



RAPPORT

Handläggare
Niclas Grahn
Tel
+46105050423
Mobil
+46725534829
E-post
niclas.grahn@afconsult.com

Datum
2019-06-04
Projekt-ID
714372

Kund
Profi Fastigheter

Kvantitativ riskutredning Bredden, Upplands Väsby



ÅF-Infrastructure AB

Uppdragsansvarig/handläggare: Niclas Grahn
Kvalitetsansvarig: Christoffer Clarin

ÅF-Infrastructure AB, Frösundaleden 2, Frösundaleden 2E, SE-169 99 Stockholms län
Telefon +46105050000, Säte i Stockholm, www.afconsult.com
Org.nr 556185-2103, VAT nr SE556185210301



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	8
1.1	Syfte och bakgrund	8
1.2	Metod	8
1.3	Kvantitativa riskmått	9
1.3.1	Individrisk.....	10
1.3.2	Samhällsrisk.....	10
1.4	Avgränsningar	11
1.5	Riktlinjer och lagar	11
1.5.1	Nationell nivå	11
1.5.2	Regional nivå.....	11
1.5.3	Kommunal nivå.....	14
1.5.4	Riskvärdering	14
2	Områdesbeskrivning	15
2.1	Bredden	15
2.2	Skyddsvärda objekt.....	17
3	Riskinventering	17
3.1	Riskobjekt.....	18
3.1.1	Farligt godsleder	18
3.2	Riskkällor	20
3.2.1	Allmänt om farligt gods.....	20
3.2.2	Statistisk över transporterade mängder och typer	26
3.3	Grovanalys – Identifiering av skadehändelser	30
3.3.1	Explosiva ämnen (Klass 1)	31
3.3.2	Brandfarliga gaser (Klass 2.1).....	31
3.3.3	Giftig gas (Klass 2.3).....	32
3.3.4	Brandfarlig vätska (Klass 3)	33
3.3.5	Brandfarliga fasta ämnen (Klass 4).....	33
3.3.6	Oxiderande ämnen (Klass 5)	33
3.3.7	Giftiga och smittbärande ämnen (Klass 6.1 och 6.2).....	33
3.3.8	Radioaktiva ämnen (Klass 7)	34
3.3.9	Frätande ämnen (Klass 8)	34
3.3.10	Övriga farliga ämnen (Klass 9).....	34
3.4	Sammanfattning av grovanalys	34
4	Beräknade risknivåer	34
4.1	Individrisknivå	35
4.2	Samhällsrisknivå	37
4.3	Osäkerheter	39



RAPPORT

5	Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	40
5.1	Risikförändring i och med planerad bebyggelse.....	44
5.1.1	Nuläge.....	44
5.1.2	Efter planerad bebyggelse	44
5.2	Slutsats	46
6	Referenser.....	47

Bilagor

Bilaga A – Frekvensberäkningar

Bilaga B - Konsekvensberäkningar



ÅF-Infrastructure AB



ÅF Safety

DOKUMENTINFORMATION

OBJEKT/UPPDRAG	Kvantitativ riskutredning: Bredden, Upplands Väsby
UPPDRAGSGIVARE	Profi Fastigheter
REFERENSPERSON	Anna Kullendorff
UPPDRAGSNUMMER	714372

UPPDRAGSANSVARIG /HANDLÄGGARE	Niclas Grahn Civilingenjör STS (System i Teknik och Samhälle, inriktning Risk och MTO) niclas.grahn@afconsult.com	Telefon 010 - 505 04 23
KVALITETSANSVARIG	Christoffer Clarin Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör christoffer.clarin@afconsult.com	Telefon 010 - 505 28 95



Revision och historik		
Version	Datum	Status
1.0	2017-03-03	Granskningshandling
2.0	2017-09-26	Sluthandling
3.0	2017-11-09	Hänsyn till kommunens samgransknings synpunkter
4.0	2018-01-24	Ny illustrationsplan
5.0	2018-03-06	Gång- och cykelbro medtagen
6.0	2018-05-07	Förtydligande mursträckning
7.0	2018-06-13	Granskningshandling, samråd
8.0	2018-09-21	Slutversion efter samgranskning
9.0	2018-10-04	Slutversion, ny illustrationsplan.
10.0	2018-11-12	Slutversion, befintlig riskbild
11.0	2019-03-04	Slutversion, ny illustrationsplan
12.0	2019-06-04	Slutversion, ny illustrationsplan



RAPPORT

Sammanfattning

Syftet med denna riskutredning är att utreda riskbilden för området Bredden i samband med utbyggnad av området till en ny sammanhängande stadsdel med bostäder, handel och verksamhetslokaler i en stadsstruktur. I närheten av området finns E4, som är primär transportled för farligt gods, och den del av Breddenvägen (ca 200 m) som ansluter till Bergkällavägen, som är sekundär transportled för farligt gods.

Riskutredning är utförd för att skapa ett underlag som underlättar för beslutsfattare att ta beslut om det är lämpligt att uppföra ny byggelse med hänsyn tagen till människors hälsa och säkerhet.

Ett antal möjliga olycksscenarioer har identifierats i en grovanalys. Av dessa scenarier har sedan tre valts ut för vidare kvantitativ analys, se nedanstående punktlista:

- Olycka med explosiva ämnen (Klass 1)
- Olycka med brandfarlig gas (Klass 2.1)
- Olycka med brandfarlig vätska (Klass 3)

Scenariernas sannolikhet och konsekvens har därefter beräknats, varefter de sammanvägts för att erhålla en uppfattning om den totala risknivån inom studerat område.

De beräknade risknivåerna har tagit hänsyn till riskbidraget från E4. Ett eventuellt riskbidrag från den del av Breddenvägen (ca 200 m) som ansluter till Bergkällavägen, som är sekundär transportled för farligt gods, bedöms vara försumbart i jämförelse och har inte analyserats vidare. Närmaste avstånd från Breddenvägen/Bergkällavägen till ny planerad bebyggelse är vidare över ca 60 meter, där endast skyddsavståndet bedöms vara en tillräcklig åtgärd.

Individ- och samhällsberäkningarna visar att risknivån för bebyggelse inom studerat område är långt under DNVs kriterier för acceptabel risk, förutsatt att föreslagna åtgärder genomförs. Samhällsrisk utan skyddsåtgärder tangerar precis den lägre delen av ALARP-området inom två intervall. De skyddsåtgärder som föreslås bör kunna genomföras till en rimlig kostnad i förhållande till den riskreduktion de ger upphov till.

Som helhet kan sägas att individ- och samhällsrisk för befintlig bebyggelse efter utbyggnaden – allt annat lika – kommer att bli något lägre än i dagsläget eftersom byggnad 59 (se Figur 14) kommer att få en riskreduktion i och med skyddsmuren som uppförs i och med planerad bebyggelse.

Det resonemang som förts om risknivån avseende gång- och cykelbron indikerar preliminärt att samhällsrisknivån, men framförallt individrisknivån, bedöms vara inom ALARP-området, dvs. där rimliga skyddsåtgärder ska beaktas.

Vid framtagande av åtgärdsförslag har hänsyn tagits till riskbilden i området samt till Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för planläggning intill transportleder med farligt gods. Enligt riktlinjerna är det lämpligt med bostäder >75 meter från en farligt godsled utan att vidare skyddsåtgärder än skyddsavståndet krävs. De bostäder som planeras ligger ca 160 meter från E4, och är även skyddade bakom befintliga byggnadskroppar. Inga skyddsåtgärder bedöms därför behövas avseende dessa byggnader. De åtgärder som rekommenderas är istället inriktade på de tre byggnadskroppar som avser inhysa kontor-, handel- och restaurangverksamhet, och som är placerade närmast E4 av alla de planerade byggnaderna inom Bredden.



RAPPORT

Sammanfattningsvis rekommenderas dessa åtgärder för att minska riskbilden inom det studerade området:

- Ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter från E4.
- En minst 3 meter hög (över vägbanan) skärm/mur utförs i obrännbart material eller med en ytbeläggning som tål värmestrålning i minst EI 30. Skärmen/muren kombinerar bullerreduktion med riskreduktion. Placering är lämplig så nära E4 som tekniskt möjligt. Murens längd ska vara minst ca 350 meter utifrån risksynpunkt med sträckning enligt Figur 14.
- Friskluftsintag på de till E4 närmast placerade handels-, kontors- och restaurang-byggnaderna riktas bort från E4.
- Byggnader utförs så att det är möjligt att utrymma bort från E4

I händelse av att den planerade gång-/cykelbro anläggs över E4, rekommenderas därför att bron utredes ytterligare i ett senare skede och att behov av eventuella skyddsåtgärder införs baserat på kvalitativa resonemang och/eller resultat utifrån en kostnad/nytta-analys.

Ur det riskperspektiv som denna rapport utgår från bedöms det sammanfattningsvis som lämpligt att byggnation ska kunna ske enligt planförslaget, förutsatt att de rekommenderade åtgärderna genomförs och att inte riskbilden med avseende på riskkällor och -objekt nära studerat område förändras väsentligt.



RAPPORT

1 Inledning

1.1 Syfte och bakgrund

Profi fastigheter har för avsikt att utveckla del av Bredden till en ny sammanhängande stadsdel med bostäder, handel och verksamhetslokaler i en stadsstruktur och har behov av utredningar avseende risker kopplade till farligt gods. I närheten av området finns E4, som är primär transportled för farligt gods, och den del av Breddenvägen (ca 200 m) som ansluter till Bergkällavägen, som är sekundär transportled för farligt gods.

För kunna utföra möjlig exploatering inom området behöver en riskutredning tas fram som del i planprocessen avseende transport av farligt gods.

Syftet med riskutredningen är att utifrån ett personriskperspektiv bedöma om markanvändningen är lämplig för den bebyggelse som planeras och ge exempel på riskreducerande åtgärder för att minimera riskbilden inom studerat område om detta krävs.

1.2 Metod

En riskutredning delas in i flera olika steg (se Figur 1). Först sker en bestämning av **mål och avgränsningar** gällande den aktuella riskutredningen.

Efter detta steg sker en **riskinventering** vilket är en arbetsprocess för att identifiera vilka risker som finns inom det studerade området.

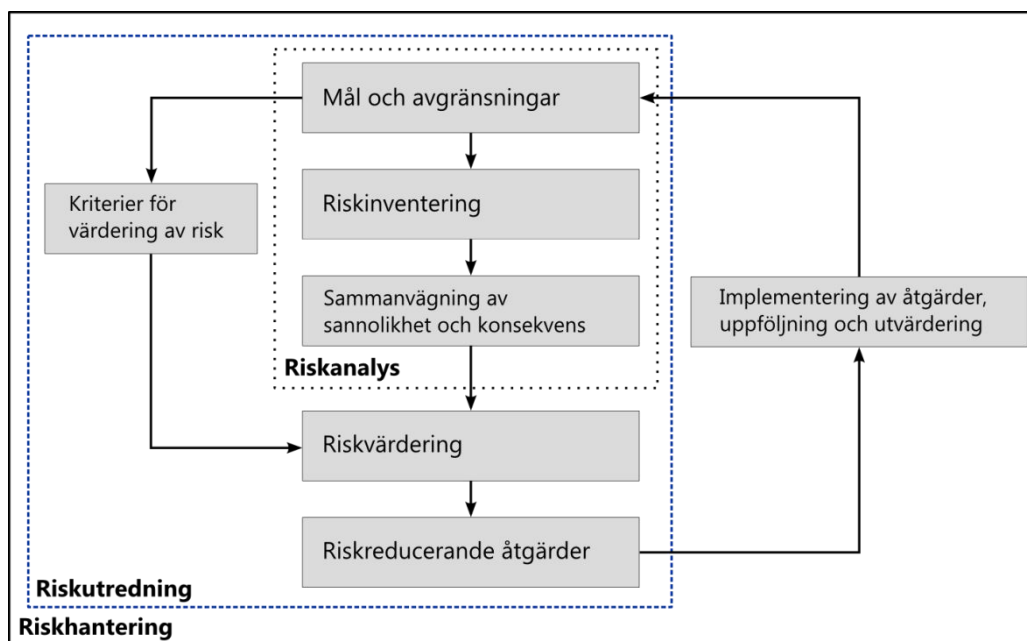
I **riskanalysen** genomgår de identifierade riskerna sedan en bedömning gällande sannolikhet och konsekvens för att sammantaget kunna ge en uppfattning om risknivån. Beroende på omfattningen och detaljnivån på riskutredningen kan detta göras kvalitativt och/eller kvantitativt.

