



Riskutredning för planområde Version 2



Sågtorp 2
Täby kommun

2020-07-07



Projektinformation

Projektnamn: Sågtorp 2, Täby – Riskutredning
Fastighet: Sågtorp 2
Kommun: Täby kommun
Ärende: Riskutredning för detaljplanområde omfattande Sågtorp 2 i Täby
Byggherre:
Uppdragsgivare HSB Bostad AB

Kontaktperson: Mia Rådelöv
mia.radelov@hsb.se
070-617 96 88

Uppdragsansvarig: Jonas Nilsson Tidigare: Erik Öberg och Olle Wulff (OW)
jonas.nilsson@briab.se
010-203 80 13

Handläggare: Jonas Nilsson Tidigare: Erol Ceylan (EC)
jonas.nilsson@briab.se
010-203 80 13

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2020-07-07	Riskutredning version 2	Jonas Nilsson	David Winberg
2019-10-29	Riskutredning version 1	Jonas Nilsson	Erik Öberg
2016-05-18	Tidigt utkast riskutredning	Erol Ceylan	Jens Bengtsson



Sammanfattning

Briab Brand & Riskingenjörerna har fått i uppdrag av HSB Bostad AB att utreda den riskbild som är förknippad med ett planområde omfattande fastigheten Sågtorp 2 i Täby. Utredningen görs utifrån krav i plan- och bygglagen [1] att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämplig sett till människors hälsa, säkerhet och risken för olyckor.

Syftet med denna riskutredning är att redogöra för riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet och att bedöma om den planerade markanvändningen är acceptabel ur risksynpunkt. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell planprocess.

Planområdet är beläget i Roslags-Näsby i Täby. Öster om planområdet går Ytterbyvägen, norr om planområdet går Centralvägen och söder om planområdet går Näsbylundsvägen, se Figur 1.



Figur 1. Planområdet (blå markering). Bildkälla: [2], redigerad av Briab.

Planområdet är i dagsläget obebyggt. Planerad bebyggelse utgörs av bostäder, studentbostäder, förskola, garage och lokaler i byggnader med två våningar upp till och med 12 våningar. Bebyggelsen planeras som närmast 17 meter från Centralvägen, vilket är en sekundär transportled för farligt gods.

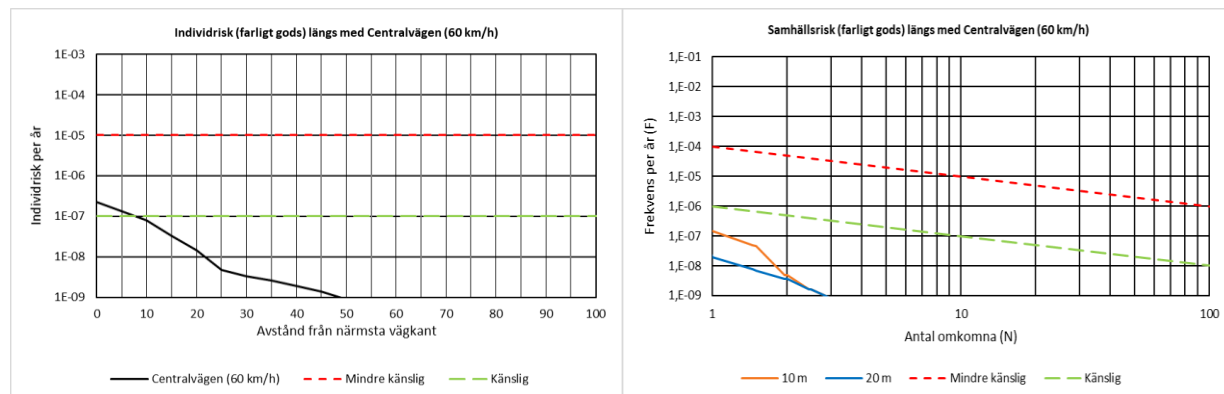
Länsstyrelsen rekommendation är att normalt hålla ett skyddsavstånd om 25 meter från transportleder för farligt gods, men för sekundära transportleder kan det accepteras kortare skyddsavstånd om ca 15-20 meter. Detta gäller i de fall där det går få transporter och/eller där de olyckor som kan inträffa endast kan få konsekvenser inom ett kortare avstånd. [3]

Utifrån genomförd riskinventering inom och omkring planområdet har riskkällor som kan påverka personer som befinner sig inom och i nära anslutning till planområdet identifierats. Transport av farligt



gods på Centralvägen till bensinstationer belägna längs med Enhagsvägen har identifierats som den enda riskkällan som bidrar till planområdets risknivå.

Utredningen visar att planområdets risknivå är mycket låg vid jämförelse med de probabilistiska värderingskriterier för individ- och samhällsrisk som är praxis i denna typ av utredningar, se Figur 2. På avståndet 17 meter, är individrisken mindre än hälften av acceptabel risknivå och samhällsriskens tiopotens mindre än acceptabel risknivå.



Figur 2. Individer- och samhällsrisk intill Centralvägen.

Med anledning av att bebyggelsen planeras relativt nära Centralvägen, 17 meter, och att det saknas god praxis för vad som är acceptabel risk vid bebyggelse så nära en sekundär transportled, föreslås ett antal säkerhetshöjande åtgärder som försiktighetsåtgärd. Utifrån detta föreslås att följande säkerhetshöjande åtgärder implementeras för Sågtorp 2 längs med Centralvägen, utifrån en försiktighetsprincip:

- Utrymning från byggnader närmast Centralvägen ska vara möjlig bort från Centralvägen;
- Området bör disponeras så att verksamheter som räknas som känsliga, så som förskola, placeras med ett så stort skyddsavstånd från Centralvägen som möjligt;
- Avåkningsskydd upprättas längs med Centralvägen, för att hindra fordon från att åka av mot byggnaderna;
- Väggkant längs Centralvägen utförs med en minst 15 centimeter hög kant, som förhindrar att vätskor rinner mot byggnaderna från den sekundära leden;
- Vägkyl eller liknande samt lutning från byggnaderna, som säkerställer att eventuell brandfarlig vätska rinner bort från byggnaderna. Detta krävs vid infarter från den sekundära leden (alltså där det inte är möjligt att ha en 15 cm hög väggkant);
- Dräneringspunkter ska finnas längs med Centralvägen, typ dagvattenbrunnar för att minska storleken på en eventuell pöl. Det finns befintliga dagvattenbrunnar längs med Centralvägen vilka bedöms vara tillfredsställande som skyddsåtgärd.

Denna riskutredning ska ses som ett underlag för det fortsatta planarbetet och de riskreducerande åtgärderna bör utgöra underlag till planbestämmelser och exploateringsavtal.



Innehåll

1 Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål	6
1.3 Rapportens disposition	6
1.4 Omfattning och avgränsningar	6
1.5 Underlag	7
1.6 Kvalitetssystem	7
1.7 Revideringar	7
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	8
2.1 Risk	8
2.2 Styrande dokument	8
2.3 Metodik för riskhantering	9
2.4 Nyttjad metod	10
2.5 Principer och kriterier för riskvärdering	10
3 Grundläggande förutsättningar	14
3.1 Planområdets förutsättningar	14
4 Riskidentifiering och översiktlig bedömning	16
4.1 Farliga verksamheter	17
4.2 Transportleder för farligt gods	18
5 Fördjupad probabilistisk analys	20
5.1 Påkörning	20
5.2 Farligt gods-olycka	21
5.3 Resultat	23
6 Riskvärdering	24
7 Diskussion och Slutsatser	25
8 Referenser	26
A. Frekvenser för olycka med farligt gods	28
A.1 Generella indata	28
A.2 Transportstatistik	32
A.3 Scenarier	32
A.4 Olyckor på väg	32
B. Konsekvenser av olyckor med farligt gods	36
B.1 Beräkning av konsekvenser	36
B.2 Indata	37
B.3 Resultat	39



C. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods	45
C.1 Modell för beräkning av individrisk	45
C.2 Modell för beräkning av samhällsrisk	49

D. Känslighetsanalys	52
D.1 Olycksfrekvenser	52
D.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods	53
D.3 Slutsatser	55

E. Säkerhetshöjande åtgärder	56
E.1 Skydd mot brandspridning	56



1 Inledning

1.1 Bakgrund

Briab Brand & Riskingenjörerna har fått i uppdrag av HSB Bostad AB att utreda den riskbild som är förknippad med ett planområde omfattande fastigheten Sågtorp 2 i Täby. Utredningen görs utifrån krav i plan- och bygglagen [1] att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämplig sett till människors hälsa, säkerhet och risken för olyckor.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att redogöra för riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet och att bedöma om den planerade markanvändningen är acceptabel ur risksynpunkt samt att vid behov ge förslag på och verifiera riskreducerande åtgärder.

Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell planprocess. Detta görs genom en kvantitativ probabilistisk analys.

1.3 Rapportens disposition

Kapitel 1 Inledning: bakgrund och efter vilka ramar rapporten är upprättad presenteras.

Kapitel 2 Riskhänsyn vid fysisk planering: teorier och metodik använd i rapporten presenteras.

Kapitel 3 Grundläggande förutsättningar: presenterar de förutsättningar som gäller för det aktuella planområdet.

Kapitel 4 Riskidentifiering och översiktlig bedömning: utifrån förutsättningarna inventeras risker och en första övergripande bedömning görs.

Kapitel 5 Fördjupad probabilistisk analys: de risker som bedömdes nödvändiga att analysera vidare i föregående kapitel analyseras för att kvantitativt jämföra riskerna mot standardiserade värden.

Kapitel 6 Riskvärdering: resultaten av analysen värderas.

Kapitel 7 Diskussion och Slutsatser: här presenteras vad rapportens slutsats är och en diskussion förs kring rapporten.

Kapitel 8 Referenser: de referenser som hänvisats till presenteras.

1.4 Omfattning och avgränsningar

Denna riskutredning omfattar endast risker förknippade med plötsliga olyckor med tunga fordon, farligt gods-transporterande fordon eller inom farliga verksamheter i anslutning till planområdet. Olyckor där långvarig exponering krävs för skadliga konsekvenser, eventuella skador på egendom och miljö eller uppsåtliga risker är exkluderade i utredningen.

Den geografiska avgränsningen utgörs av aktuellt planområde med omgivning. Horisontår för påverkansområdet är valt till år 2040.



I denna riskutredning presenteras, vid behov, endast sådana riskreducerande åtgärder som påverkar markanvändning eller funktion.

1.5 Underlag

1.5.1 Skriftligt underlag

Nedanstående tabell anger underlaget för handlingen:

Handling	Datering	Upprättad av
Riskutredning för planområde: Sågtorp 2, Täby	2016-05-18	Briab
Muntlig information från HSB, Mattias Björk	2019-05-14	-
Risk-PM: Sågtorp 2	2019-05-29	Briab
Situationsplan – Sågtorp 2	2020-07-03	-

1.6 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kontroll utförs mot särskild checklista och dokumenteras.

1.7 Revideringar

Revideringar till denna version har markerats med sidokantlinje. Sammanfattning av revideringar presenteras nedan.

- Ny situationsplan;
- Nya beräkningar;
 - Enligt ny modell,
 - Med korrigerade indata,
 - Nytt resultat för individ- och samhällsrisk.
- Förtydliga argument;
 - Brandfarlig vara som hanteras vid aktuella drivmedelsstationer,
 - Skyddsavstånd från drivmedelsstationer,
 - Lutning av Centralvägen utmed planområdet Sågtorp 2,
 - Befintliga dagvattenbrunnar är tillfredsställande.
- Utelämnat kvalitativ jämförelse med planområde Västra Roslags-Näsby.
- Förtydligat säkerhetshöjande åtgärder med placering av känslig verksamhet, så som förskola.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

2.1 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en önskad 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 [4].

