUS SOM OMKOMMER
Tryckskada	50 %
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %
Frätskada	0 %

D. Diskussion om modell och indata

Risikanalysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM) och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

³⁵ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

³⁶ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



D.1. Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den så kallade FOA-handboken³⁷. I stort är det samma modeller som RIKTSAM bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bland annat modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

D.1.1. Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är till exempel hålstorlek vid utsläpp.

Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för respektive stabilitetsklass.

Generella indata och ämnesspecifika uppgifter

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI³⁸:

- Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket³⁹ där håldiametrar på 3, 9 respektive 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie⁴⁰ använder 2 respektive 35 kg/s i sina beräkningar.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålstorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålstorleken har drygt 5 gånger så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver i väg med vinden – hålstorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålstorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

Skadekriterier

Riskanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utsläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i

³⁷ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

³⁸ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

³⁹ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

⁴⁰ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



enlighet med metodik redovisad i CPQRA⁴¹ är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC₅₀-värde. LC₅₀-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E⁴² har använts som inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 minuter för giftig gas och 30 sekunder för brännskada.

D.2. Slutsatser

De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålstorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledningar och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.

E. Säkerhetshöjande åtgärder

E.1. Skydd mot brandspridning

En pölbrand uppkommer vid utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor. Strålningsvärmen från dessa bränder är intensiv samtidigt som den avtar exponentiellt med avståndet. strålningsnivån ska understiga det värde på 14 kW/m² som ger upphov till 2:a gradens brännskador respektive det värde på 15 kW/m² som ger brandspridning till byggnader⁴³.

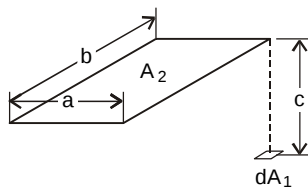
För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand⁴⁴ på 200 m², vilket ger en flamma som är 21 meter hög och 16 meter bred. Utgående strålning från branden är 43 kW/m² och för att brandspridning/brännskador inte ska ske måste synfaktorn understiga 0,33. Synfaktorn understiger detta värde på cirka 15 meters avstånd från branden. Beräkningarna redovisas nedan och gäller för motstående ytor (fasader parallella med spårområdet). Notera att avståndet (c) är det som söks för att synfaktorn (F_{d1-2}) inte ska överstiga 0,33.

⁴¹ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

⁴² TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

⁴³ Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBRAD3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

⁴⁴ Brandens yta på 200 m² motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, cirka 20 m³, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m²s, vilket ger en effektutveckling på cirka 370 MW för en pöl på 200 m².



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + c^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{b^2 + c^2}} \right) \right]$$

$$a/2 = 8 \text{ m}$$

$$b/2 = 10,5 \text{ m}$$

$$c = 15 \text{ m}$$

$$4 \times F_{d1-2} = 4 \times 0,079 = 0,32$$

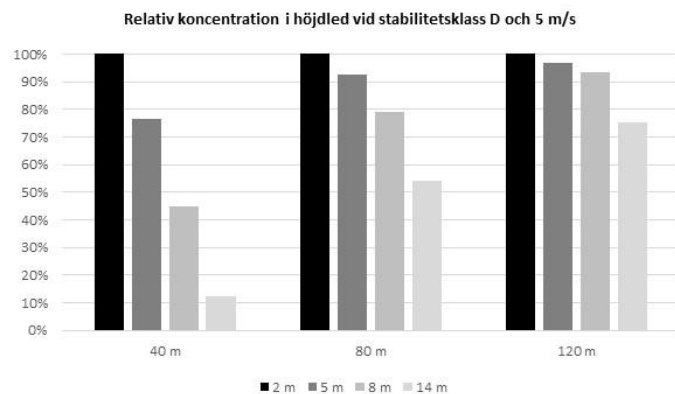
Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 meter är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmaste kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot planområdet och dess diameter är i storleksordningen 15 meter. Om byggnader inom 30 meter från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall. Om det finns förutsättningar för att begränsa spridningen av vätskor kan ett skyddsavstånd på 20 meter från kanten där vätskor bromsas upp. Exempel på detta är mitten på ett dike, nedre kanten på en vall eller kanten hos en mur som vetter mot transportleden.

E.2. Högt placerade luftintag

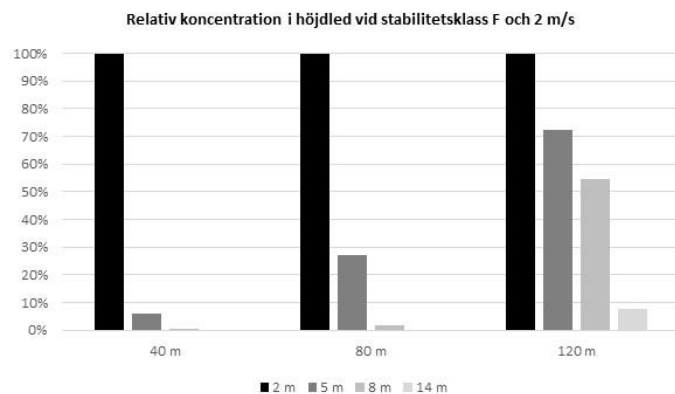
Många av de giftiga gaser som transporteras på väg är så kallade tunga gaser, vilket betyder att de har högre densitet än den omgivande luften och sprider ut sig längs marknivån. Efterhand som att gasmolnet blandas upp med luft minskar densiteten och till slut är densitetsskillnaden mellan omgivande luft och molnet försumbar. I avsnitt B.2.3 beskrivs flödesschemat för spridning i luft. Det så kallade tunggassteget har i 90 % av fallen en räckvidd på mindre än 200 meter, vilket medför att en säkerhetshöjande åtgärd som högt placerade luftintag i teorin kan vara effektiv för att minska hur mycket gas som kommer in i en byggnad.

Med hjälp av modellen "Spridning Luft", version 1.4.3 tillgänglig via programpaketet RIB som ges ut av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, undersöks hur koncentrationen varierar i höjdlängd på tre avstånd (40, 80 samt 120 meter från utsläppspunkten). Tre olika höjder studeras (2, 8 och 14 meter ovan mark), vilka är representativa för byggnader med varierande våningsantal. Beräkningarna utförs för stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s samt för stabilitetsklass F och en vindhastighet på 2 m/s. Gasen utgörs av svaveldioxid och källstyrkan 4,0 kg/s motsvarar ett rörbrott.

Resultatet redovisas i Figur 7.7 och Figur 7.8 där koncentrationen 2 meter ovan mark utgör ett referensfall och det värde som övriga resultat normeras mot. Ett värde större än 100 % innebär att koncentrationen på den studerade höjden är högre än den för referensfallet och ett värde på mindre än 100 % innebär att koncentrationen är lägre än referensfallet.



Figur 7.7. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass D och 5 m/s.



Figur 7.8. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass F och 2 m/s.

Båda figurerna visar att högt placerade luftintag skulle ge en påtaglig minskning av koncentrationen inomhus vid ett utsläpp med giftig gas. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Men, det är framför allt aktuella väder- och vindförhållanden som styr. Vid stabil skiktning så trycks gasmolnet ner mot marken av den ovanliggande luften, vilket ger mindre utblandning i höjddled. För detta fall har luftintagets placering mycket stor betydelse inom hela riskhanteringsområdet. Sammanfattningsvis ger en placering av luftintag på cirka 8 meters höjd ovan mark möjlighet till en påtaglig riskminskning.