Utgående från hur risknivån skall värderas sker i **riskvärderingen** en jämförelse mellan den uppskattade risknivån och acceptabla kriterier.

Ur jämförelsen synliggörs sedan behovet av **riskreducerande åtgärder** för att kunna sänka risknivån på de risker som inte uppfyller de acceptanskriterier som riskvärderingen jämförts mot. Åtgärder som till en låg kostnad och utan andra avsevärda olägenheter minskar risken är oavsett resultatet motiverande.

Ett viktigt steg i en riskutredning är att den blir en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram [1].



Figur 1. Illustration av riskhanteringsprocessen. Denna riskutredning innefattar det som är markerat med blå streckad linje.

Föreliggande riskutredning innehåller nedanstående delar:

- En kartläggning av planförslaget och omgivningen med utgångspunkt i typ av bebyggelse, utformning och topografi, inkl. platsbesök
- Inventering av riskkällor, farligt godsleder
 - E4
 - Breddenvägen
- En kartläggning av transporter av farligt gods E4.
- Beräkning av frekvenser och konsekvenser för tänkbara olycksscenarier. Riskanalysmodellen hanterar konsekvenserna för samtliga scenarier som kan eventuellt kan uppkomma vid transport av farligt gods (tryckskada, brännskada, förgiftning etc.).
- Bedömning/beräkning av individ- och samhällsrisk samt värdering av risk mot de kriterier som oftast brukar användas vid individ- och samhällsriskberäkningar (DNV:s kriterier)
- Förslag till behov, val och utformning av säkerhetshöjande åtgärder för att möjliggöra en bebyggelse enligt planförslaget om risknivåer uppkommer inom ALARP-området
- Hänsyn till Länsstyrelsen i Stockholms läns nya riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods från april 2016.
- En slutlig värdering av risknivån för att säkerställa att den, efter de säkerhetshöjande åtgärderna, uppfyller angivna kriterier.
- Redovisning av resultat, dokumentation och kvalitetssäkring.

1.3 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplaneringen är det främst två metoder som används för sammanvägning av sannolikhet (i form av relativ frekvens) och konsekvens. Beskrivning av dessa följer nedan.



RAPPORT

Beräkningarna för de parametrar som behövs till de kvantitativa riskmåttet utförs i Bilaga A (Frekvensberäkningar) och Bilaga B (Konsekvensberäkningar). Resultatet presenteras i avsnitt 4.

1.3.1 Individrisk

Individrisken visar risken för en individ på olika avstånd från riskkällan. Detta görs genom att sannolikheten beräknas för att en hypotetisk person som står ett år på ett visst avstånd från riskkällan avlider. Ingen hänsyn tas till mängden personer som förväntas befinna sig på dessa avstånd.

Individrisken (IR) i punkten x, y beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad (a) \quad \text{formel 1 a, b}$$
$$IR_{x,y,i} = f_i \cdot p_{f,i} \quad (b)$$

Där f_i är den frekvensen (per år) för scenario i och $p_{f,i}$ är sannolikheten att individen i studerad punkt avlider av scenario i . $p_{f,i}$ antas, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför det beräknade konsekvensområdet. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika platser inom ett område kan individrisken sedan presenteras som antingen individriskkonturer i ett kartmaterial eller som individriskgrafer i ett diagram som visar individrisken som funktion av avståndet från riskobjekt. I denna utredning kommer det senare presentationsalternativet väljas.

1.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas för att studera riskens inverkan på samhället. Den tar hänsyn till hur många människor som kan drabbas av ett visst utfall. Samhällsrisk beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N = \sum_{x,y} P_{x,y} \cdot p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

N_i står för antalet människor som avlider på grund av det studerade scenariot i . $P_{x,y}$ är antalet personer i punkten x, y och $p_{f,i}$ definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsrisk redovisas normalt i F/N-kurvor. Där antalet dödsfall (N) plottas mot frekvensen (per år) för de scenarier där N eller fler människor avlider. Detta benämns F_N och beräknas enligt nedan.

$$F_N = \sum_i f_i \text{ för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelse i och N_i är antalet beräknade dödsfall för scenario i .

För att samhällsrisk ska kunna beräknas måste uppgifter såsom antal människor inom det skyddsvärda objektet och fördelning över dygnet vara kända. Eftersom slutgiltig utformning av bebyggelsen inom Bredden inte är fastställd vid genomförandet av föreliggande rapport, avseende bland annat NTA, och därigenom persontätheter, kommer samhällsrisk vara behäftat med antaganden och osäkerheter.



RAPPORT

1.4 Avgränsningar

De risker som har studerats är sådana som är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) som har sitt ursprung i transporter av farligt gods.

Enbart risker som kan innebära konsekvenser i form av personskada på personer inom Bredden beaktas. Det innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador på personer som befinner sig utanför berört område.

Den beräknade samhällsriskerna omfattar endast personer i och kring planerad bebyggelse.

1.5 Riktlinjer och lagar

1.5.1 Nationell nivå

Riskhantering i den fysiska planeringen är knuten till plan- och bygglagen [2] och miljöbalken [3]. I Plan- och bygglagen står det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. När en kommun upprättar en detaljplan ska en miljöbedömning göras. Om ett planförslag sammantaget kan antas medföra en betydande miljöpåverkan (i meningen att miljö eller människors hälsa kan komma att påverkas) skall en miljökonsekvensbeskrivning genomföras enligt miljöbalken.

1.5.2 Regional nivå

Plan- och bygglagen samt miljöbalken är emellertid inte fullt detaljerade kring riskutredningens metodik och innehåll. Riktlinjer, kriterier och rekommendationer på krav och typ av riskutredning har därför tagits fram från olika parter såsom länsstyrelser och myndigheter. I denna utredning används riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [4].

Länsstyrelsen i Stockholms län anser i dokumentet att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt gods-led. Närmare detaljeringsgrad eller på det sätt som riskerna ska beaktas anges inte utan beror på planförslagets riskbild.

Figur 2 visar en rekommenderad indelning av tre olika zoner och deras riskhanteringsavstånd invid en farligt gods-led gällande både väg- och järnväg. Zonerna har i länsstyrelsens riktlinjer specificerats med fasta avståndsgränser.

Tabell 1 redogör för olika typer av markanvändning för de tre zonerna där zon A är närmast och zon C är längst ifrån farligt godsleden i det aktuella plan-/programområdet. Den genomgående tanken är att verksamheter och markanvändning som är förknippad med en stor persontäthet skall befinna sig så långt bort från farligt godsleden som rimligen kan vara möjligt för att minska individ- och samhällsriskerna för tredje person. Riskhanteringsavstånden i Tabell 1 anges för utan några andra skyddsåtgärder på byggnader och omgivning förutom skyddsavståndet i sig självt.

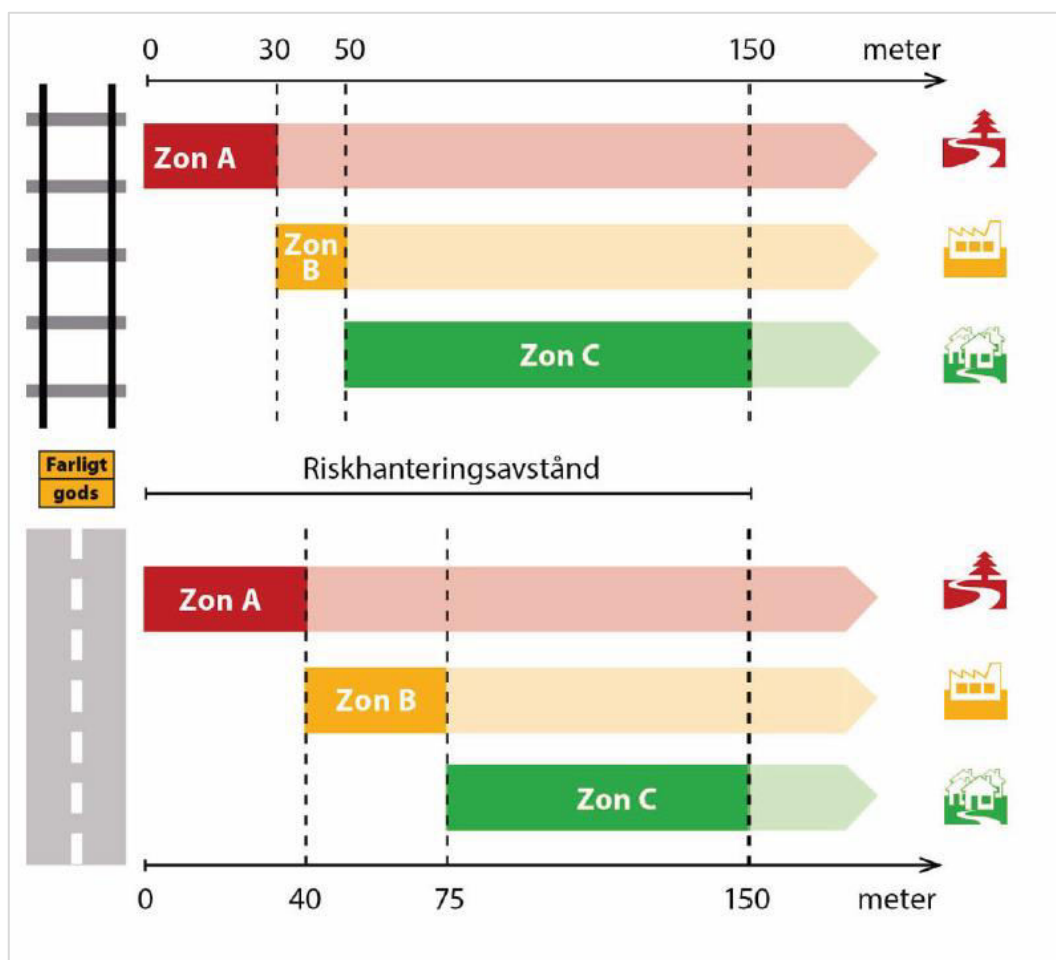
Det svenska vägnätet för transport av farligt gods består av två delsystem; dels det primära vägnätet där de största mängderna och de flesta typerna av farligt gods transporteras och som används för genomfartstrafik, och dels det sekundära vägnätet som är tänkt som ett lokalt vägnät som inte bör användas för genomfartstrafik.



RAPPORT

Skyddsavstånden som visas i Figur 2 gäller för både primära och sekundära transportleder i vägnätet.

Länsstyrelsen i Stockholms län menar vidare att det för bebyggelse intill primära rekommenderade farligt godsleder ska det finnas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter mellan väg och studerat markområde, oavsett markanvändning. Beroende på markanvändning så finns även krav på vissa byggnadstekniska skyddsåtgärder. Det bebyggelsefria avståndet på 25 meter gäller även för de flesta sekundära rekommenderade transportleder för farligt gods på väg. Eftersom riskbilden vid dessa leder rent teoretiskt borde vara mindre än vid en primär rekommenderad transportled för farligt gods, kan dock skyddsavståndet i vissa fall minskas något. Länsstyrelsen anger dock att det är osannolikt att de tillåter bebyggelsefria avstånd på mindre än 15-20 meter avseende sekundära transportleder.