Samhällsrisk, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [4].

2.2 Styrande dokument

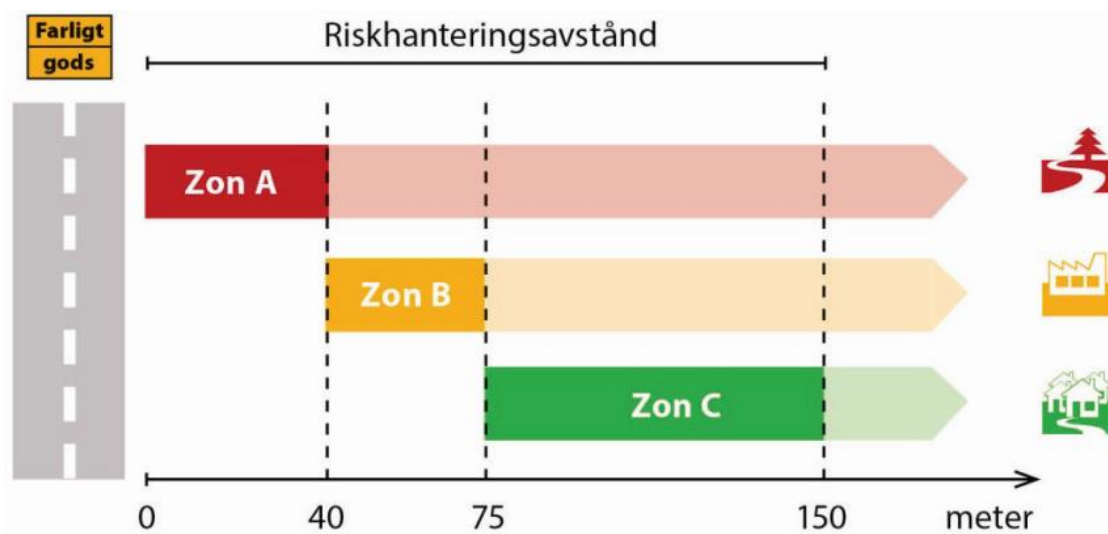
2.2.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

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

2.2.2 Riktlinjer från Länsstyrelsen Stockholm

Utöver de allmänna rekommendationerna har Länsstyrelsen i Stockholms län publicerat mer specifika rekommendationer rörande bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. I dessa anges att ny bebyggelse inte bör medges så nära farligt gods-leder att transporter med farligt gods till slut omöjliggörs. Det framgår även att en riskanalys ska göras om bebyggelse planeras inom 100 meter från bensinstationer och om risk föreligger. [5]

I de senaste utgivna riktlinjerna från Länsstyrelsen Stockholms dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 3 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. En och samma markanvändning kan tillhöra olika zoner. [3]



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

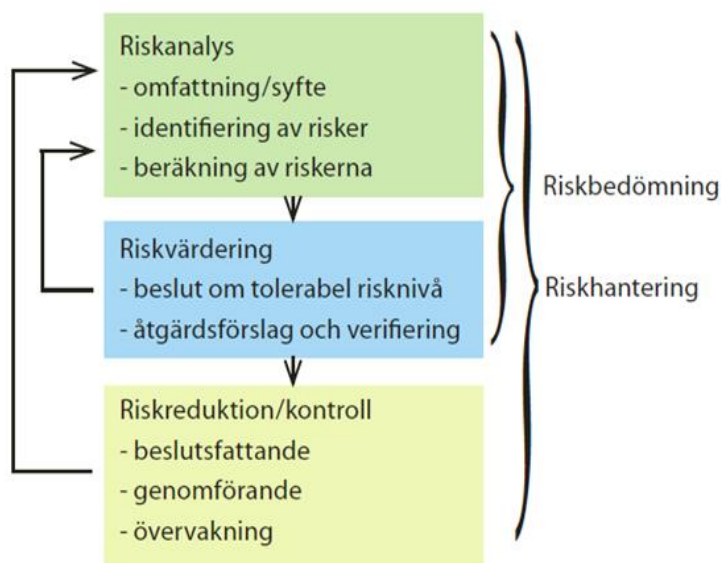
Figur 3. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods. [3]

En sekundär transportled för farligt gods innebär större osäkerheter kring både sannolikhet och konsekvens för och av en olycka. Länsstyrelsen anser att ett skyddsavstånd om 25 meter ska eftersträvas vid sekundära leder, men att 15-20 meter kan vara aktuellt vid få transporter och/eller där det är låga konsekvenser [3].

2.3 Metodik för riskhantering

Riskhantering innebär ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att, inom ett givet system, kontrollera eller minska olycksriskerna. Att hantera risker är en kontinuerlig process som innebär att inventera, analysera, värdera och vidta säkerhetsåtgärder samt uppföljning och kommunikation till berörda parter. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 4.

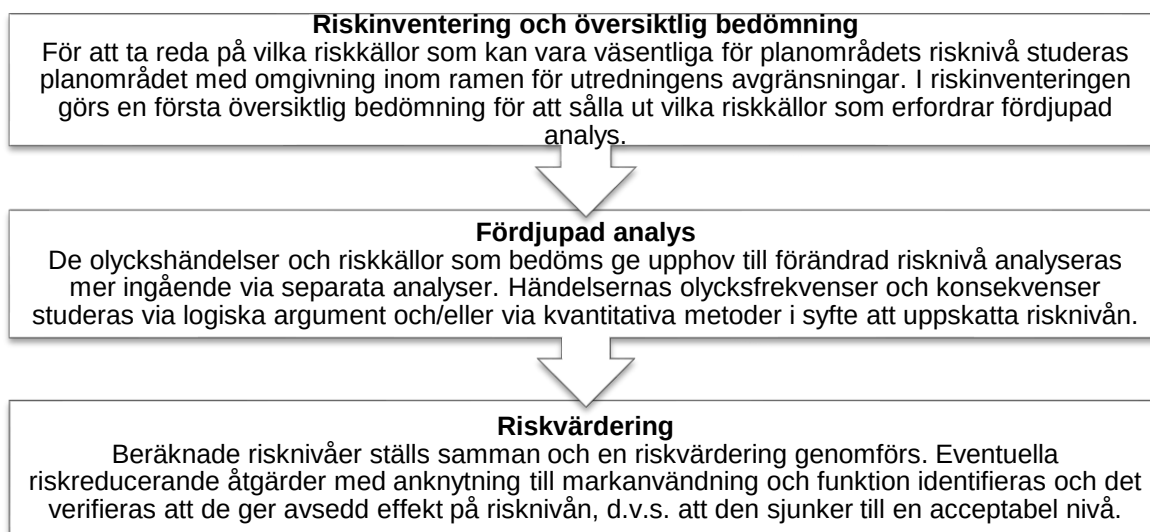
Riskhanteringsprocessens tre delar – riskanalys, riskvärdering och riskkontroll – behandlar allt från identifiering av olyckshändelser och riskkällor till beslut om och genomförande av riskreducerande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på den aktuella riskbilden.



Figur 4. Metodik för riskhantering. Källa: [6].

2.4 Nyttjad metod

Utifrån ovan presenterad metodik för riskhantering redogörs nedan för arbetsgången i aktuell riskutredning.



2.5 Principer och kriterier för riskvärdering

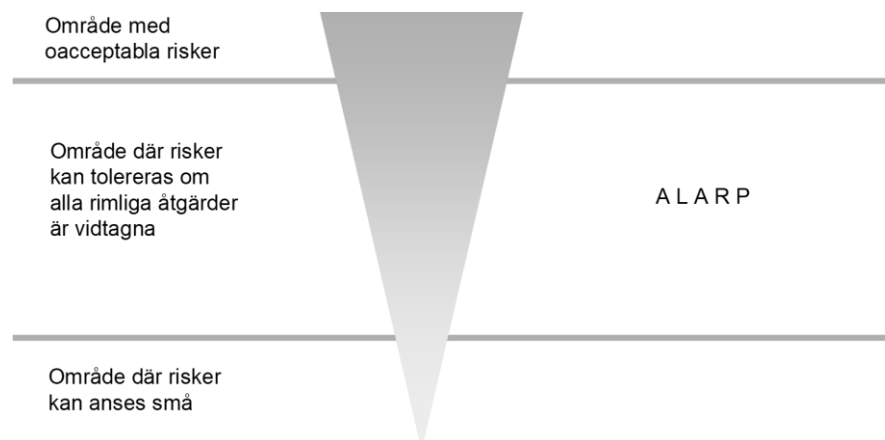
I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering från flera olika källor. Avsnittet är allmänt skrivet och är de kriterier för riskvärdering som tillämpas i denna riskanalys.

2.5.1 Allmänt

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

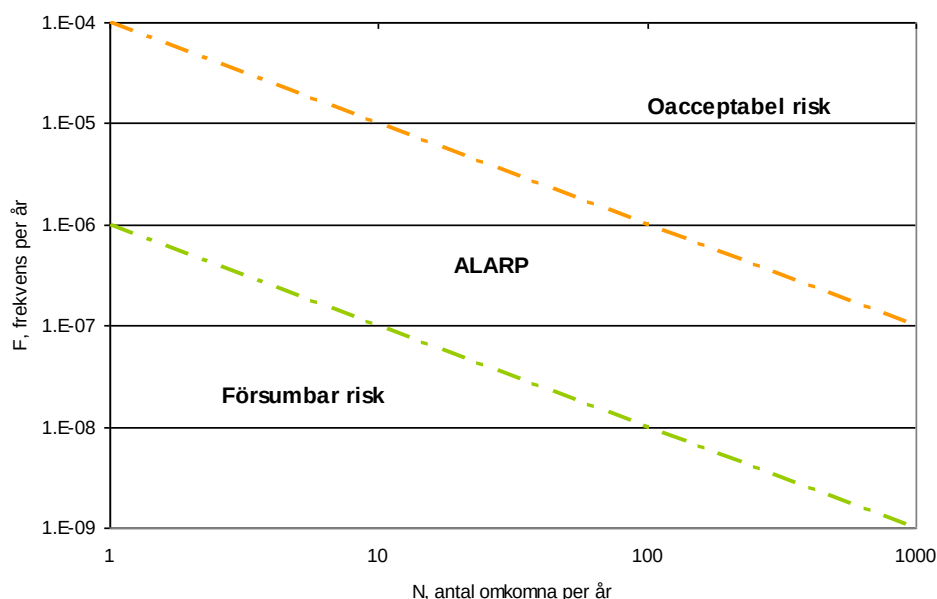


skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 5 nedan beskriver principen för riskvärdering [7].



Figur 5. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonable Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av spårområde. I Figur 6 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 6. Illustration av ALARP-zonen för riskmålet "samhällsrisk" med exempel på riskvärderingskriterier från Davidsson m.fl. [7].

2.5.2 Räddningsverkets (MBS: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 [4]:



- **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 realiserats 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 [4].

2.5.3 Tillämpning av storstadslänens riskpolicy (RIKTSAM)

Länsstyrelsen i Skåne län presenterar ett system för riskvärdering i sina riktlinjer för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods i Skåne (RIKTSAM) [8]. Riktlinjerna bygger på den zonindelning som presenteras i riskpolicyn (se avsnitt 2.2.2) och kan beaktas som en praktisk tillämpning av denna. I RIKTSAM bestämmer nedanstående faktorer hur marken kan användas:

- ♦ Persontätheten i en byggnad eller i ett område. Många personer på samma plats innebär större sannolikhet för ett stort skadeutfall.
- ♦ Status på personer (vakna/sovande). Vakna personer har bättre möjlighet att inse fara och att påverka sin säkerhet.
- ♦ Förmåga att inse fara och möjlighet att själv påverka sin säkerhet. "Rätt" ålder och full rörlighet ger bättre möjligheter att påverka sin situation.
- ♦ Kännedom om byggnader och område. Kunskap om byggnader och område ger en större trygghet och möjlighet att agera än i okända byggnader eller område.

Ovanstående faktorer resulterar i en indelning av markanvändningen i fyra kategorier där minst känslig markanvändning placeras närmst transportleden:

Ej känslig bebyggelse avser sådan bebyggelse där det endast finns ett fåtal människor, vilka inte upprätthåller sig stadigvarande på platsen.

Mindre känslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar få och vakna¹ personer.

Normalkänslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar färre personer än känslig verksamhet, samtidigt som personerna får vara sovande, givet att de har god lokalkännedom.

Känslig verksamhet avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar utsatta² eller många personer.

¹ Vakna personer definieras som bebyggelse där ej nattvistelse finns, dvs. ej bostäder eller hotell.

² Utsatta personer definieras som personer med nedsatt förmåga att själva inse fara och påverka sin säkerhet, t ex vårdbehövande eller barn. Bostäder kan i de flesta fall anses inrymma utsatta personer.



2.5.4 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 [7].

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:

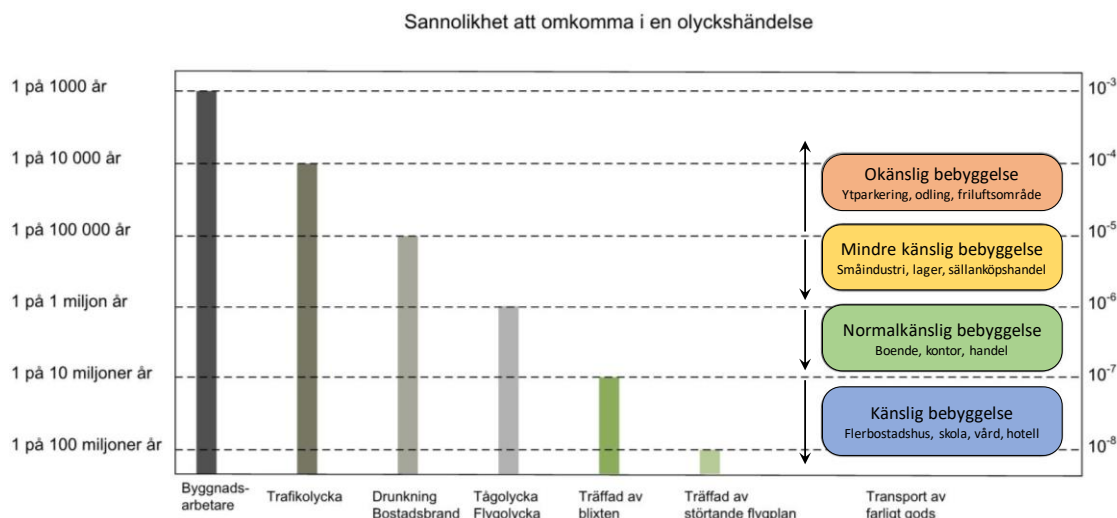
- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N-kurva: -1

Samhällsrisk avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

2.5.5 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation "Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter" sammanställt några risker att omkomma i samhället. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma 1/100 per år, dvs. 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämt fördelad. Under en livstid livet är sannolikheten lägst vid 7-års ålder och uppgår till ca 0,0001 per år, dvs. 10^{-4} per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är $4 \cdot 10^{-4}$ per år för män och $3 \cdot 10^{-4}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är $2 \cdot 10^{-5}$ per år för män och $2 \cdot 10^{-6}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma pga. blixtnedslag är ca $4 \cdot 10^{-7}$ per år [9]. I Figur 7 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som anges i avsnitt 2.5.3.



Figur 7. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods (enligt exempel på tillämpning i avsnitt 2.5.3).



3 Grundläggande förutsättningar

3.1 Planområdets förutsättningar

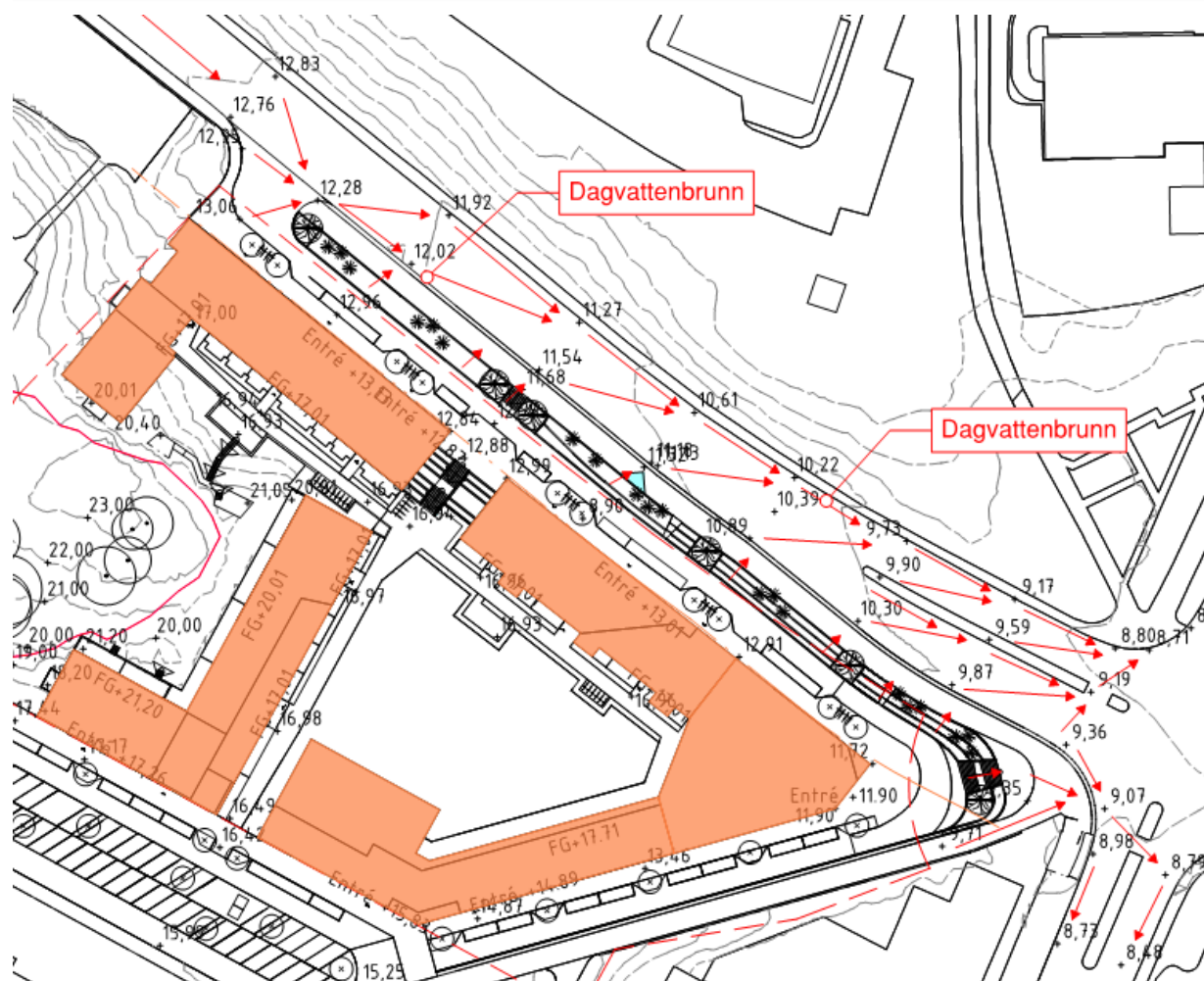
Planområdet är beläget i Roslags-Näsby i Täby. Planområdet sluttar ner mot nordost och mot öster. Längs med och mot Centralvägen planeras en större höjdskillnad med som mest 2,5 meter längst österut som sedan blir som minst 0,4 meter vid infarten längst i nordväst. Norr om planområdet går Centralvägen med grönområde, bostäder och en bensinstation på andra sidan; öster om planområdet ligger ett hotell och Ytterbyvägen med restaurang och bensinstation på andra sidan följt av motorväg E18; söder om planområdet går Näsbylundsvägen med bostadshus på andra sidan, och väster om planområdet ligger Ytterbyskolan.

Planområdet är i dagsläget obebyggt. Planerad bebyggelse utgörs av bostäder, studentbostäder, förskola, garage och lokaler i byggnader med två våningar upp till och med 12 våningar där majoriteten av byggnaderna består av sex våningar. Bebyggelsen planeras som närmast 17 meter från Centralvägen, mer än 25 meter från Ytterbyvägen samt ca 100 meter från närliggande bensinstationer, se Figur 8.



Figur 8. Planområdet (blå markering). Bildkälla: [2], redigerad av Briab.

Sågtorp 2 ligger på en högre plushöjd än vägen. Denna höjdskillnad längs med Centralvägen planeras till som mest 2,5 meter längst österut som sedan blir som minst 0,4 meter vid infarten längst i nordväst, se Figur 9. Denna höjdskillnad ger ett visst skydd för planerad bebyggelse mot olyckor med farlig gods på Centralvägen.

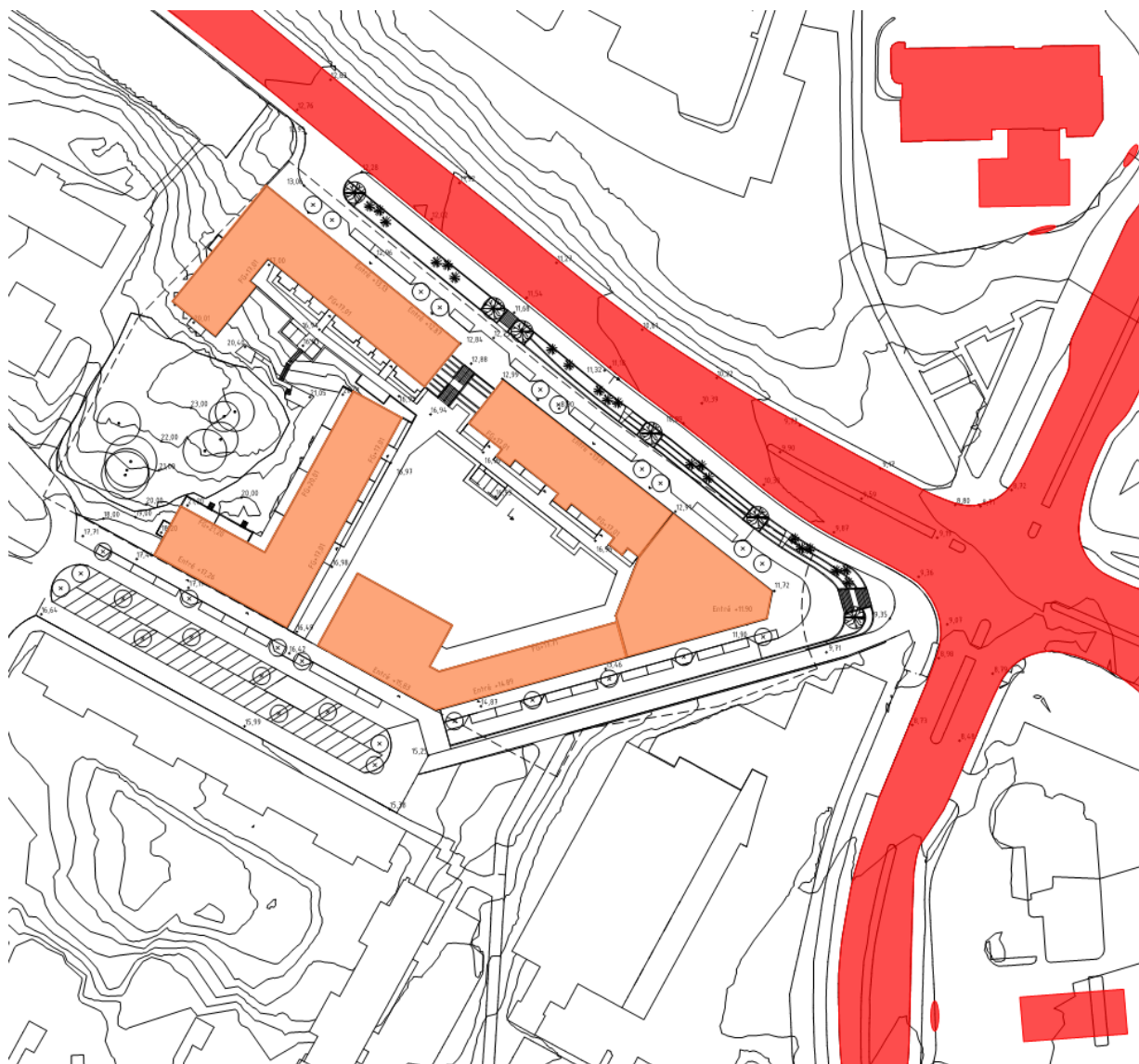


Figur 9. Plushöjder för Sågtorp 2 och Centralvägen med pilar som visar riktningen vatska rinner samt befintliga dagvattenbrunnar.