Figur 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd [4]

Tabell 1. Rekommenderad markanvändning för zonerna A, B och C [4]

Zon A	Zon B	Zon C
G - Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E - Tekniska anläggningar	B - Bostäder
L - Odling och djurhållning	G - Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C - Centrum
P - Parkering (ytparkering)	J - Industri	D - Vård
T - Trafik	K - Kontor	H - Detaljhandel
	N - Friluftsliv och camping	O - Tillfällig vistelse
	P - Parkering (övrig parkering)	R - Besöksanläggningar
	Z - Verksamheter	S - Skola



RAPPORT

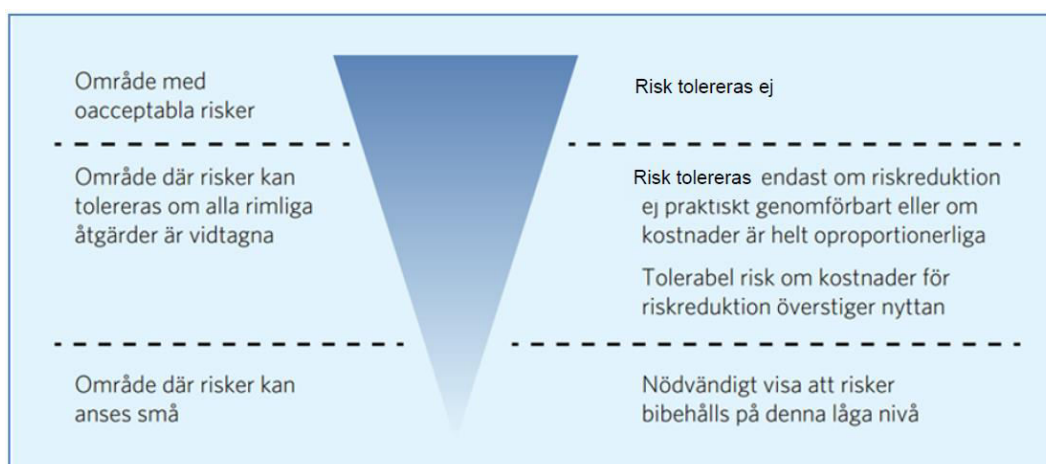
1.5.3 Kommunal nivå

Upplands Väsby kommun har inte några egna riktlinjer avseende riskutredningar i fysisk planering. I kommunens översiktsplan för 2040 anges dock, kopplat till risk, att transport av farligt gods inte ska ske på gator i stadsmiljö och att "anpassning krävs mellan ny bebyggelse och risker med transport av farligt gods på vägar och järnväg i kommunens centrala delar där en stadsmässig utveckling eftersträvas". [5]

1.5.4 Riskvärdering

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. Nationellt fastställda riskkriterier finns inte i Sverige för individ- och samhällsrisk. Det Norske Veritas har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk som kan användas vid riskvärdering [6]. Även Länsstyrelsen Stockholm anser att dessa kriterier bör användas i kvantitativa riskutredningar. [4]

Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens skall inträffa. Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 3 nedan.



Figur 3. Principiella kriterier för riskvärdering [6].

Följande förslag till tolkning rekommenderas [6].

- De risker som hamnar inom område med oacceptabla risker värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- Området i mitten kallas ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). De risker som hamnar inom detta område värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.
- De risker som hamnar inom område där risker kan anses små värderas som acceptabla. Dock skall möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra skall genomföras.



RAPPORT

För individrisk föreslås i rapporten [6] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslås i rapporten [6] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:
 - $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små:
 - $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Samhällsriskens frekvenskriterier är definierade som antal olyckor per kilometer och år som påverkar båda sidor av en linjekälla som exempelvis en farligt gods led. Studeras en kortare eller längre sträcka och/eller endast ledens bidrag till samhällsriskens på ena sidan kan frekvenskriterierna skalas om för att belysa samhällsriskens just inom det studerade området. Detta har dock inte gjorts i denna rapport, vilket därmed är ett konservativt antagande.

2 Områdesbeskrivning

2.1 Bredden

Området Bredden planeras utvecklas med en ny sammanhängande stadsdel bestående av bostäder, handel och verksamhetslokaler i en stadsstruktur. I Figur 4 visas befintlig bebyggelse i grått och tillkommande bebyggelse med färg i rött/brunt. Den befintliga bebyggelsen inom Bredden vid genomförandet av denna riskutredning består främst av handel, kontor och hotell.

De tillkommande byggnadskroppar som planeras bli kontor, handel och restaurang är utpekade i Figur 4, och är den tillkommande bebyggelse som befinner sig närmast E4. Resterande tillkommande bebyggelse består i princip endast av bostäder. Eventuellt kan också byggnad 74 komma att omvandlas till gymnasieskola.



Figur 4. Översikt av planerad och befintlig bebyggelse inom Bredden. Sifforna anger position för foton i avsnitt 3.1. I figuren markeras också ungefärlig placering av gång- och cykelbro. Gul markering är det område som omfattas av individ- och samhällsberäkningar i denna utredning och benämns vidare i rapporten som "studerat område". Illustrationsplan:2019-02-22

Eventuellt kommer även en gång- och cykelbro att anläggas över E4 inom planområdet, se ungefärlig position i Figur 4. En preliminär brotredning har genomförts där tre broalternativ studerats. Förutsättningarna för bron har varit att den



RAPPORT

ska vara av typen lätt konstruktion och utföras i trä eller stål. Minsta frihöjd över E4 ska vara 5,2 meter. Totalbredd på bron är ansatt till antingen 4 eller 7 meter beroende på alternativ. Längden på broarna inklusive ramper är också de beroende på broalternativ och varierar mellan 270, 340 och 450 meter. [7] Bron förväntas vidare endast att användas för transport från ena sidan E4 till andra och inte användas för stadigvarande vistelse.

2.2 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på personsäkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som vistas både i och utanför planerade byggnader inom Bredden.

Eftersom flera planerade byggnader inom Bredden ligger inom 150 m från farligt godsled (E4) konstateras att det är rimligt att beakta riskhanteringsprocessen.

Bredden planeras att bebyggas med handel och kontor där människor framför allt kommer att vistas under dagtid. Inom en byggnad närmast E4 planeras dock för restauranger och olika typer av aktiviteter så att man kan förvänta sig att människor finns i denna byggnad även under kvällstid.

Planen omfattar även komplettering med bostäder och eventuellt kan byggnad 74 komma att ombildas till gymnasieskola. Bostäderna befinner sig dock på längre avstånd än 150 meter från E4 och ingår därför inte i riskutredningen eftersom riskhanteringsavståndet bedöms vara en tillräcklig riskreducerande åtgärd i sig. Även den eventuella gymnasieskolan bedöms befinna sig inom det riskhanteringsavstånd som länsstyrelsen i Stockholms län föreslår för god samhällsplanering i sina riktlinjer, se avsnitt 1.5.2. Den föreslagna riskreducerande åtgärden i denna riskutredning kommer vidare också att minska riskbilden för byggnad 74.

Individriskberäkningen omfattar oskyddade människor som befinner sig utomhus inom planområdet som redovisas i Figur 4. För samhällsriskberäkningen inkluderas människor inom det gulmarkerade området i samma figur, vilket även inkluderar människor inomhus i de tre byggnaderna. Detta markerade område är det som vidare i denna rapport benämns som "studerat område" och omfattar endast planerad bebyggelse.

Den planerade gång- och cykelbron, tänkt att vara placerad över E4, omfattas också av riskhanteringsprocessen. I denna utredning hanteras riskerna för bron endast schablonartat utifrån riskbidraget på E4 och beräknade risknivåer för den planerade bebyggelsen öster om E4. Det rekommenderas att bron utredes ytterligare i ett senare skede och att behov av eventuella skyddsåtgärder införs baserat på kvalitativa resonemang och/eller resultat utifrån en kostnad/nytta-analys.

3 Riskinventering

I detta avsnitt görs en inventering av de riskobjekt och riskkällor som finns i närheten av planområdet.

Exempel på riskobjekt kan vara industrialläggningar, farligt gods-leder och drivmedelstationer. Varje riskobjekt består sedan av ett antal riskkällor. Riskkällor för en farligt godsled är exempelvis den typ av farligt gods som fordon transporterar på vägen. Exempel på riskkällor vid en industrialläggning är lager av farligt gods eller andra typer av ämnen och utrustningar som kan innebära en påverkan på skyddsvärda objekt.

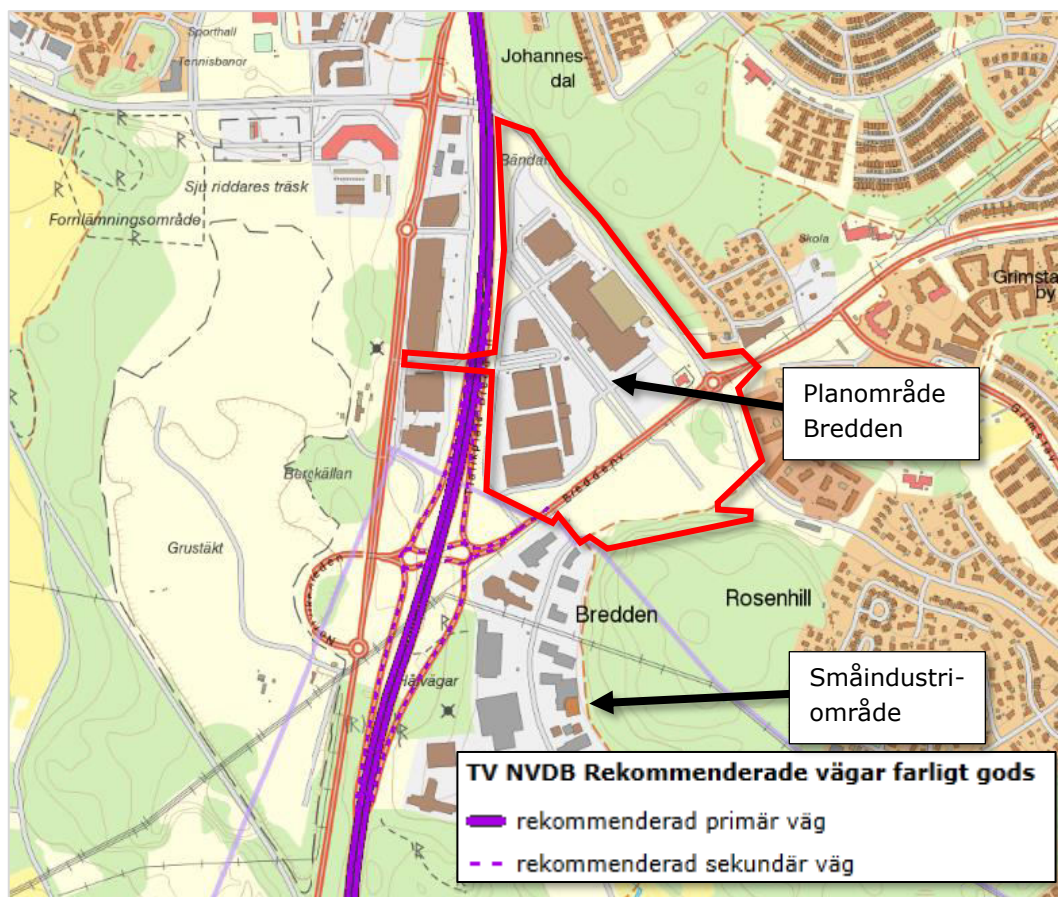


RAPPORT

3.1 Riskobjekt

3.1.1 Farligt godsleder

De rekommenderade leder för transport av farligt gods som är placerade i närheten av planområdet redogörs för i Figur 5.



Figur 5. Överblick av farligt godsleder i närområdet kring Bredden. Röda linjer indikerar ungefärligt planområde. Lila fyllda linjer innebär primära rekommenderade transportleder för farligt gods. Lila streckade linjer innebär sekundära rekommenderade transportleder för farligt gods. [8]

E4 har en hastighetsgräns på 100 km/h förbi planområdet i båda körriktningarna. De båda körfälten är avgränsade och har avåkningsräcken på vardera sida i relation till det andra körfältet. I höjd med de nya planerade handelsfastigheterna inom det planområdet finns i körfältet med norrgående trafik, dvs. det körfält närmast planområdet, ett avåkningsräcke, se Figur 6 och Figur 7. Trafiksäkerhetsklassen på sträckan bedöms av Trafikverket som god, vilket är den näst högsta klassningen. [9]

E4 längs med den mittersta och södra delen av planområdet ligger i något högre höjdläge än bebyggelsen, se Figur 6, vilket ur ett riskperspektiv är mindre lämpligt än det motsatta. I den norra delen av planområdet, där två handelsbyggnader planeras, ligger dock E4 i ett lägre höjdläge än planerad bebyggelse på grund av en existerande vall, se Figur 7. Dessa två förhållanden kommer att medtagas i riskberäkningarna. Riskkällor på E4:an kommer vidare att analyseras.



Figur 6. E4 i höjd med InfraCity. Fotot taget mot söder. Positionen var fotot är taget ses i Figur 4 som "1".



Figur 7. E4 i relation till områdets norra del. Fotot taget mot söder. Positionen var fotot är taget ses i Figur 4 som "2".



RAPPORT

Den sekundära ledens syfte bedöms vara som möjlighet för farligt godstransporter på E4:an att dels vända i höjd med trafikplatsen, samt dels att åka av E4:n för leverans till närliggande industriområden, detta eftersom även en del av Breddenvägen är markerad som rekommenderad sekundär farligt godsled, se Figur 5.

Vid platsbesöket inventerades översiktligt även det industriområde som är placerat söder om InfraCity/Bredden. Av denna inventering dras slutsatsen att inget företag inom detta industriområde har lagring av farliga ämnen utomhus. Det bedöms som troligt att endast mindre mängder drivmedel och eventuellt även brandfarlig gas i flaskor kan transporteras via den del av Breddenvägen som är markerad som rekommenderad sekundär farligt godsled. Dessa mängder bedöms vara små.

På grund av de bedömt väldigt få leveranser som eventuellt sker på Breddenvägen, samt avståndet till planerad bebyggelse, bedöms det inte vara relevant att vidare analysera riskkällor från Breddenvägen. I relation till riskbidraget från E4 bedöms de eventuella bidragen från Breddenvägen vara försumbara.

3.2 Riskkällor

3.2.1 Allmänt om farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar, ADR/RID som tagits fram i internationell samverkan [10]. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får ske och hur godset ska vara emballerat samt vilka krav som ställs på fordon för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods.

Farligt gods delas in i nio olika klasser med hjälp av de så kallade ADR/RID-systemen som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. För varje klass finns också ett antal underklasser som mer specifikt beskriver transporten.

Farligt gods delas in i nio olika klasser med hjälp av de så kallade ADR/RID-systemen som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. För varje klass finns också ett antal underklasser som mer specifikt beskriver transporten.

3.2.1.1 Klasser

Nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en grov beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid en olycka.

Klass 1: Explosiva ämnen och föremål

Etikettförlagor:





RAPPORT

Exempel på ämnen:

Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier etc.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen (Klass 1.1) kan ge skadeområden uppemot 200 m i radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus primärt pga. ras eller kollaps. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och kringflygande delar kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [11].

Klass 2.1: Brandfarlig gas

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Acetylen, gasol etc.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Brännbara gaser kan ge brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden kan överstiga 100 meter.

Klass 2.2: Icke giftig, icke brandfarlig gas

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Inerta gaser såsom kväve, argon etc. Oxiderande gaser är syre, ozon, kväveoxider etc.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Icke giftig, icke brandfarlig gas förväntas inte ha några konsekvenser för liv och hälsa om ett läckage sker utomhus. Om ett utsläpp sker av en kondenserad gas kan dock köldskador uppstå om personer får vätskan på sig.



RAPPORT

Klass 2.3: Giftig gas

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Klor, svaveldioxid, ammoniak etc.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Giftiga gaser kan ge omkomna både inomhus och utomhus till följd av giftiga gasmoln. Konsekvensområden kan överstiga 100 meter.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Bensin, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel, industrikemikalier etc. Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekter eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30 meter för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.

Klass 4.1: Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Metallpulver (ex. kisel- och aluminiumpulver), magnesium, svavel, , tändstickor.



RAPPORT

Klass 4.2: Självantändande ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Aktivt kol, fiskmjöl, järnoxid, vit/gul fosfor, vattenfri kalium- och natriumsulfid, pyrofort metallorganiskt ämne

Klass 4.3: Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten.



Exempel på ämnen:

Kalium, magnesiumpulver.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa (för hela klass 4):

Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Kräver normalt sett tillgång till vatten för att utgöra en brandrisk. Mängden brandfarlig gas som bildas står då i proportion till tillgången på vatten.

Klass 5.1: Oxiderande ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Natriumklorat, kaliumklorat, ammoniumnitrat, persulfat, kaliumpermanganat, hypoklorit och väteperoxid (som bland annat återfinns i blekmedel och desinfektionsmedel), perättiksyra m.fl.



RAPPORT

Klass 5.2: Organiska peroxider

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Metyletylketonperoxid (MEKP), bensoylperoxid.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa (för hela klass 5):

Oxiderande ämnen i kontakt med brandfarliga ämnen kan orsaka en exoterm reaktion där en explosiv brandrisk kan resultera i tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentration över 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (exempelvis bensin). Konsekvensområden p.g.a. tryckvågor uppemot 150 m.

Oxiderande ämnen kan även laka ur och bryta ned organiskt material vilket kan leda till att föroreningar når dricksvattentäkt.

Klass 6.1: Giftiga ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel, klororganiska och bromorganiska föreningar.

Klass 6.2: Smittförande ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Sjukhusavfall, kliniska restprodukter, levande virus, bakterier, sjukdomsalstrande mikroorganismer etc.



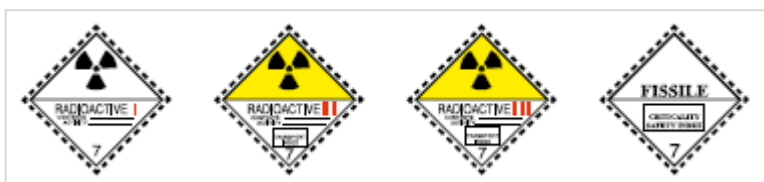
RAPPORT

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa (för hela klass 6):

Giftigt utsläpp. Små utsläpp kan orsaka att dricksvatten/vattentäkt blir otjänligt. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Medicinska preparat, brandvarnare, vissa mätinstrument och pacemakers. Kärnavfall. Transporteras vanligtvis i små mängder.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet (medicinska preparat) men kan även bli katastrofala (vid utläckage av kärnavfall).

Klass 8: Frätande ämnen

Etikettförlagor:



Exempel på ämnen:

Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsas till olycksområdet [11] (LC50). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH). pH-förändring i vattenmiljön vid stora utsläpp.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Etikettförlagor:





RAPPORT

Exempel på ämnen:

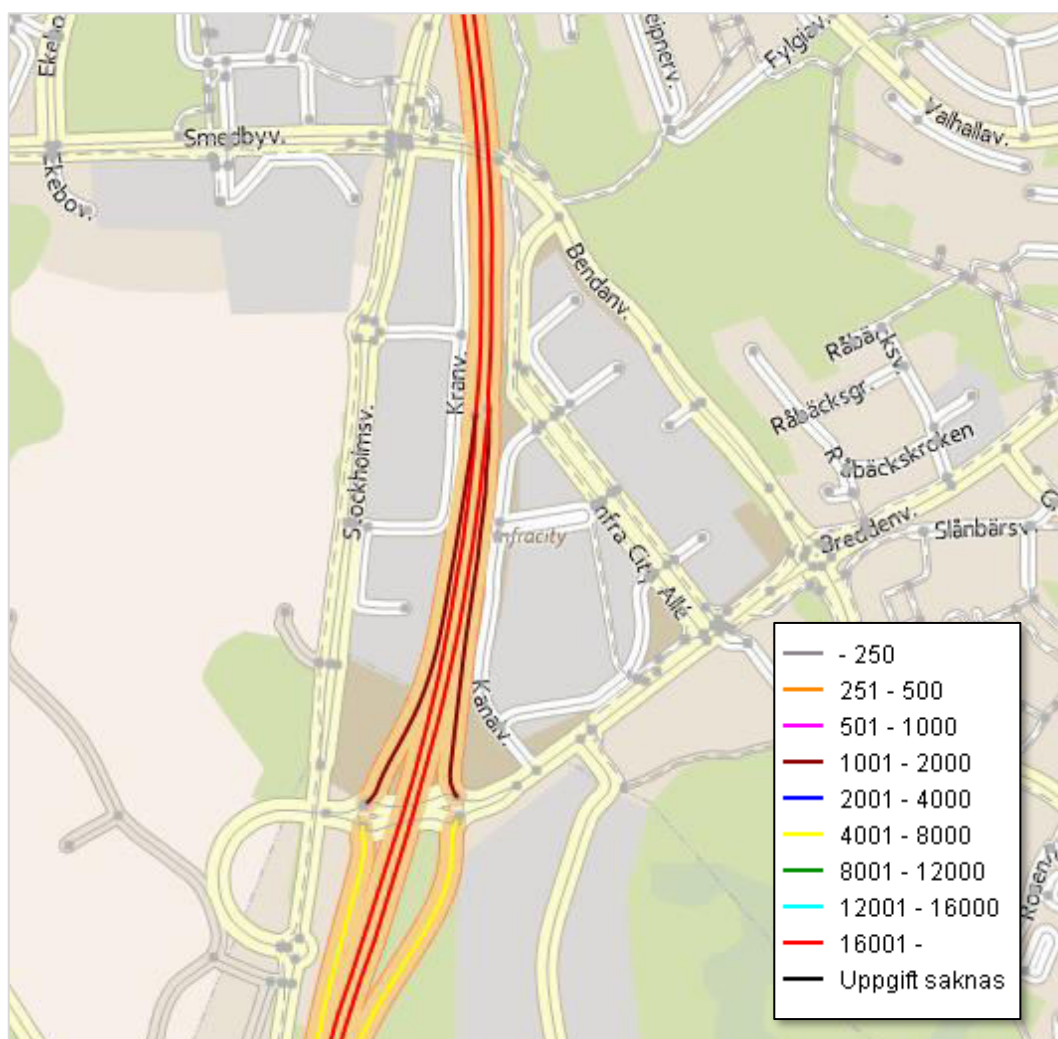
Gödningssämnen, asbest, magnetiska material, fordon, motorsågar, batterier, batteridrivna utrustning, asbest och torr-is, vissa första hjälpen-produkter etc.

Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa:

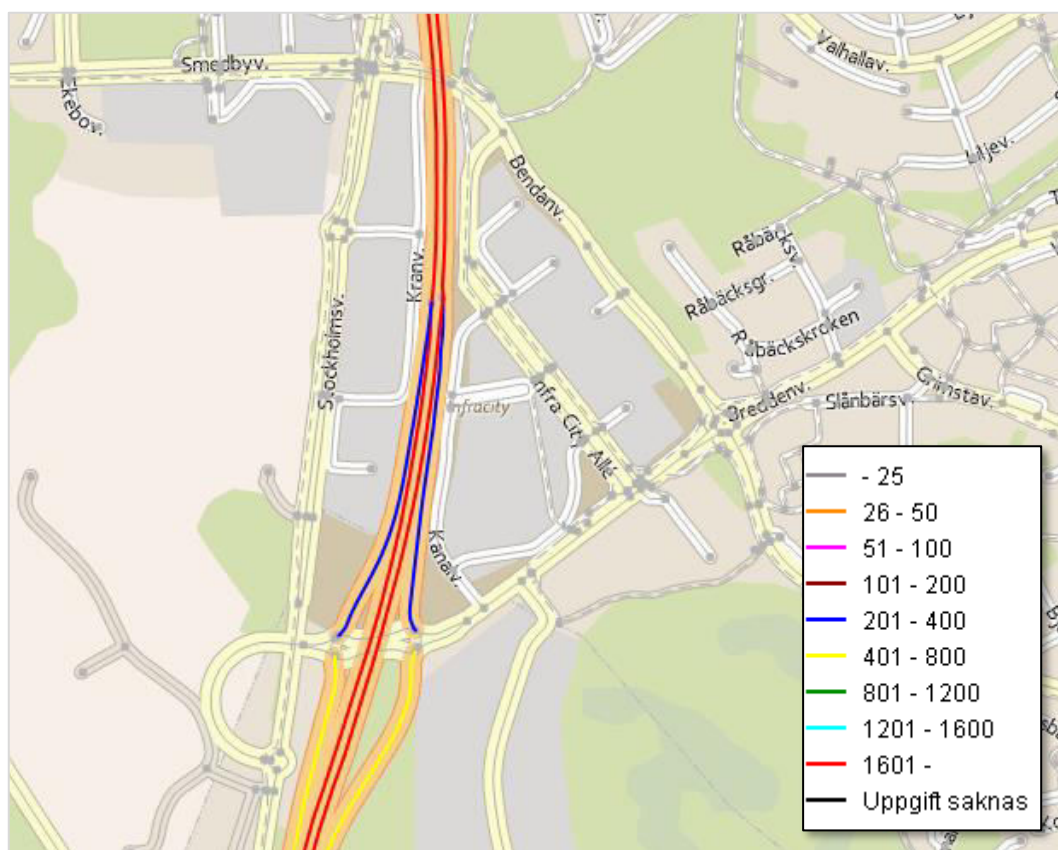
Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

3.2.2 Statistisk över transporterade mängder och typer

ÅDT för väg E4 i höjd med InfraCity/Bredden är uppmätt till 37660 (norrut) och 38350 (söderut) i respektive körriktning, där 4160 (norrut) och 4040 (söderut) utgörs av tung trafik, se Figur 8 och Figur 9 för en grov indelning [9].



Figur 8. ÅDT för totaltrafik i närheten av Bredden. [12]

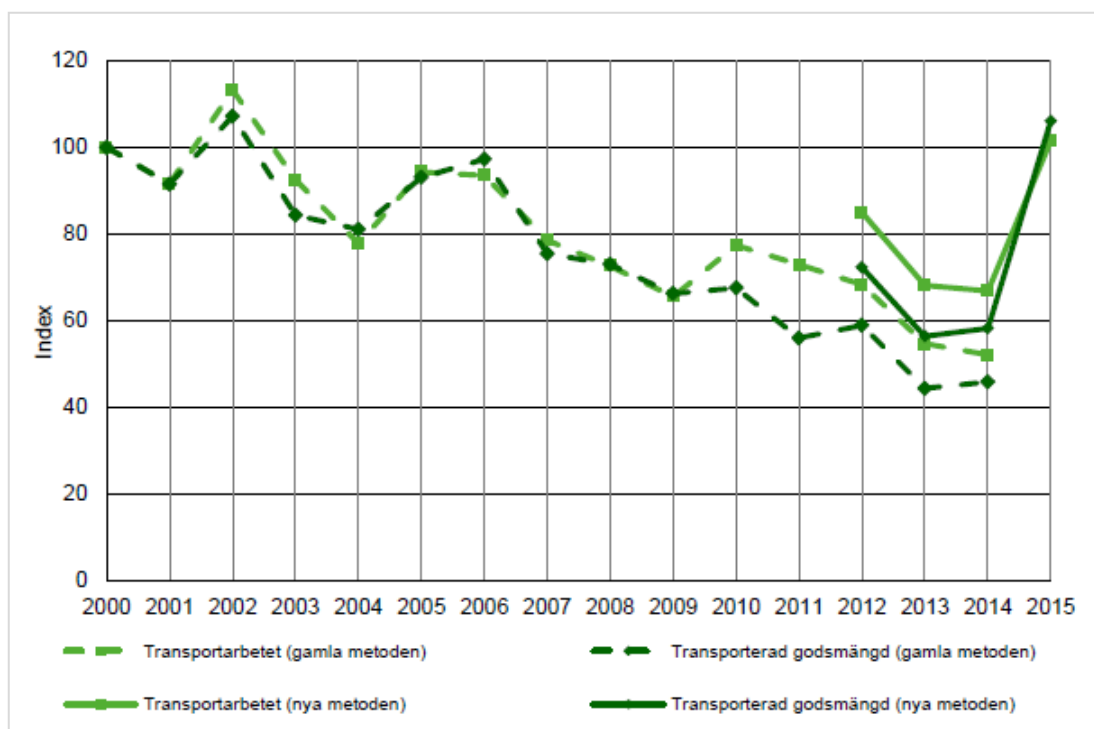


Figur 9. ÅDT för tung trafik i närheten av Bredden. [12]

Av allt transporterat gods på svenska vägar och järnvägar står farligt gods för ca 3 procent (13 miljoner ton). Fördelningen på transportsätt av denna mängd är ungefär 10 miljoner ton på väg och 3 miljoner ton på järnväg. [13]

Enligt Lastbilsundersökningen 2013 var lastbilstrafiken för farligt gods i en sjunkande trend, vilket även överensstämde med strävan hos branschen om att minska vägtransporterna av farligt gods och omplacera dessa till järnväg istället. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på vägar i Sverige och år 2013 var motsvarande siffra 6,8 miljoner ton. Även transportarbetet minskade under samma period från 2,0 miljarder tonkilometer till 1,1 miljarder tonkilometer. [14]

Dock visar den senaste officiella statistiken om lastbilstrafik att den sjunkande trenden bröts under 2015. Under året transporterades 16 miljoner ton farligt gods på svenska vägar, en signifikant ökning jämfört med föregående år och nära 10 miljoner ton mer än jämfört med 2013. Hur utvecklingen av transporter av farligt gods sett ut sedan 2000 fram till 2015 redovisas i Figur 10. [15]



Figur 10. Inrikes lastad godsmängd och godstransportarbete (tonkilometer) med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S-klassificering år 2000 till 2015. Index (år 2000=100). [15]

Den senast officiellt framtagna statistiken som visar hur fördelningen av farligt godsklasser ser ut på det svenska vägnätet redovisas i Tabell 2. Den vanligaste typen av farligt gods på det svenska vägnätet är brandfarliga vätskor, följt av gaser, frätande ämnen och oxiderande ämnen, om man bortser från klass 9 som är övriga ämnen och föremål vilka är omöjliga att vidare analysera.

Tabell 2. Fördelning av transporterad mängd (tusen ton) farligt gods på det svenska vägnätet [14]

Klass	Typ av farligt gods	2013
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	4
Klass 2	Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)	944
Klass 3	Brandfarliga vätskor	4237
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	-
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	-
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	276
Klass 5.2	Organiska peroxider	-
Klass 6.1	Giftiga ämnen	65
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	0
Klass 7	Radioaktiva ämnen	-
Klass 8	Frätande ämnen	906
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	393
Totalt		6824

RAPPORT



Framtagen statistik över antalet transporter och transporterad mängd med fördelning på farligt godsklass saknas ofta för analyserade delsträckor i riskutredningar. Som underlag brukar då dåvarande Räddningsverkets kartläggning av farligt gods under september 2006 används för närliggande sträckor. [16]

För att ta höjd för de senaste årens ökade farligt godstransporter kommer en uppräknings mot jämförelseåret 2040 att göras. I Tabell 3 har en uppräknings skett av godsmängderna utifrån ett antagande om en trafikökning på +1 % per år från 2006 och fram till 2040, som är jämförelseåret. Eftersom farligt godsmängderna ur ett riksperspektiv faktiskt minskade mellan 2000 och 2013, men ökade 2015, är det svårt att bedöma om denna uppräknings mot jämförelseåret kan ses som en konservativ överskattning eller en relativt reell uppskattning. Uppräknings kan vidare motiveras på grund av osäkerheten i insamlad data för september år 2006.

RAPPORT



Tabell 3. Farligt gods-transporter i ton per månad på den studerade delen av E4. Data baserat på undersökningen i september 2006, och uppräknat med transportökning. Även jämförelse mot det totala rikssnittet för år 2013 på väg, uttryckt i ton. [14]

Klass	Typ av farligt gods	Totalt för Sverige 2013	År 2006 E4	År 2040 E4
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	4000	0-70	0-100
Klass 2.1	Brandfarlig gas	944 000	0-1800	0-2500
Klass 2.2	Icke-giftig, icke brandfarlig gas		0-4400	0-6200
Klass 2.3	Giftig gas		-	-
Klass 3	Brandfarliga vätskor	4 237 000	66000-82500	92600-116000
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	-	810-1080	1100-1500
Klass 4.2	Självtändande ämnen	0	40-80	60-110
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	-	260-340	370-480
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	276 000	0-490	0-690
Klass 5.2	Organiska peroxider	-	-	-
Klass 6.1	Giftiga ämnen	65 000	90-170	130-240
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	0	280-430	390-600
Klass 7	Radioaktiva ämnen	-	1-49	1-70
Klass 8	Frätande ämnen	906 000	0-11600	0-16000
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	393 000	0-11500	0-16000

3.3 Grovanalys – Identifiering av skadehändelser

Skadehändelser är olyckor som inträffar med ursprung hos riskkällan vid identifierade riskobjekt. I detta avsnitt sker en identifiering och en bedömning av skadehändelser och om dessa kan komma att påverka skyddsvärda objekt.

Alla klasser för farligt gods transporteras inte på alla sträckor, och skadehändelser med ett ämne tillhörande en specifik klass måste inte nödvändigtvis påverka skyddsvärda objekt. I detta avsnitt identifieras vilka skadehändelser och huruvida dessa direkt kan avfärdas eller ska analyseras vidare som grund i den kvantitativa riskberäkningen. Som huvudsakligt underlag till vilken typ av farligt gods som kan tänkas transporteras på den studerade delen av E4 har uppgifterna i avsnitt 3.2.2 använts.



RAPPORT

3.3.1 Explosiva ämnen (Klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen är det primärt underklass 1.1, som utgörs av massexplosiva ämnen, som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut m.m. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels till direkta tryckskador men även till värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader. Varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma skadeeffekt utan orsakar istället splinter eller dylikt som sprids från olycksplatsen.

Ämnen i klass 1.1 delas i sin tur in i ytterligare underklasser, klass 1.1A och 1.1B, där klass 1.1A utgör de mest reaktiva ämnena, själva tändämnena. Klass 1.1A får endast transporteras i mängder om 6,25 kg till 18,75 kg, beroende på klassning av förpackning och fordon, varpå skadeområdet begränsas. Övriga ämnen inom underklass 1.1 får transporteras upp till 16 000 kg, förutsatt att fordonet håller högsta fordonsklass (EX/III) enligt regler för transport av farligt gods på väg. Fordon av denna klass har en lång rad barriärer som motverkar olyckor med fordonet, brand i fordon och spridning av brand till last varför sannolikheten för detonation minskar ytterligare.