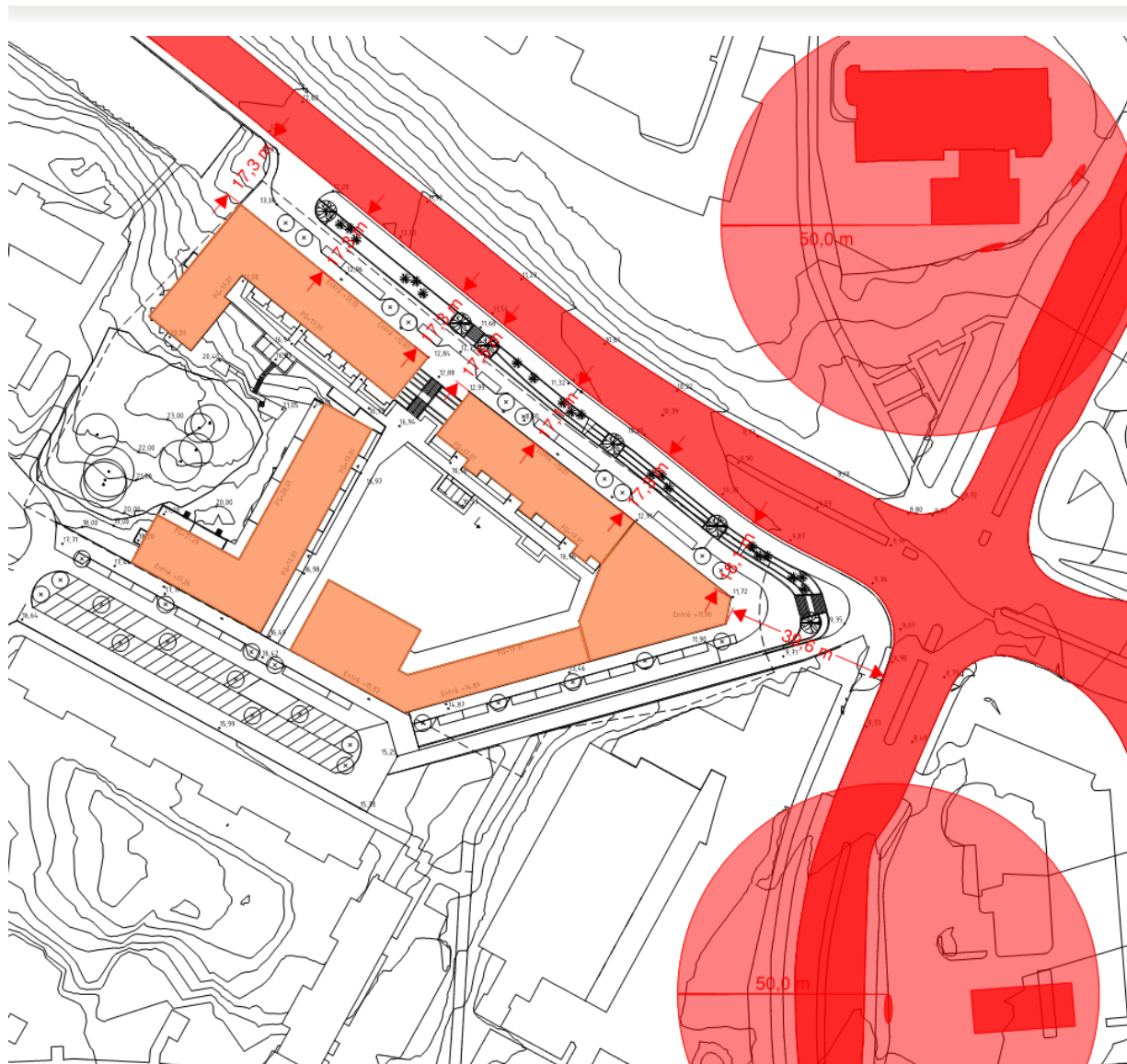


4 Riskidentifiering och översiktlig bedömning

I detta avsnitt identifieras och bedöms översiktligt de riskkällor som kan ge upphov till olyckshändelser som belastar planområdet. Nedan visas planområdet med risker inklusive skyddsavstånd i Figur 11.



Figur 10. Planerad bebyggelse markerat i orange och riskkällor markerat i rött som utgörs av Centralvägen, Ytterbyvägen och två bensinstationer med lossningsplatser.



Figur 11. Planområdet Sågtorp 2 markerat i orange, med närliggande riskkällor, säkerhetsavstånd mot bensinstationer markerade med rött samt avstånd från fasad till närmsta vägkant av Centralvägen.

4.1 Farliga verksamheter

4.1.1 Bensinstationer

Enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län [5] behöver riskerna analyseras vid fysisk planering inom 100 meter från en bensinstation. Närmaste bensinstation är belägen ca 100 meter från planerad bebyggelse inom planområdet [10]. Bensinstationerna hanterar drivmedel i form av bensin, diesel och etanol [11] [12] [13] [14] [15], alltså inga större mängder gas. Ur risksynpunkt anser Länsstyrelsen i Stockholms län [5] att ett avstånd på 50 meter alltid bör hållas från bensinstation till bostäder. I nyplaneringsfallet (ny bebyggelse eller ny bensinstation) nämns att ambitionen bör vara att hålla ett avstånd på 100 meter från bensinstationen till bostäder. Skyddsavstånd från lossningsplatser är 25 meter enligt MSB [16], vilket det handlar om i detta fall. Vid hantering av större mängd brandfarliga gaser (cisterner med fordonsgas) används normalt ett längre skyddsavstånd än vid hantering av brandfarlig vätska. Skyddsavstånd längre än 50 meter kan bli aktuellt vid hantering av fordonsgas, men



detta hanteras alltså inte vid dessa bensinstationer. För en pölbrand bedöms ett skyddsavstånd om 40 meter ge acceptabel säkerhet [17]. 50 meter bedöms därmed vara ett rimligt skyddsavstånd från bensinstationerna till bebyggelsen, i detta fall.

Riskerna bedöms således som acceptabla då skyddsavståndet till planerad bebyggelse markant överstiger 50 meter och med hänsyn till att ingen hantering av fordonsgas sker vid dessa bensinstationer.

4.1.2 Övriga verksamheter

Inga övriga farliga verksamheter, tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter eller Seveso-anläggningar har identifierats inom eller i planområdets omgivning inom 1 km.

4.2 Transportleder för farligt gods

E18 ligger öster om planområdet och är en primär transportled för farligt gods. Avstånd till E18 är ca 180 meter, vilket är ett så pass långt avstånd att denna riskkälla anses ge ett mycket begränsat riskbidrag till planområdet. Riskkällan analyseras inte vidare i denna rapport.

Öster om planområdet går även Ytterbyvägen, vilket är en sekundär transportled för farligt gods, men endast för transporter till den närliggande bensinstationen. Avstånd till Ytterbyvägen från planerad bebyggelse är ca 40 meter. Detta avstånd överstiger det rekommenderade skyddsavståndet om 25 meter från sekundär transportled för farligt gods. Risken bedöms således som acceptabel då skyddsavståndet till planerad bebyggelse markant överstiger 25 meter. Ytterbyvägen som riskkälla analyseras inte vidare i denna rapport.

Norr om planområdet passerar Centralvägen, vilket är en sekundär transportled för farligt gods. Avståndet mellan planerad bebyggelse och Centralvägen är ca 17 meter. Centralvägen kommer därför analyseras vidare i kommande avsnitt och kapitel.

4.2.1 Påkörning Centralvägen

Hastighetsbegränsningen på Centralvägen är 60 km/h [18]. Ett fordon som kör av vägen kan tänkas medföra en påkörning av byggnad inom planområdet även om sannolikheten för detta bör vara låg då planområdet är beläget på en högre plushöjd än Centralvägen. Risken förknippad med påkörning bedöms ändå behöva analyseras närmare, vilket görs i avsnitt 5.1.

4.2.2 Farligt gods olycka Centralvägen

Centralvägen utgör en sekundär transportled för farligt gods. Enligt gällande riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län ska riskhanteringsprocessen beaktas vid planläggning inom 150 meter från en transportled för farligt gods (se avsnitt 2.2.2). En sekundär transportled för farligt gods är en led som nyttjas för att från en primär transportled nå lokala aktörer och ska till skillnad från en primär transportled inte nyttjas för genomfartstransporter. På en sekundärled kan förväntas gå transporter i de farligt gods-klasser som mottags av lokala aktörer. Länsstyrelsen har i de senast utgivna riktlinjerna förtydligat hur bebyggelse bör planeras intill sekundära farligt gods-leder [3].

Länsstyrelsen anser att det, för de flesta sekundära leder, behöver finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter mellan vägen och markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K). I en del fall kommer det vara möjligt att bygga närmare än 25 meter, även om det sannolikt inte blir aktuellt med ett skyddsavstånd på mindre än 15-20 meter. Detta gäller i de fall där det går



få transporter och/eller där de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd.

De aktörer som identifierats som mottagare av farligt gods som transporteras längs Centralvägen förbi planområdet är tre bensinstationer belägna längs med Enhagsvägen (väster om Centralvägen). Bensinstationerna tillhandahåller drivmedlen bensin, diesel och etanol [19]. Påfyllning av bensinstationers drivmedelcisterner sker med tankfordon med jämna mellanrum, ca tre gånger i veckan för normalstora stationer. Det framgår i Täby stadskräna 2050 [20] att bensinstationerna bör omlokaliseras så att de ligger i anslutning till E18, som utgör primär rekommenderad transport led för farligt gods. Antalet transporter antas ändå till totalt nio, trots plan på omlokalisering. Det antas att samtliga av dessa transporter passerar planområdet både på väg till och från bensinstationerna och att inga samordnade påfyllningar sker. Antagandena görs för att få en robusthet i antalet farligt gods-transporterande fordon som kan passera planområdet. Marken sluttar bort från Centralvägen norr om Centralvägen som i sig sluttar österut ner mot korsningen, vilket gör att en eventuell pöl inte kan breda ut sig mot planområdet.

Om en olycka involverande en farligt gods-transport till bensinstationen inträffar i närheten av planområdet kan olyckan leda till att personer skadas eller omkommer inom planområdet. En fördjupad analys erfordras för att bedöma denna risk. Den fördjupade analysen görs i avsnitt 5.2.



5 Fördjupad probabilistisk analys

Riskinventeringen och den översiktliga bedömningen visar att det finns ett behov av att göra fördjupade analyser av planområdets risknivå med anledning av påkörningsrisken och risken förknippad med farligt gods-olycka på Centralvägen. Dessa kommer att hanteras i detta kapitel.

Grundlig information kring beräkningsförfarande och bakgrundsfakta för bedömningen av farligt gods-risken återfinns i Bilaga.

5.1 Påkörning

Vid projektering av bebyggelse intill vägar ska bärande konstruktioner dimensioneras efter bland annat olyckslaster. Bland olyckslasterna återfinns påkörning från vägfordon [21] varför risken för påkörning av byggnad normalt hanteras i projekteringsskedet, dock främst för att förhindra byggnadskollaps. En person inom planområdet kan ändå tänkas omkomma om personen befinner sig inuti eller utanför byggnad inom planområdet. En fördjupad analys görs därför av risken förknippad med påkörning av vägfordon (avgränsat till påkörning med tungt fordon). Ingen ansats görs dock att kvantifiera sannolikheten för risken utan analysen fokuserar uteslutande på konsekvensen.

Enligt avåkningsmodellen presenterad i *SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1- Laster på bärverk* [21] kan ett fordons (lastbil) hastighet (v_r) efter avåkning bestämmas med sambandet:

$$v_r = v_0 \sqrt{1 - \frac{d}{(v_0^2/2a) * \sin(\varphi)}}$$

där

v_0 = avåkande lastbils hastighet

a = medelretardation efter att lastbilen lämnat körfältet

d = avstånd från körfältsmitt till bärverksdel

d_b = bromssträcka

φ = vinkel mellan körfältet och fordonets kurs (avåkningsvinkeln)

Den högsta hastighet som råder intill planområdet är 60 km/h och v_0 ansätts därför till 60 km/h. De övriga parametrarnas värden hämtas från de medelvärden som föreslås i standarden [21]:

$v_0 = 60$ km/h

$a = 4,0$ m/s²

$\varphi = 10^\circ$

d = prövas för olika avstånd från körfältets mitt

Beräkning med dessa värden ger att en avkörande lastbil förväntas nå som mest 6,5 meter ($d = 6,5$) från vägen (mätt lateralt mot körfältets riktning) innan den stannar. Detta innebär att påkörningsrisk finns inom 6,5 meter från Centralvägen.



5.2 Farligt gods-olycka

5.2.1 Farligt gods-klasser och regelverk

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. Transport av farligt gods omfattas av en genomgripande regelsamling som tagits fram i internationell samverkan.

Regelsamlingen fastställer vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får färdas och hur godset ska vara emballerat samt vilka krav som ställs på fordon för transport av farligt gods [6].

En kortfattad beskrivning av de olika farligt gods-klasserna och vilka potentiella konsekvenser de kan ge upphov till vid olyckor ges i Tabell 1.

Tabell 1. Kategorisering, beskrivning och konsekvensbeskrivning av farligt gods-klasser. Transporter med farligt gods delas in i 9 olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport på väg. Klassificeringen benämns ofta ADR-klasser.

Kategori	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning
Klass 1, Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier med mera.	Stor mängd massexplosiva ämnen kan ge stora konsekvensområden. Övriga explosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden.
Klass 2, Komprimerade eller kondenserade gaser	Inerta gaser, oxiderande gaser, brännbara gaser (metan, gasol etc.) och icke brännbara, giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Giftigt gasmoln, jetflamma, fördröjd antändning av gasmoln, BLEVE (<i>Boiling Liquid Expanded Vapour Explosion</i>). Kan ge stora konsekvensområden.
Klass 3, Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsoljor etc. Bensin och diesel kan transporteras i tankbil med släp rymmandes ca 40-45 m ³ drivmedel.	Brand, giftig rök. Medelstora konsekvensområden.
Klass 4, Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till olyckans närområde.
Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Ammoniumnitrat, natriumklorat, väteperoxider etc.	Självantändning, explosionsartade brandförlopp.
Klass 6, Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till olyckans närområde.
Klass 7, Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat.	Utsläpp. Transporteras i små mängder. Konsekvenserna begränsas till olyckans närområde.
Klass 8, Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid.	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till olyckans närområde.
Klass 9, Övriga farliga ämnen och fasta föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till olyckans närområde.



5.2.2 Trafikmängder på Centralvägen

För att uppskatta med vilken frekvens farligt gods-transporter kan förväntas vara inblandade i trafikolyckor på Centralvägen behöver trafikmängderna på vägen studeras och de lokala aktörerna som tar emot farligt gods identifieras. Årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för år 2040 antas vara 20 100 [18].

Metoden som används för beräkning av olycksfrekvensen (involverande farligt gods-transporterande fordon) beskrivs i bilaga A.

En förfinad uppdelning har gjorts rörande olycksscenariernas omfattning (t.ex. litet, medelstort och stort läckage). Vad som avses med litet, medelstort och stort är beroende av olycksförloppet och beskrivs närmare i bilaga B.

5.2.3 Olycksscenarier

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, t.ex. fordonsbränder och handhavandefel vid lastning, kan också ge upphov till olyckor med farligt gods. 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 [22].

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Av de ämnen som transporteras (ADR-klass 3) till bensinstationerna på Enhagsvägen enligt avsnitt 4.2.2 kan bensin anses vara dimensionerande för klassen [23]. Farligt gods-olyckor involverande ADR-klass 3 kan ge upphov till pölbränder.

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna:

- Utsläpp och antändning av *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.

5.2.3.1 Konsekvenser

I analysen har ingen uppdelning gjorts mellan farligt gods-olycka i olika körfält. För att erhålla en robusthet i konsekvensberäkningar antas av denna anledning att olycksfordonet hamnar i den vägkant som ligger närmast aktuellt planområde. Eventuella utsläpp antas spridas obehindrat mot planområdet vilket ger spridningsberäkningarna en robusthet. Avståndsangivelser för konsekvensområden utgår från den vägkant som ligger närmast planområdet.

Beräknade konsekvenser redovisas i bilaga B för de olika olycksscenarierna.

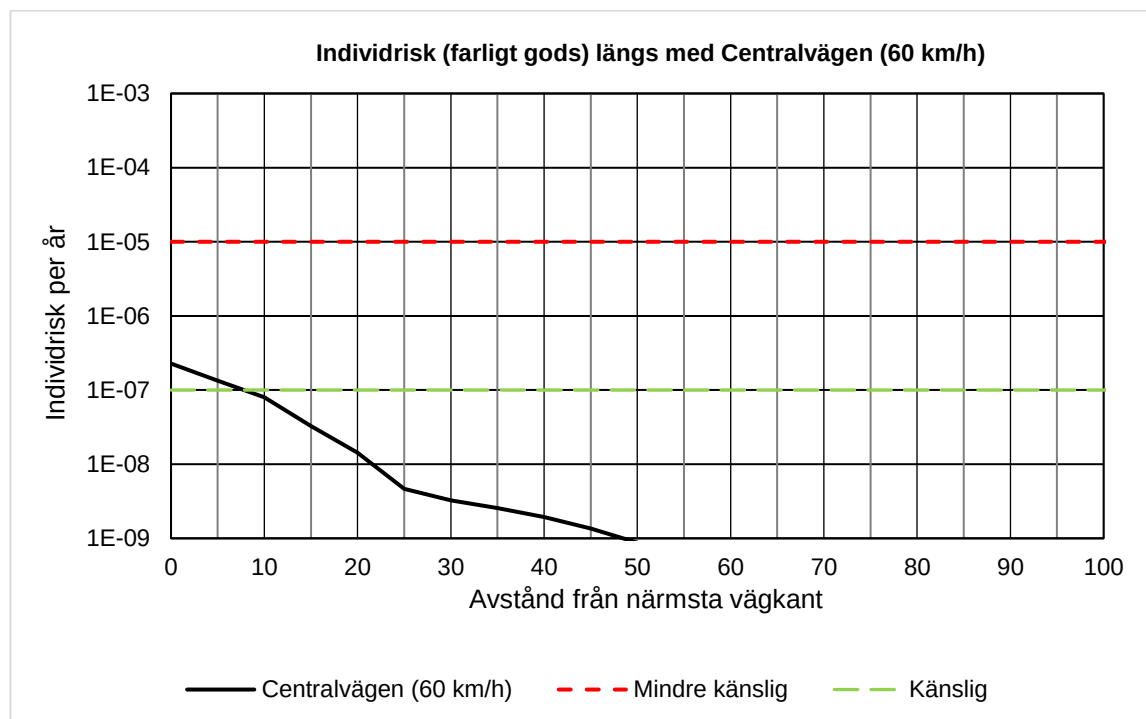
För att beräkna samhällsrisker givet att olycksscenarierna realiserar behöver befolkningstätheten först uppskattas. År 2005 hade Täby en befolkningstäthet på 2278 personer per km² [24]. År 2010 hade befolkningstätheten ökat till 2374 personer per km² vilket motsvarar en årlig ökning om 0,8 procent. Med antagande om att det i framtiden sker en lika hastig tillväxt (per år) uppräknas befolkningstätheten genom exponentiell extrapolering till 3042 personer per km² år 2040. Med anledning av osäkerheten kring vilken befolkningstäthet området med omgivning kommer att ha år 2040 antas därför befolkningstätheten till 5000 personer per km².



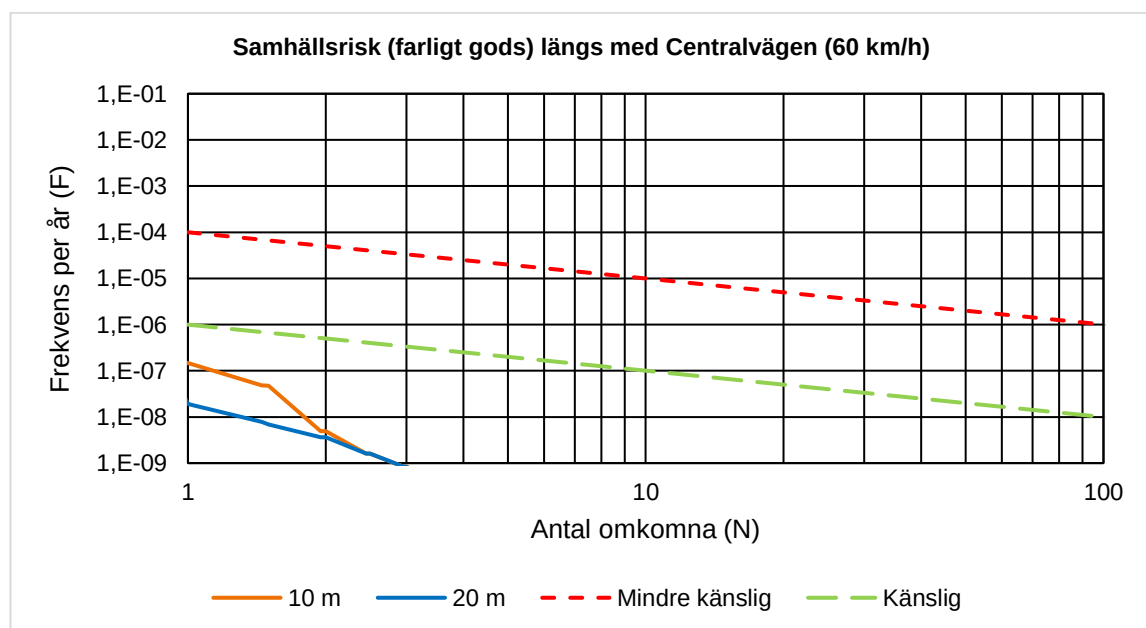
5.3 Resultat

Beräkningar av risknivåer för vägsolyckor redovisas i bilaga C. Resultatet i form av beräknade risknivåer redovisas i detta avsnitt.