Motivering

Kategorin utgör en liten del av den totala mängden hanterat och transporterat farligt gods förbi planområdet. Transport av explosiva ämnen omgärdas av flera restriktioner av hur transporter med explosiva ämnen får ske vilket gör att en explosion med klass 1 bedöms som mycket osannolik. Dock kan effekten av en sådan olycka potentiellt påverka planområdet. Skadehändelsen kommer därför att ingå i riskberäkningarna.

3.3.2 Brandfarliga gaser (Klass 2.1)

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma, vars längd avgörs av storleken på hålet i tanken.

Gasmolnsbrand

När gas läcker ut genom ett hål i en tank men inte antänds direkt som i ovanstående scenario uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett skede där luftinblandningen inte är tillräcklig för att en explosion ska inträffa utvecklas förloppet istället till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

Gasmolnsexplosion

Vid ett gasmolnsutsläpp som inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den farliga gasen. Vid antändning kan detta resultera i en gasmolnsexplosion om en tillräckligt stor mängd av gas och luft har blandats till en viss koncentration. Beroende på vindstyrka kan explosionen inträffa en bit ifrån olycksplatsen. Vanligast är att explosionen är av typen deflagration, vilket innebär att flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och resulterar i en svagare tryckvåg än vid detonation. En gasmolnsexplosion kan medföra skador av värmestrålning och skador av tryckvågen.



RAPPORT

BLEVE

BLEVE är en benämning på en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Värmen orsakar ett stigande tryck i tanken då den inneslutande mängden expanderar och följaktligen rämmer tanken. Innehållet övergår i gasform på grund av den höga temperaturen och det lägre tryck som råder utanför tanken och antänds. Vid antändningen bildas ett stort eldklot som avger intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs en kraftig upphettning av tanken, exempelvis orsakad av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Motivering

Transporterna av brandfarlig gas förbi planområdet är enligt undersökningen från september 2006 den tredje vanligaste farligt gods-typen, efter brandfarliga vätskor och frätande ämnen. På grund av detta och att en olycka med brandfarlig gas potentiellt kan påverka säkerheten för människor inom Bredden kommer denna klass att ingå i riskberäkningen.

3.3.3 Giftig gas (Klass 2.3)

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot de skyddsvärda objekten och orsakar allvarliga skador eller dödsfall. De tre mest frekvent transporterade gaserna i Sverige är generellt vattenfri ammoniak, klorgas och svaveldioxid. Giftiga gaser transporteras oftast kondenserade.

Nedan följer en kortare beskrivning av vattenfri ammoniak, klorgas och svaveldioxid.

Vattenfri ammoniak

Generellt är ammoniak tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett IDLH-värde (Immediately Dangerous of Life or Health) på 300 ppm.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba de skyddsvärda objekten. Den kan sprida sig långt likt gaserna ovan och har ett IDLH-värde på 10 ppm.

Svaveldioxid

Även svaveldioxid är en giftig tung gas som vid ett utsläpp kan ha ett riskområde om flera hundra meter. Gasen har ett IDLH-värde på 100 ppm.

Motivering

Enligt undersökningen från september 2006 transporteras ingen giftig gas på sträckan förbi planområdet. Olyckstypen kommer därför inte att vidare beräknas, men skyddsåtgärder som är kopplade till konsekvenser av utsläpp giftig gas kommer att ges i avsnitt 5, för att ta höjd för eventuella brister i underlaget från undersökningen 2006.



RAPPORT

3.3.4 Brandfarlig vätska (Klass 3)

Den typiska konsekvensen vid en olycka där brandfarliga vätskor är inblandade är ett läckage som vid antändning bildar en pölbrand. Brandfarlig vätska klassificeras i underklasser efter antändningstemperatur där exempel på brandfarlig vätska klass I är bensin och etanol. Båda dessa är extremt lättantändliga och brinner med hög intensitet. Dieselolja och eldningsolja är däremot exempel på brandfarlig vätska klass III som är svårantändliga vid normal utomhustemperatur och först behöver värmas upp (flampunkt > 55°C). Klass III vätskor bedöms därför inte antändas vid ett eventuellt utsläpp.

Motivering

Brandfarliga vätskor är den enskilt vanligaste hanterade farligt godsmängden på E4, enligt undersökningen från september 2006, vilket också stämmer grovt med att denna klass också är den vanliga ur ett Sverigesnitt.

En pölbrand kan avge hög strålning och varma brandgaser som kan skada fastigheten och personer som befinner sig i den. Olyckor kopplade till denna klass kommer därför att analyseras vidare.

3.3.5 Brandfarliga fasta ämnen (Klass 4)

Eftersom ämnen av klass 4 transporteras i fast form sker ingen spridning i samband med en olycka. För att brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor etc.) ska resultera i en brandrisk måste de komma i kontakt med vatten och då bilda brandfarlig gas. Risken utgörs då av strålningspåverkan vid antändning av gasen.

Motivering

En brand med brandfarliga fasta ämnen är begränsad till olycksplatsen och strålningsnivåerna utgör endast en fara för människor som befinner sig i närheten av branden. Denna godstyp bedöms därför inte vidare behöva analyseras.

3.3.6 Oxiderande ämnen (Klass 5)

Vissa oxiderande ämnen (såsom väteperoxid, natriumklorat etc.) kan vid kontakt med en del organiska ämnen orsaka kraftiga bränder. Vid kontakt med vissa metaller kan ämnena sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan förse en eventuell brand. Under vissa omständigheter kan även explosionsfarliga blandningar uppstå.

Motivering

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen utvecklar sig till ett scenario med risk för personskada är mycket låg, då en serie händelser måste inträffa och flera olika ämnen måste vara inblandade. Godstypen bedöms därför inte vidare behöva analyseras. Konsekvenserna av en olycka är mycket liknande de vid en explosion, som tas upp under klass 1.

3.3.7 Giftiga och smittbärande ämnen (Klass 6.1 och 6.2)

Ämnen i denna klass kan exempelvis vara arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. En olycka med giftiga och smittbärande ämnen är endast en risk för människor som kommer i fysisk kontakt med dessa ämnen, exempelvis genom förtäring.



RAPPORT

Motivering

Då skadeområdet för en olycka med dessa ämnen är begränsat, kommer denna ämnesklass troligtvis inte utgöra någon säkerhetsrisk för den aktuella fastigheten. Godstypen bedöms därför inte vidare behöva analyseras.

3.3.8 Radioaktiva ämnen (Klass 7)

En olycka med radioaktiva ämnen inblandade kan få mycket allvarliga konsekvenser. Transporterna av radioaktiva ämnen är dock fokuserade kring endast några få transportleder i Sverige.

Motivering

Radioaktiva ämnen hanteras inte inom hamnverksamheterna och det bedöms som extremt osannolikt att denna typ av klass transporteras på farligt godsled invid Bredden. Därtill är transportförutsättningarna sådana att det kan antas vara osannolikt att en olycka leder till spridning av godset utanför vägen. Därför bedöms bidraget till risken vara försumbar och det är inte motiverat att ytterligare analysera dessa transporter.

3.3.9 Frätande ämnen (Klass 8)

En olycka med frätande ämnen, exempelvis saltsyra och svavelsyra, ger endast lokal påverkan vid olycksplatsen då skador uppkommer först vid kontakt med huden.

Motivering

På grund av det begränsade skadeområdet bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

3.3.10 Övriga farliga ämnen (Klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material eller airbags.

Motivering

Olyckor med transporter av farligt gods i denna kategori begränsas till närområdet och det bedöms därmed inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

3.4 Sammanfattning av grovanalys

I den kvantitativa riskberäkningen kommer följande klasser att ingå. För vidare information hänvisas till Bilaga A (Frekvensberäkningar) och Bilaga B (Konsekvensberäkningar):

- Olycka med explosiva ämnen (Klass 1)
- Olycka med brandfarlig gas (Klass 2.1)
- Olycka med brandfarlig vätska (Klass 3)

4 Beräknade risknivåer

I nedanstående avsnitt redovisas risknivåer för jämförelseåret 2040, både innan och efter riskreducerande åtgärder. För individriskberäkningen omfattas oskyddade människor som befinner sig utomhus inom planområdet som redovisas i Figur 4. För samhällsriskberäkningen inkluderas människor inom det gulmarkerade området i samma figur, vilket även inkluderar människor inomhus i de tre byggnaderna.



RAPPORT

Människor som uppehåller sig på den planerade gång- och cykelbron över E4 har inte medtagits i varken individ- eller samhällsrisksberäkningarna. Ett resonemang om risknivån för gång- och cykelbron förs istället.

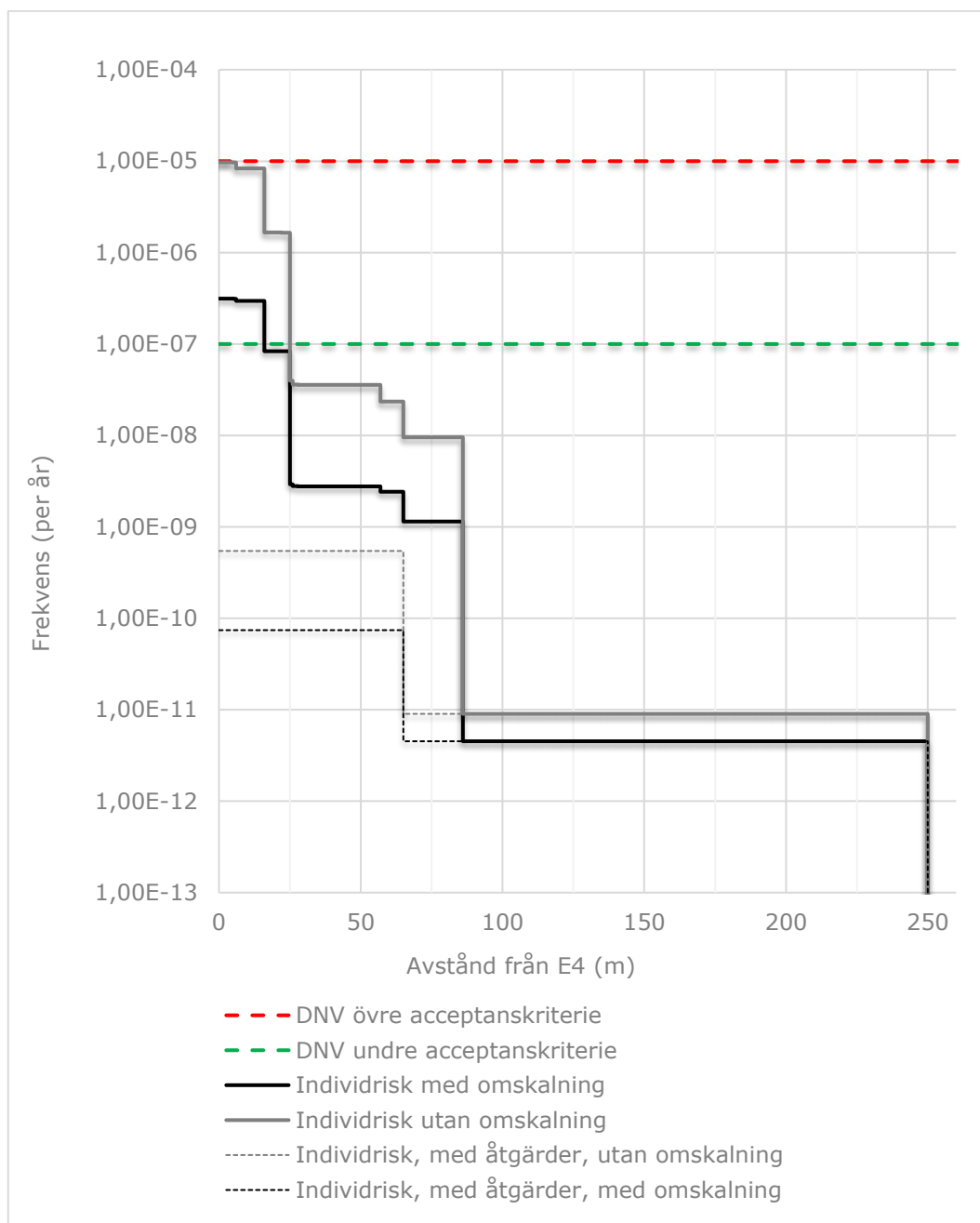
Beräkningarna gäller jämförelseåret 2040 och riskbidrag från E4 inkluderar olyckor med klasserna explosiva ämnen, brandfarliga vätskor och brandfarliga gaser.