Transport av farligt gods förekommer på Centralvägen. I följande avsnitt redovisas individ- och samhällsrisk för berörda vägar. Risknivåerna är beräknade med utgångspunkt i dimensionerande lastbilstrafik för år 2040. I Figur 12 redovisas individrisken längs med Centralvägen och i Figur 13 redovisas samhällsrisk.



Figur 12. Individrisk längs med Centralvägen.



Figur 13. Samhällsrisk för ett bebyggelsefritt avstånd på 10 och 20 m längs med Centralvägen vid Sågtorp 2.



6 Riskvärdering

I detta avsnitt värderas beräknade risknivåer utifrån acceptanskriterier definierade i avsnitt 2.5.

6.1.1 Individrisk

Enligt genomförda beräkningar ligger individrisken *under* ALARP-området längre bort än 10 meter från vägkant enligt Figur 12. Inom 6,5 meter har individrisken inte kvantifierats utan kan vara oacceptabelt hög på grund av påkörningsrisken. Detta beaktas i de riskreducerande åtgärder som föreslås i slutet av detta avsnitt.

6.1.2 Samhällsrisk

Beräknad samhällsrisk ligger *under* ALARP-området, se Figur 13. Samhällsrisken bedöms acceptabel, och det bedöms inte vara rimligt att vidta åtgärder för att sänka samhällsrisken ytterligare. Dock föreslås säkerhetshöjande åtgärder ändå i följande avsnitt som även minskar samhällsrisken.

6.1.3 Säkerhetshöjande åtgärder

Både individ- och samhällsrisk är acceptabla för Sågtorp 2 med hänsyn till Centralvägen, men med anledning av Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer så rekommenderas riskreducerande åtgärder ändå eftersom avstånd mellan Centralvägen och planerad bebyggelse är kort (17 meter).

Följande åtgärder rekommenderas för att risken med planerad bebyggelse intill Centralvägen ska reduceras ytterligare:

- Utrymning från byggnader närmast Centralvägen ska vara möjlig bort från Centralvägen;
- Området bör disponeras så att verksamheter som räknas som känsliga, så som förskola, placeras med ett så stort skyddsavstånd från Centralvägen som möjligt;
- Avåkningskydd upprättas längs med Centralvägen, för att hindra fordon från att åka av mot byggnaderna;
- Vägkant längs Centralvägen utförs med en minst 15 centimeter hög kant, som förhindrar att vätskor rinner mot byggnaderna från den sekundära leden;
- Vägbula eller liknande samt lutning från byggnaderna, som säkerställer att eventuell brandfarlig vätska rinner bort från byggnaderna. Detta krävs vid infarter från den sekundära leden (alltså där det inte är möjligt att ha en 15 cm hög vägkant);
- Dräneringspunkter ska finnas längs med Centralvägen, typ dagvattenbrunnar för att minska storleken på en eventuell pöl. Det finns befintliga dagvattenbrunnar längs med Centralvägen vilka bedöms vara tillfredsställande som skyddsåtgärd.

Alternativ till ovan skyddsåtgärder är att bebyggelse uppförs på ett avstånd om 25 meter ifrån vägkant till Centralvägen. Då uppfylls Länsstyrelsens rekommendation och inga säkerhetshöjande åtgärder krävs.



7 Diskussion och Slutsatser

Syftet med denna riskutredning har varit att redogöra för riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom Sågtorp 2 i Täby och att bedöma om den planerade markanvändningen är acceptabel ur risksynpunkt samt att vid behov ge förslag på och verifiera riskreducerande åtgärder.

Utredningen visar att risknivån inom planområdet är acceptabelt låg sett till gällande kvantitativa acceptanskriterier. Med anledning av att bebyggelsen planeras relativt nära Centralvägen, 17 meter och att det saknas god praxis för vad som är acceptabel risk vid bebyggelse så nära en sekundär transportled, föreslås ett antal säkerhetshöjande åtgärder som försiktighetsåtgärd, se avsnitt 6.1.3. Känslighetsanalys medför att beräkningarna bedöms vara tillräckligt robusta och inte nödvändiga att justera, se bilaga D.

Följande skyddsåtgärder föreslås för planerad bebyggelse inom Sågtorp 2:

- Utrymning från byggnader närmast Centralvägen ska vara möjlig bort från Centralvägen;
- Området bör disponeras så att verksamheter som räknas som känsliga, så som förskola, placeras med ett så stort skyddsavstånd från Centralvägen som möjligt;
- Avåkningskydd upprättas längs med Centralvägen, för att hindra fordon från att åka av mot byggnaderna;
- Vägkant längs Centralvägen utförs med en minst 15 centimeter hög kant, som förhindrar att vätskor rinner mot byggnaderna från den sekundära leden;
- Vägbula eller liknande samt lutning från byggnaderna, som säkerställer att eventuell brandfarlig vätska rinner bort från byggnaderna. Detta krävs vid infarter från den sekundära leden (alltså där det inte är möjligt att ha en 15 cm hög vägkant);
- Dräneringspunkter ska finnas längs med Centralvägen, typ dagvattenbrunnar för att minska storleken på en eventuell pöl. Det finns befintliga dagvattenbrunnar längs med Centralvägen vilka bedöms vara tillfredsställande som skyddsåtgärd.

Den planerade bebyggelsen inom planområdet, som närmast 17 meter intill Centralvägen, bedöms vara acceptabel, givet att de riskreducerande åtgärderna ovan vidtas. Alternativt genom att bebyggelse uppförs på ett avstånd av 25 meter ifrån vägkant till Centralvägen. Då uppfylls Länsstyrelsen Stockholms rekommendation och inga säkerhetshöjande åtgärder krävs.



8 Referenser

- [1] SFS 2010:900, "Plan- och bygglag (SFS 2010:900)," 2010.
- [2] Hitta.se, "Kartan," 2019. [Online].
- [3] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Länsstyrelsen Stockholm, Stockholm, 2016.
- [4] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Stockholm, 2000.
- [6] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [7] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [8] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," 2007.
- [9] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [10] Google, "Google Maps," Google, [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/search/Bensinstationer/@59.4372524,18.0549462,15z/data=!3m1!4b1>. [Använd 2020].
- [11] OKQ8, "OKQ8 - täby näsbydalsvägen," 2020. [Online]. Available: <https://www.okq8.se/pa-stationen/bensinstationer/taby-nasbydalsvagen/>. [Använd 2020].
- [12] Preem, "Preem - Täby, Roslags Näsby," 2020. [Online]. Available: <https://www.preem.se/privat/hitta-station/taby/ytterbyvagen-18-bensinstation-2/>. [Använd 2020].
- [13] Tanka, "Hitta närmaste Tankstation," 2020. [Online]. Available: <https://tanka.se/bensinstationer>. [Använd 2020].
- [14] INGO, "Hitta till INGO," 2017. [Online]. Available: https://www.ingo.se/sv_SE/pg1334073843484/INGO/Stationer/Karta.html. [Använd 2020].
- [15] St1, "St1 - hitta hit," 2020. [Online]. Available: <https://www.st1.se/hitta-station/st1-taby-enhagsv>. [Använd 2020].
- [16] MSB, "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [17] COWI, "Kvalitativ riskbedömning med avseende på närhet till bensinstation," 2016.
- [18] Tyréns, "Trafiksimulering Sågtorp 2," 2019.



-
- [19] Länsstyrelsen Stockholms Län, "WebbGIS planeringsunderlag," 2016b. [Online]. Available: <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>.
- [20] T. Kommun, "Täby stadskärna 2050: Fördjupning av översiktsplan - Utställningsförslag december 2018," Täby Kommun, Täby, 2018.
- [21] Swedish Standards Institute (SIS), "SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast," SIS, Stockholm, 2011.
- [22] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appendice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [23] Räddningsverket, "Farligt gods - riskbedömning vid transport- Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg och järnväg," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [24] SCB, "Tätorter 2010," 2010. [Online]. Available: http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0810/2010A01/MI0810_2010A01_SM_MI38SM1101.pdf.



A. Frekvenser för olycka med farligt gods

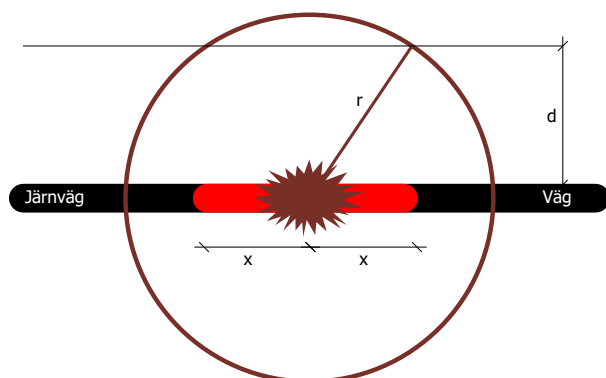
A.1 Generella indata

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. För pölbränder är det ingen korrigering.

A.1.2 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas i avsnitt A.4.2 utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så 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 14.



Figur 14. 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 sats³ kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2}/1000$$

I Tabell 2 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

³ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.



Tabell 2. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m																									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,04	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
95	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-
100	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
110	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	-	-	-	-	-
120	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,10	-	-	-	-
130	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,10	-	-	-
140	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	0,10	-	-
150	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11	-



160	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,15	0,11
170	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16
180	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20
190	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,23
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74



Tabell 2. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m														
	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0,20	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,24	0,21	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	0,41	0,39	0,38	0,35	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
280	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-	-
300	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-	-	-	-	-
320	0,55	0,54	0,53	0,51	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-	-	-	-	-
340	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23	-	-	-	-
360	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,24	-	-	-
380	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41	0,34	0,24	-	-
400	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48	0,42	0,35	0,25	-



A.2 Transportstatistik

A.2.1 Transport på väg

Myndigheten för trafikanalys sammanställer årligen nationell statistik avseende inrikes transport av farligt gods. Under år 2015 fraktades ca 15 miljoner ton farligt gods på de svenska vägarna.

Andelen farligt gods har varierat mellan 2,6 och 3,4 % under de senaste åren. Riskanalysen använder en andel på 8 % som dimensionerande värde [18].

A.3 Scenarier

Här presenteras de möjliga scenarier för utsläpp och vilken typ av olycka som kan inträffa.

Brandfarliga vätskor (RID-klass 3)

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30° C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ♦ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 75 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas^{4,5}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ♦ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 8 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas^{4,5}:
 - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

A.4 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 fordonskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per fordonskilometer.
3. Index för farligt godsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

⁴ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

⁵ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



A.4.1 Trafikarbete

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. Antal fordon hämtas från avsnitt 5.2.2 och andelen som medför farligt gods från avsnitt A.2.1 där en dimensionerande andel antas vara 8 %.

- ♦ Dimensionerande antal fordon som medför farligt gods på Centralvägen är 939 per år.

Trafikarbete, T beräknas för en vägsträcka på 1 km:

- ♦ Trafikarbete i form av antal axelparskilometer med transport av farligt gods på Centralvägen är 6339 axelparskilometer per år.

A.4.2 Olycksfrekvens

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 3 och beräknad enligt nedanstående modell⁶:

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

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

Tabell 3. Andel singelolyckor i stad⁷.

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, Y	Korrigeringsfaktor, K_s
30 km/h	0,05	1,95
40 km/h	0,09	1,91
50 km/h	0,14	1,86
60 km/h	0,21	1,79
70 km/h	0,29	1,71
80 km/h	0,38	1,62
90 km/h	0,47	1,53
100 km/h	0,53	1,47
110 km/h	0,60	1,40
120 km/h	0,62	1,38

⁶ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

⁷ Notera att index för farligtgodsoolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.



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:

O_k = Olyckskvoten, 0,344204 per miljon fordonskilometer på Centralvägen (60 km/h).

K_s = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade, se i Tabell 3.

Dimensionerande olycksfrekvenser beräknas till:

- ♦ Olycksfrekvens för Centralvägen blir 0,619567 per axelparskilometer.

A.4.3 Index för farligt godsolycka

VTI⁸ 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 4. 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 4. Index för farligt godsolycka för stad⁹.

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 4 gäller för tunnväggiga tankar, dvs. alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2.

⁸ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

⁹ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.



A.4.4 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt A.1.1 samt A.4.1-A.4.3 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

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

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt A.4.2.

T är trafikarbetet i form av fordonskilometrar per år, se avsnitt A.2.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt A.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. ADR-klass, inte aktuell.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligtgodsoolycka, se avsnitt A.4.3.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt A.3.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt A.1.1.

I Tabell 5 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

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

Scenario	Centralvägen
Klass 1 detonation	0,0E+00
Klass 2 BLEVE	0,0E+00
Klass 2 jetflamma	0,0E+00
Klass 2 UVCE	0,0E+00
Klass 2 giftmoln	0,0E+00
Klass 3 pölbrand (direkt)	3,2E-06
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	1,6E-06
Klass 3 giftmoln	6,7E-08
Klass 5 detonation	0,0E+00
Klass 6 giftmoln	0,0E+00
Klass 8	0,0E+00
Summa:	4,9E-06

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 5 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga B. För vägtransport står pölbränder vid utsläpp av ADR-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 99 % av antalet olyckor och giftmoln för 1 %, vilka tillsammans utgör 100 % av de tänkbara olyckorna.



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.1.1 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = \dot{m}'' \Delta h_c A_p \quad (1)$$

$$q_r = X_e Q \quad (2)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (3)$$

$$\tau = 2,02 (p_w X)^{-0,09} \quad (4)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (5)$$

där:

Q = Brandens effekt, kW.

$\dot{m}''$ = 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.

p_w = Vattens ångtryck, Pa

q_x = Mottagen strålning, kW/m².

τ = Andel av strålningen som transmittas genom luften.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt B.2.3. Sedan har



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

B.2 Indata

B.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 6 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 6. 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.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer¹⁰.

Tabell 7. 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 8. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet, järnväg
Litet	10 mm	1 kg/s	62.5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20.8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16.7 %

¹⁰ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket¹¹, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox¹² och CPQRA¹³.

Tabell 9. Ämnesspecifika indata.

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	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]	34845	-	-	46000	45000
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

B.2.3 Skadekriterier

Riskanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 10 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, dvs. den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 10. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning¹⁴ och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck ¹⁵	260 kPa

¹¹ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

¹² Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

¹³ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

¹⁴ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

¹⁵ 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 ¹⁶	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ¹⁶	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ¹⁶	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ¹⁷	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ¹⁸	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ¹⁹	186 mg/m ³ (35 ppm)

B.3 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 s.k. 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 CPQRA²⁰. 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.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 15 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.

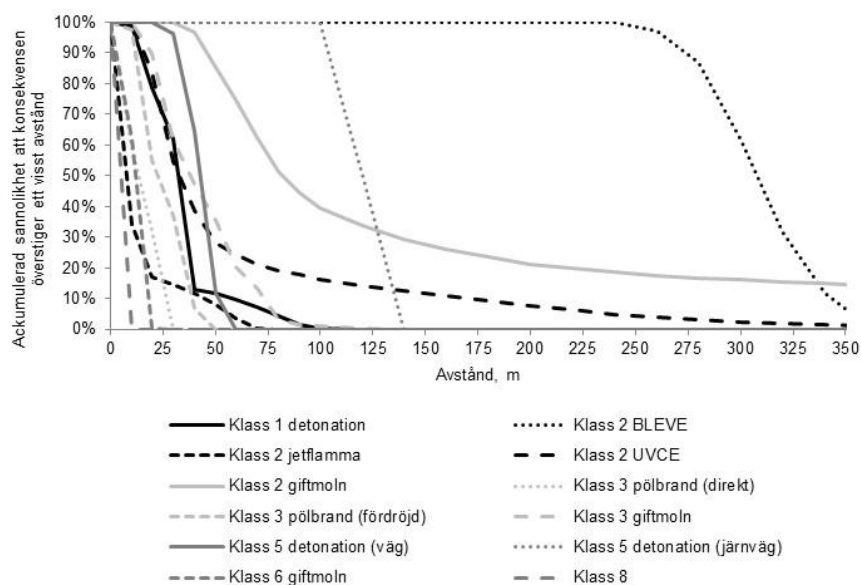
¹⁶ Eldklotets varaktighet för explosion är ca 7 s och för BLEVE ca 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of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

¹⁷ Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

¹⁸ Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

¹⁹ Representeras av dimetylsulfat, 30 min exponering (TEEL-3).

²⁰ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Figur 15. 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 m och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE når 340 m eller längre.

Informationen i Figur 15 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 11 redovisas dessa värden.

Tabell 11. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10



Syftet med Tabell 11 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 atmosfärförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 12. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.

Tabell 12. Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4%	-
10	1,2%	-	65,7%	-	-	40,8%	2,4%	-	-	-	29,8%	100,0%
15	0,0%	-	8,2%	1,0%	-	10,0%	37,5%	0,2%	-	-	34,3%	-
20	20,0%	-	9,1%	7,3%	-	16,9%	5,1%	1,5%	-	-	27,2%	-
25	0,2%	-	1,3%	19,2%	-	24,7%	7,6%	6,3%	0,0%	-	0,3%	-
30	16,7%	-	1,1%	17,6%	-	7,6%	10,2%	4,8%	3,7%	-	-	-
35	32,2%	-	1,3%	9,0%	-	0,0%	15,1%	6,1%	10,6%	-	-	-
40	16,6%	-	1,5%	5,9%	-	-	15,1%	3,7%	21,4%	-	-	-
45	0,6%	-	1,7%	6,7%	0,0%	-	6,7%	3,8%	29,3%	-	-	-
50	0,9%	-	2,0%	4,2%	0,3%	-	0,2%	3,3%	23,3%	-	-	-
55	1,0%	-	2,2%	2,5%	1,5%	-	-	4,2%	11,1%	-	-	-
60	1,1%	-	2,5%	1,9%	1,2%	-	-	6,9%	0,5%	-	-	-
65	1,2%	-	2,2%	1,6%	2,0%	-	-	7,1%	-	-	-	-
70	1,3%	-	1,0%	1,5%	3,7%	-	-	6,9%	-	-	-	-
75	1,3%	-	0,3%	1,2%	3,4%	-	-	5,7%	-	-	-	-
80	1,5%	-	0,0%	0,9%	2,7%	-	-	4,6%	-	-	-	-
85	1,4%	-	-	0,8%	2,9%	-	-	2,9%	-	-	-	-
90	1,2%	-	-	0,7%	2,3%	-	-	1,8%	-	-	-	-
95	0,7%	-	-	0,7%	2,0%	-	-	1,7%	-	-	-	-
100	0,7%	-	-	0,5%	2,1%	-	-	1,7%	-	-	-	-
110	0,2%	-	-	1,1%	4,2%	-	-	3,1%	-	12,5%	-	-
120	-	-	-	1,0%	3,1%	-	-	3,0%	-	37,5%	-	-
130	-	-	-	0,9%	3,8%	-	-	2,5%	-	25,0%	-	-
140	-	-	-	0,8%	3,2%	-	-	2,1%	-	25,0%	-	-
150	-	-	-	0,7%	3,3%	-	-	2,4%	-	-	-	-
160	-	-	-	0,7%	2,9%	-	-	3,1%	-	-	-	-
170	-	-	-	0,7%	4,2%	-	-	3,3%	-	-	-	-
180	-	-	-	0,8%	4,2%	-	-	3,0%	-	-	-	-

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
190	-	-	-	0,8%	4,1%	-	-	2,6%	-	-	-	-
200	-	-	-	0,8%	3,9%	-	-	1,6%	-	-	-	-
220	-	-	-	1,6%	6,6%	-	-	0,4%	-	-	-	-
240	-	0,0%	-	1,3%	3,8%	-	-	-	-	-	-	-
260	-	3,0%	-	1,2%	1,7%	-	-	-	-	-	-	-
280	-	10,1%	-	0,9%	1,2%	-	-	-	-	-	-	-
300	-	25,4%	-	0,8%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
320	-	29,5%	-	0,6%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
340	-	20,1%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
360	-	10,3%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
380	-	1,5%	-	0,3%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	0,2%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-



B.3.2 Konsekvensområde, vid vall el. dyl.

I Tabell 13 redovisas hur den ackumulerade sannolikhetsfördelningen ändras när säkerhetsåtgärden vall el. dyl. används. Informationen i Tabell 13 används för att ta fram sannolikhetsfördelningar lika de som redovisas i avsnitt B.3.1, vilka sedan används för att beräkna risknivåer vid förekomst av vall el. dyl.

Tabell 13. Jämförelse av konsekvensområde utan och med vall el. dyl.

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt		Klass 3 pölbrand fördröjd		Klass 3, giftmoln		Klass 6, giftmoln	
	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike
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%	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-
380	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-

C. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

C.1 Modell för beräkning av individrisk

C.1.1 Beskrivning

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

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i bilaga A. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga B och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga A. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt C.1.2 och C.1.3.

C.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga A redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. 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. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1, Figur 16.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga A och B. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 1 nedan

Klass 1, detonation		Olyckan						Olyckan					
Avstånd		Avstånd som studeras						Avstånd som studeras					
		0	5	10	15	20	när	0	5	10	15	20	när
0	0,0%						0	0,01	-	-	-	-	0
5	1,2%						5	0,02	0,02	-	-	-	5
10	0,0%						10	0,03	0,03	0,02	-	-	10
15	20,0%						15	0,04	0,04	0,03	0,03	-	15
20	0,2%						20	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	20
25	16,7%						25	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	25
30	32,2%						30	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	30
35	16,6%						35	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	35
40	0,6%						40	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	40
45	0,9%						45	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	45
50	1,0%						50	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	50
55	1,1%						55	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	55
60	1,2%						60	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	60
65	1,3%						65	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	65
70	1,3%						70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	70
75	1,5%						75	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	75
80	1,4%						80	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	80
85	1,2%						85	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	85
90	0,7%						90	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	90
95	0,7%						95	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	95
100	0,2%						100	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	100
110	0,0%						110	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	110
120	0,0%						120	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	120

Figur 16. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i klass 1.