För samhällsrisken ingår inte brandfarliga vätskor på grund av de från E4s väggkant relativt korta konsekvensavstånden där ingen bebyggelse, befintlig liksom planerad, är placerad eller där människor kan tänkas befinna sig.

Alla beräkningar baseras på olyckor inom en sträcka av en kilometer på E4.

4.1 Individrisknivå

Individrisknivån för år 2040 som funktionen av avståndet från E4 i höjd med studerat område redovisas i Figur 11. Individrisknivåer redovisas både före och efter omskalning mot konsekvensområdets bredd, se vidare bilaga A, samt före och efter riskreducerande åtgärder. De riskreducerande åtgärderna presenteras närmare i avsnitt 5.



Figur 11. Individrisk som funktion av avståndet från E4 i riktning mot studerat område. Individrisken visas för jämförelseåret 2040.

Beräkningen visar att för den oskalade individrisken tangeras gränsen för oacceptabel risk inom 8 meter från E4, utan att åtgärder införs. Mellan 8-25 meter är individrisken inom den högre delen av ALARP-området för den oskalade redovisningen, sett utan åtgärder. På avstånd bortanför 25 meter är den oskalade individrisken acceptabel utan åtgärder.

Den skalade individrisken befinner sig inom den nedre delen av ALARP-området på avståndet 0-16 meter från E4, utan att åtgärder införs. Från 16 meter och längre bort är den skalade individrisken acceptabel, utan att åtgärder införs.

Resultatet visar tydligt att det är olämpligt med placering av personintensiva verksamheter i nära anslutning till E4. Med en kombinerad bullerskärm och skyddsmur



RAPPORT

mot E4, som rekommenderas som åtgärd, minskar dock individrisken till en acceptabel nivå från murens position på den sida som vetter mot studerat område och vidare in mot resten av planområdet. Muren bedöms behövas för att minska samhällsrisken till en acceptabel nivå, men får även som effekt att individrisken inom studerat område beräknas bli väldigt låg. Placeringen av muren i relation till E4 efter åtgärder redovisas som om muren placeras vid väggkant.

En eventuell gång- och cykelbro över E4 antas schablonmässigt utsättas för en liknande risknivå som vid avståndet 0 i Figur 11, på grund av brons tilltänkta placering över E4 på minst 5,2 meter. För att eventuella personer som befinner sig på bron ska kunna utsättas för konsekvenser från en olycka med farligt gods på E4 måste dock själva olycksplatsen, beroende på typ av farligt gods, vara i närheten av bron. Till skillnad från planerad bebyggelse inom Bredden öster om E4 inkluderar riskbidraget för bron även påverkan i höjdded/underifrån E4. De olyckskonsekvenser som är beräknade tar inte hänsyn till detta, och inte heller för den frekvensskalning som hanterar att just gång- cykelbron ska utsättas för allvarliga konsekvenser från en farligt godsolycka som kan inträffa på en kilometers sträcka, där bron endast är mellan 4 till 7 meter.

Med tanke på att bron föreslås byggas som en lätt konstruktion i antingen trä eller stål och att individrisknivån schablonmässigt är hög vid 0 meter från väggkant i Figur 11, bedöms en vidare utredning av risknivån och eventuella skyddsåtgärder för gång- och cykelbron behöva göras i ett senare skede.

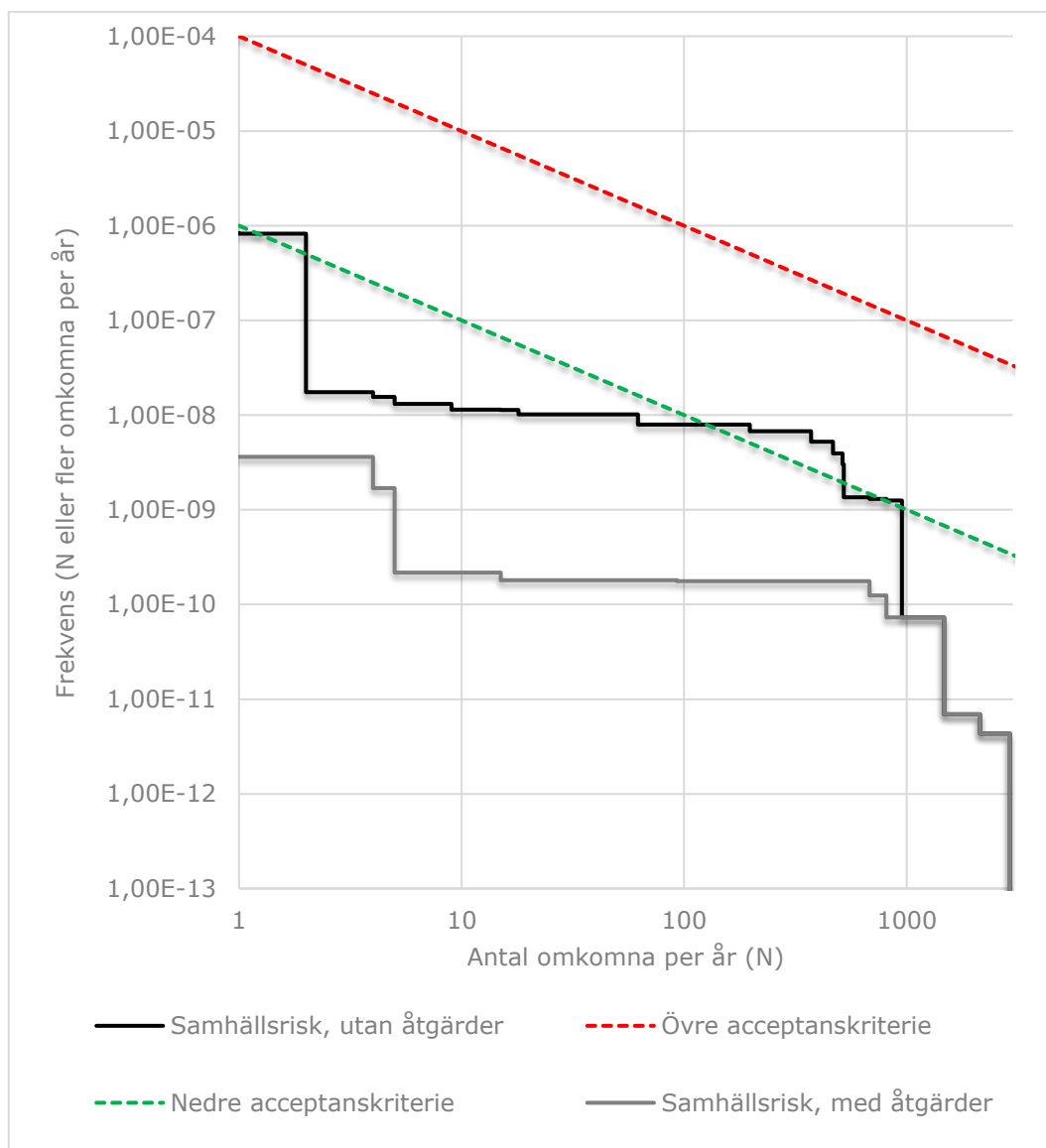
4.2 Samhällsriskenivå

De bostäder som planeras inom Breddens sydöstra del skyddas av de befintliga handelsverksamheterna av alla analyserade olyckor. De nytillkomna bostäderna kommer därför inte ingå i samhällsriskenivåberäkningen, utan skyddsavståndet från E4 (ca 160 meter) bedöms vara tillräckligt. Samhällsriskenivåberäkningen omfattar människor som befinner sig inom- och utomhus inom det gulmarkerade området i Figur 4.

För olyckor omfattande brandfarliga vätskor ger den största beräknade pölbranden konsekvensavstånd upp till 25 meter från E4. Inom detta avstånd är varken befintliga eller planerade byggnader placerade, och människor förväntas inte vistas inom detta område i någon större utsträckning. För två andra pölbränderna uppkommer konsekvensavstånd till max 16 meter där människor inte alls bedöms kunna vistas. Endast den största pölbranden kommer därför ingå i samhällsriskenivåberäkningen kopplade till olyckor omfattande klass 3.

Scenarion med att ett litet utsläpp av brandfarlig gas antänds och bildar en jetflamma beräknas ge konsekvenser som kan kopplas till dödsfall inom 11 meter från E4s väggkant. På grund av det korta konsekvensavståndet utgår även detta scenario i samhällsriskenivåberäkningen eftersom området inom 15 meter från väggkant antas vara befolkningsfritt.

Samhällsriskenivån för studerat område för jämförelseåret 2040 redovisas i Figur 12, både före och efter riskreducerande åtgärder. Åtgärderna presenteras närmare i avsnitt 5.



Figur 12. Samhällsrisk för bebyggelse inom studerat område. Samhällsrisken visas för jämförelseåret 2040.

Beräknad samhällsrisk utan åtgärder tangerar den lägre delen av ALARP-området vid 2 omkomna och kring ca 200-500 omkomna. Generellt kan sägas att scenarierna för de lägre dödstalen sker nattetid då färre personer befinner sig inom studerat område. Förklaringen bakom tangeringen av ALARP-området vid 2 omkomna är att scenariot med den största pölbranden på 200 m² har jämfört med de andra olyckorna en relativt sett hög frekvens. Detta på grund av att det är den vanligaste klassen farligt gods som transporteras förbi E4 i höjd med planområdet.

En hög mur som förhindrar gasmoln att nå studerat område, och till viss del ta upp energin från tryckvåg vid explosion av explosivämne eller i samband med gasmolnexplosion, bedöms kunna reducera samhällsrisk långt under den acceptabla nivån. En mur innebär också att värmestrålningseffekter från pölbränder inte påverkar studerat område.

Den eventuella gång- och cykelbron över E4 ingår inte i samhällsriskberäkningarna. Eftersom bron planeras över E4 på en minsta höjd om 5,2 meter kan den utsättas för flam- och strålningpåverkan även från de mindre pölbränder som undantagits i



RAPPORT

samhällsriskberäkningen för planerad bebyggelse öster om E4, särskilt om materialvalet är trä utan någon behandling. Beräknad flamhöjd på de tre pölbränder som medtagits är 9, 15 och 19 meter. Faktumet att bron är placerad över själva riskobjektet E4 bedöms således öka riskbidraget något. Samtidigt borde brons teoretiska persontäthet vara låg i jämförelse med de bebyggda delarna öster om E4, och därmed begränsa riskbidraget genom att främst höja samhällsriskkurvan vid de lägre N-talen, vilket gör det troligt att den då befinner sig inom ALARP-området. Bron förväntas vidare endast användas för transport från ena sidan E4 till andra och inte användas för stadigvarande vistelse.

Sammanfattningsvis bedöms samhällsrisk medtaget bron vara något högre än den samhällsrisk utan åtgärder som redovisas i Figur 12. Det påverkar dock inte slutsatserna för området i stort.