Tabell 14. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
0	7,4%	63,6%	3,6%	13,2%	25,5%	3,5%	5,3%	16,6%	8,9%	25,2%	2,8%	2,0%
5	7,3%	63,6%	3,4%	13,2%	25,5%	3,3%	5,1%	16,6%	8,9%	25,2%	2,6%	1,7%
10	7,0%	63,6%	2,2%	12,9%	25,4%	2,4%	4,7%	16,5%	8,7%	25,2%	1,7%	0,0%
15	6,6%	63,5%	1,8%	12,6%	25,4%	1,8%	3,6%	16,2%	8,4%	25,1%	0,7%	0,0%
20	5,6%	63,5%	1,5%	11,9%	25,2%	1,1%	3,2%	15,9%	8,0%	24,9%	0,0%	0,0%
25	5,0%	63,4%	1,4%	10,8%	25,1%	0,3%	2,5%	15,3%	7,3%	24,7%	0,0%	0,0%
30	3,8%	63,3%	1,3%	9,9%	24,9%	0,0%	1,8%	14,7%	6,4%	24,5%	0,0%	0,0%
35	2,3%	63,2%	1,1%	9,3%	24,7%	0,0%	1,0%	14,1%	5,1%	24,3%	0,0%	0,0%
40	1,6%	63,1%	1,0%	8,8%	24,4%	0,0%	0,3%	13,5%	3,5%	23,9%	0,0%	0,0%
45	1,5%	63,0%	0,8%	8,3%	24,1%	0,0%	0,0%	12,9%	1,8%	23,6%	0,0%	0,0%
50	1,3%	62,7%	0,6%	8,0%	23,7%	0,0%	0,0%	12,2%	0,5%	23,2%	0,0%	0,0%
55	1,2%	62,7%	0,4%	7,7%	23,3%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	22,7%	0,0%	0,0%
60	1,0%	62,5%	0,2%	7,5%	22,8%	0,0%	0,0%	10,6%	0,0%	22,2%	0,0%	0,0%
65	0,9%	62,3%	0,1%	7,2%	22,2%	0,0%	0,0%	9,8%	0,0%	21,6%	0,0%	0,0%
70	0,7%	62,0%	0,0%	7,0%	21,6%	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	21,0%	0,0%	0,0%
75	0,5%	61,8%	0,0%	6,8%	20,9%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	20,3%	0,0%	0,0%
80	0,4%	61,6%	0,0%	6,7%	20,3%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	19,5%	0,0%	0,0%
85	0,2%	61,3%	0,0%	6,5%	19,7%	0,0%	0,0%	7,3%	0,0%	18,6%	0,0%	0,0%
90	0,1%	61,0%	0,0%	6,3%	19,2%	0,0%	0,0%	6,9%	0,0%	17,6%	0,0%	0,0%
95	0,1%	60,7%	0,0%	6,2%	18,6%	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	16,5%	0,0%	0,0%
100	0,0%	60,4%	0,0%	6,0%	18,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	15,2%	0,0%	0,0%
110	0,0%	59,7%	0,0%	5,7%	16,9%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	11,4%	0,0%	0,0%
120	0,0%	58,9%	0,0%	5,4%	15,7%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%
130	0,0%	58,0%	0,0%	5,1%	14,5%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
140	0,0%	57,1%	0,0%	4,8%	13,4%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

[illegible]

C.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 m, dvs. beräknas var femte meter från vägkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR-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 (se avsnitt 5).

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *fördröjd pölbrand klass 3*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot är $3,2 \times 10^{-6}$ per kilometer och år. Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 15. Beräkning av individrisk för fördröjd pölbrand i ADR-klass 3.

Avstånd, m	Sannolikhet att konsekvensen når ett visst avstånd vid olycka på en sträcka av 1 km	Väg
0	0,03	1,0E-07
10	0,02	6,6E-08
20	0,01	1,9E-08
30	0,00	0,0E+00
40	0,00	0,0E+00
50	0,00	0,0E+00
60	0,00	0,0E+00
70	0,00	0,0E+00
80	0,00	0,0E+00
90	0,00	0,0E+00
100	0,00	0,0E+00

C.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario (se avsnitt 5.2.3) 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.

Befolkningstäthet

Befolkningstätheten utmed transportleden karakteriseras med följande schablonvärden:

- ♦ Stadsbebyggelse – 5 000 invånare/km².
- ♦ Bostads- och industriområde – 2 500 invånare/km².

I Tabell 16 redovisas fördelningen av befolkningstätheten längs med transportlederna och i Figur 17 visas befolkningstätheten bedömts längs med Centralvägen.

Tabell 16. Andel med viss befolkningstäthet längs utvalda transportleder för farligt gods.

Befolkningstäthet	Stadsbebyggelse	Bostads- och industriområde
Centralvägen	50 %	50 %



Figur 17. Exempel på bild som visar befolkningstätheten.

När befolkningstätheten 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 natten²¹. 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. De finns tre olika typer av påverkansområde:

- ♦ Cirkulär utbredning, t.ex. bränder och explosioner.
- ♦ Konformad utbredning, t.ex. utsläpp av giftig gas.
- ♦ Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m^2) 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 spridningsvinkeln²² ($A = \phi \pi r^2$).

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

²¹ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

²² Mer information om spridningsvinkeln (ϕ) finns i bilaga A.

besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 17. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 17 besvaras.

Tabell 17. Modell för beräkning av samhällsrisk.

Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga C.
Vilket scenario?	Urspårning Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation Klass 6 giftmoln Klass 8	Se bilaga A för information om frekvenser.
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga B.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat Rektangulärt	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga 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.

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

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarioer, 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 s.k. FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, dvs. 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 18 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{23,24}.

Tabell 18. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

Skadeverkan	Andel inomhus som omkommer
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %

Samhällsriskberäkningar utförs för samtliga vägar och järnvägar utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. För vissa transportleder där samhällsrisk i grundfallet ligger i området där risker inte kan beaktas som små görs kompletterande samhällsriskberäkningar för att undersöka effekten av ytterligare säkerhetshöjande åtgärder.

D. Känslighetsanalys

Riskanalysen 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)²⁵ och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

D.1 Olycksfrekvenser

D.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från basprognosen för år 2040. Basprognosen är den trafikering som Trafikverket utgår från i bl.a. kapacitetsbedömningar. Någon ytterligare ökning bedöms inte vara motiverad.

D.1.2 Uppdelning i olika ADR-klasser

De finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. Den första källan är nationell statistik som publiceras årligen²⁶ och den andra källan är en undersökning som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag

²³ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

²⁴ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.

²⁵ *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

²⁶ Trafikanalys, *Bantrafik 2012*, Statistik 2013:28.

precision för att kunna användas i riskbedömningen. Därför använder riskanalysen nationell statistik för att dela upp det farliga godset i olika ADR-klasser.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Det är nödvändigt att känna till andelen massexplosiva varor, andelen giftiga och brandfarliga gaser, etc. Denna information finns inte dokumenterad i några källor, därför bygger riskanalysen generellt på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer, i detta fall är dock både typ och antal transporter känt och begränsat till tre bränslestationer.

För transport på järnväg står utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador för 45 % av antalet olyckor och utsläpp av vätskor i RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 54 %. Tillsammans utgör dessa två olyckstyper 99 % av de tänkbara olyckorna.

D.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

D.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den s.k. FOA-handboken²⁷. I stort är det samma modeller som Länsstyrelsen i Skåne läns "RIKTSAM"²⁸ bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bl.a. 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.2.2 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 t.ex. 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 resp. 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 VTI²⁹:

- ♦ 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.

²⁷ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

²⁸ *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

²⁹ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket³⁰ där håldiametrar på 3, 9 resp. 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie³¹ använder 2 resp. 35 kg/s i sina beräkningar.

Skadekriterier

Risikanalysen 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 enlighet med metodik redovisad i CPQRA³² 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 18E³³ har använts som inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 min för giftig gas och 30 s för brännskada.

D.2.3 Beräkningsresultat

Eftersom flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka kan redovisas med medelvärde, standardavvikelse och ett konfidensintervall.

Tabell 19 Medelvärde och konfidensintervall för konsekvensberäkningarna.

Scenario	Medel	5 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	35 m	20 m	77 m
Klass 2 BLEVE → brännskada	308 m	268 m	352 m
Klass 2 jetflamma → brännskada ³⁴	15 m	6 m	57 m
Klass 2 UVCE → brännskada	63 m	17 m	240 m
Klass 2 giftmoln → förgiftning	187 m	42 m	800 m
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	15 m	7 m	26 m
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	24 m	10 m	41 m
Klass 3 giftmoln → förgiftning	42 m	15 m	77 m
Klass 5 detonation → tryck	42 m	31 m	52 m
Klass 6 giftmoln → förgiftning	12 m	5 m	18 m
Klass 8 → frätskada	10 m	10 m	10 m

³⁰ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

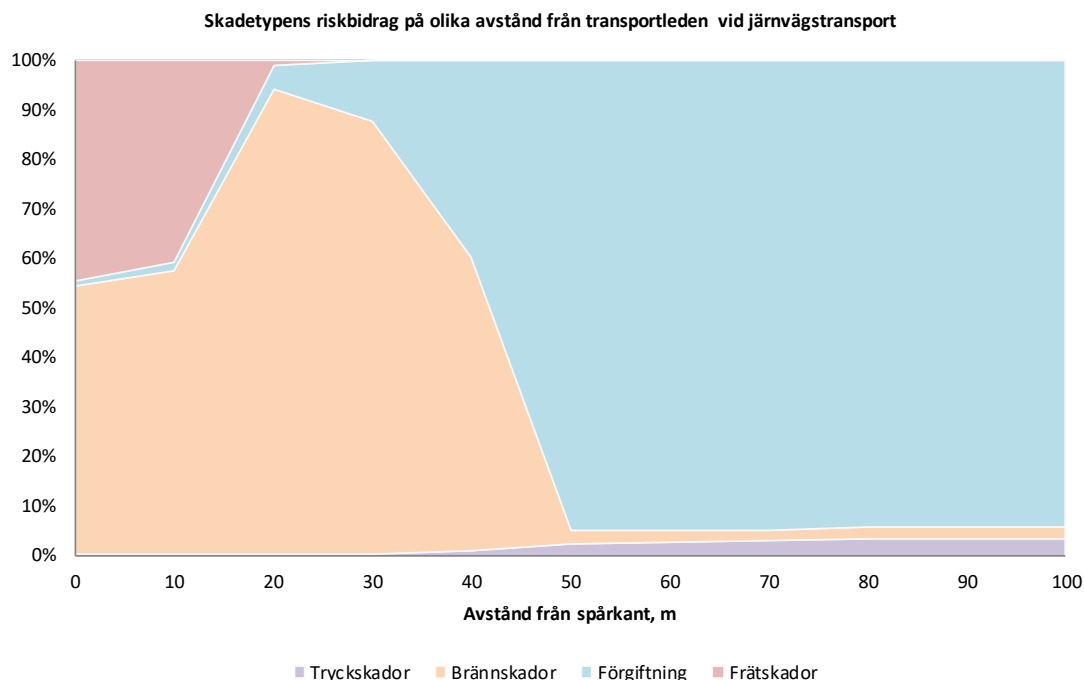
³¹ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

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

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

³⁴ Notera att nivåskillnaden mellan väg E 22 och planområdet gör att konsekvenserna av en jetflamma inte kan påverka intilliggande bebyggelse.

Tabellen ovan visar att några av scenarier har ett relativt stort konfidensintervall där 95 %-värdet avviker stort från medelvärdet. För att kunna göra ett urval av de variabler som har störst betydelse för beräknat konsekvensområde studeras resp. olycksscenarios betydelse för risknivån, se Figur 18.



Figur 18. Olycksscenarioets betydelse för risknivån. Figuren inkluderar inte risker med urspårning.

Figur 18 visar att det i huvudsak är två scenarier som bestämmer individriskens värde i det studerade avståndsintervallet (upp till 40 m). Dessa är brännskador till följd av utsläpp av brandfarlig vätska samt förgiftning till följd av utsläpp av giftig vätska eller gas. Således är det osäkerheter förknippade med dessa olyckor som är av störst betydelse för fortsatt analys.

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

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver iväg 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.

D.3 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.

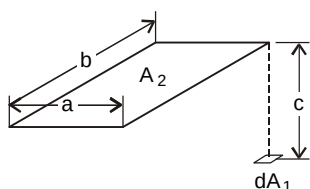
Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.

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 resp. det värde på 15 kW/m² som ger brandspridning till byggnader³⁵.

För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand³⁶ på 200 m², vilket ger en flamma som är 21 m hög och 16 m 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 c:a 15 m 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.



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

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

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

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

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

Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 m är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmsta kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot planområdet och dess diameter är i storleksordningen 10 till 20 m. Om byggnader inom 30 m från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall. Avståndet kan kortas till 20 m om det finns en vall el. dyl.

³⁵ Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBRA3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

³⁶ Brandens yta på 200 m² motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, ca 20 m³, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m²s, vilket ger en effektutveckling på ca 370 MW för en pöl på 200 m².