4.3 Osäkerheter

En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter i alla led. I allt från indata till den tidiga riskidentifieringen och till konsekvens- och frekvensberäkningar. Även själva beräkningsmodellerna, och deras avgränsningar, har också de i sig stora osäkerheter.

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är exempelvis vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Man kan i teorin hålla isär de olika typerna av osäkerhet och hantera osäkerheten explicit på ett sätt som gör att osäkerheten i slutresultatet kan redovisas samt vilka parametrar som påverkar slutresultatet mest. Detta är dock mycket arbetskrävande både rent metodmässigt, men också för att ännu mer information då krävs om hur stora osäkerheterna för indata och modellparametrar är. Information är i många fall väldigt svår att få tag i och därför kan det vara bättre ur ett kostnad-nytta perspektiv att hantera osäkerheten genom att genomgående ansätta konservativa värden. Detta ger ett kostnadseffektivt sätt att hantera osäkerheten i en utredningssituation, men har nackdelen att resultatet kan bli mycket konservativt, vilket istället kan göra de riskreducerande åtgärderna onödigt omfattande och dyra. Varje vald konservativ parameter fortplantas och gör resultatet än mer konservativt.

Metodiken är enligt praxis att osäkerheten i huvudsak hanteras genom användning av konservativa värden.

Några av de osäkerheter som i störst mån bedöms påverka det beräknade resultatet i form av individ- och samhällsrisk är:

- Förändring avseende ÅDT för normal och tung trafik från 2017 fram till 2040
- Förändring av farligt gods-transporter på E4 fram tills 2040
- Fördelning och klasser av farligt gods som används i beräkningarna baseras på en undersökning gjord under en månad år 2006
- Persontätheter inom analyserade planerade byggnader
- Stora osäkerheter på vid vilka tryck som byggnader kan anses kollapsa, vilket påverkar antalet omkomna vid analyserade scenarion



RAPPORT

- Stora osäkerheter för konsekvenser på personer inomhus vid gasmolnsbrand

För att hantera osäkerheten eller ovissheten kring dessa punkter har de antaganden som valts för att kunna hantera och slutligen genomföra en beräkning, förtydligas så långt som möjligt.

Som exempel på hur konservativa antaganden har använts i beräkningssystemen är bland annat att:

- Konsekvensavstånd antas från E4s väggkant istället för dess vägmitt, vilket får påverkan i att konsekvensavstånden blir något längre
- Alla transporter av brandfarlig vätska har antagits vara bensin, och inte diesel eller andra drivmedel med högre flampunkt.
- Ingen hänsyn har tagits till att byggnader har flera våningar och att inte samtliga våningar och människor på dessa behöver påverkas vid olika tryck/värmestrålning. Detta innebär att antalet dödsfall i samhällsriskens bedöms vara överskattat.
- Dödsfall i samhällsriskberäkningen har avrundats uppåt.

Sammanfattningsvis bedöms resultaten för denna analys som konservativa på grund av att de modeller som är praxis för skattning av frekvens för olycka är konservativa likväl de konsekvensmodeller som använts.

5 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

Vid framtagande av åtgärdsförslag har hänsyn tagits till riskbilden i området samt till Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för planläggning intill transportleder med farligt gods. Enligt riktlinjerna är det lämpligt med bostäder >75 meter från en farligt godsled utan att vidare skyddsåtgärder än skyddsavståndet krävs. De bostäder som planeras i ligger ca 160 meter från E4, och är även skyddade bakom befintliga byggnadskroppar. Inga skyddsåtgärder bedöms därför behövas avseende dessa byggnader. De åtgärder som rekommenderas är istället inriktade på de tre byggnadskroppar som avser inhysa kontor-, handel- och restaurangverksamhet, och som är placerade närmast E4 av alla de planerade byggnaderna inom Bredden, se Figur 4.

I nära anslutning till E4 är både den skalade och den oskalade individrisken inom ALARP-området. Detta avstånd omfattas dock av länsstyrelsens krav på bebyggelsefri yta 25 meter från väggkant på farligt godsled. Vid det avstånd där närmast planerad bebyggelse är belägen visar individriskberäkningarna att risknivån är acceptabel enligt de riskacceptkriterier som DNV föreslagit. Risknivån vid detta avstånd är inte heller inom ALARP-området där åtgärder krävs.

Beräkningarna av samhällsriskens visar att denna tangerar ALARP-områdets nedre del vid två olika intervaller, varför åtgärder bedöms vara erforderliga. De olyckstyper som gör att samhällsriskens tangerar ALARP-området vid höga dödstal är en fördröjd antändning av ett stort utsläpp av brandfarlig gas. Anledningen till att samhällsriskens tangerar ALARP-området för lägre dödstal är att frekvensen för att en stor pölbrand inträffar är relativt hög.

För att riskreducera dessa olyckstyper bedöms det mest lämpliga alternativet vara att åtgärda så nära riskkällan som möjligt. Eftersom ett förstärkt bullerskydd i nära anslutning till vägen kommer att krävas, bedöms det som lämpligt att detta förstärks för att förutom buller även reducera riskbilden för studerat område. Om bullerskärmen, tre meter hög, utförs i obrännbart material eller med en ytbeläggning som tål värmestrålning i åtminstone EI 30, bedöms konsekvenser avseende



RAPPORT

värmestrålning från jetflammar, pölbränder och utbredningen av gasmoln reduceras. En förstärkt bullerskärm bedöms också kunna ta upp viss del av tryckvåg från explosioner. Sammantaget bedöms samhällsrisken efter åtgärden vara långt under den acceptabla nivån, se Figur 12.

De scenarion som kvarstår utan skydd, men mot vars konsekvenser det bedöms som oskäligt dyrt att skydda sig i relation till deras mycket små beräknade sannolikheter är:

- Klass 1: 16 000 kg, brandspridning till ämne
- Klass 1: 16 000 kg, starka påkänningar på last
- Klass 2.1: Stort läckage, BLEVE

Denna riskutredning bygger på antagandet att ingen giftig gas transporteras på E4 förbi planområdet, eftersom denna klass av farligt gods inte är registrerad i den kartläggning som är gjord 2006. För att dock ta höjd för osäkerheter i detta underlag, dvs. att giftig gas ändå kan transporteras på vägen förbi planområdet, rekommenderas mindre kostsamma åtgärder. Den föreslagna muren kan förhindra att tunga gaser rör sig mot studerat område och den bebyggelse som ligger bakom. Det rekommenderas också att friskluftsintag på de närmast placerade byggnaderna intill E4 vänds bort från vägen, dvs. placeras på sidor av byggnaderna som inte vetter mot E4. Detta för att försvåra för att giftig gas når byggnaden likväl som brandgaser vid händelse av något brandscenario på E4. En annan åtgärd kopplad till giftig gas, likväl som de andra olyckstyperna, är att evakueringsvägar placeras så att utrymning kan ske bort från E4.

Sammanfattningsvis rekommenderas dessa åtgärder för att minska riskbilden inom det studerade området:

- Ett bebyggelsefritt skyddsavstånd på minst 25 meter från E4.
- En minst 3 meter hög (över vägbanan) skärm/mur utförs i obrännbart material eller med en ytbeläggning som tål värmestrålning i minst EI 30. Skärmen/muren kombinerar bullerreduktion med riskreduktion. Placering är lämplig så nära E4 som tekniskt möjligt. Murens längd ska vara minst ca 350 meter utifrån risksynpunkt med sträckning enligt Figur 14.
- Friskluftsintag på de till E4 närmast placerade handels-, kontors- och restaurang-byggnaderna riktas bort från E4.
- Byggnader utförs så att det är möjligt att utrymma bort från E4.

Avseende murens utformning redovisas den i Figur 13. Växligheten som täcker muren är brännbar men är inte att klassas som ett ytskikt. Muren i sig ska vara obrännbar eller ha ett ytskikt som tål värmestrålning i minst EI 30.



Figur 14. Gul markering innebär minsta möjliga sträckning av mur utifrån risksynpunkt, ca 350 meter. Illustrationsplan: 2019-02-22



RAPPORT

5.1 Riskförändring i och med planerad bebyggelse

5.1.1 Nuläge

Samtliga identifierade riskobjekt och riskkällor i avsnitt 3 är desamma för både befintlig och planerad bebyggelse inom planområdet. Därmed kan planområdets nuvarande riskbild, innan planerad bebyggelse tillkommer, sägas utgöras av ett riskbidrag från de primära farligt gods-transporterna på E4 samt de sekundära på del av Breddenvägen.

Befintliga byggnader inom planområdet (InfraCity) är uppförda under 70-, 80- och 90-talet, dvs. långt innan och utan hänsyn taget till Länsstyrelsen Stockholms riktlinjer för planläggning intill transportleder med farligt gods från 2016. Utifrån befintlig bebyggelse inom planområdet bedöms det främst vara handelsbyggnaderna i södra delen av området (se byggnad 59, 63 och 66 i Figur 4) som inte uppfyller rekommenderad markanvändning enligt nämnda riktlinjer. Dessa byggnader ligger som närmast ca 50-70 meter från vägkant på E4 och med entréer i riktning mot denna, där rekommenderad markanvändning för detaljhandel istället är < 75 meter från vägkant på primär farligt godsled. Området mellan dessa byggnader och E4 utgörs av ytparkering vars placering dock stämmer överens med lämplig markanvändning enligt riktlinjerna. Några riskreducerande vägnära åtgärder som kan minska riskbilden mot dessa byggnader finns i dagsläget inte intill E4. E4 går även i ett något högre höjdläge än jämfört med bebyggelsen i planområdets sydvästra delar, vilket teoretiskt ökar sannolikheten för att ett avåkande fordon i sig själv eller konsekvenser kopplat till farligt gods då kan nå längre in i planområdet, än om vägen gått i ett relativt lägre höjdläge. Det farligt godsolyckor som berörs är främst om utsläpp av giftig gas och utsläpp samt antändning av brandfarlig gas.

Ingen samhällsrisikberäkning har genomförts avseende personer inom och utanför befintlig bebyggelse, vilket gör det svårt att bedöma om samhällsrisiken för planområdet är acceptabel i dagsläget. För att kunna säga något om riskbilden för befintlig bebyggelse inom planområdet bedöms därför den beräknade individrisken vara en lämpligare utgångspunkt. I den beräknade individrisken som redogör för år 2040 antas ett högre trafikflöde än vad som är uppmätt i dagsläget, dvs. risknivån är då teoretiskt något högre. Om den totala mängden trafik varieras med en faktor 100 påverkas olycksfrekvensen dock med ungefär en hundradel, dvs. trafikprognosens påverkan på olycksfrekvensen kan sägas vara försumbar i den olycksmodell som används i denna utredning. Den beräknade individrisken för år 2040 är under det acceptabla kriteriet efter 25 meter från vägkant utan att några riskreducerande åtgärder antas. Inom 25 till 50 meter utgörs markanvändningen intill byggnad 59, 63 och 66 vidare av ytparkering som kan likställas med icke-stadig vistelse för personer, vilket är positivt sett ur riskperspektiv.

Närmast den del av Breddenvägen som är utpekad som sekundär farligt godsled utgörs befintlig bebyggelse främst av ytparkering, dvs. låg personbelastning vilket är positivt ur riskperspektiv. Här är även hastigheterna lägre och i relation till riskbidraget från E4 bedöms de eventuella bidragen från Breddenvägen att vara försumbara.

Sammantaget bedöms det därför som att riskbilden för befintlig bebyggelse är relativt låg och acceptabel.

5.1.2 Efter planerad bebyggelse

Inga riskobjekt bedöms tillkomma till jämförelseåret 2040. Detta förutsätter i princip att drivmedelstationer eller industrier som handhar farliga ämnen etablerar sig i



RAPPORT

närheten av planområdet, vilket bedöms som osannolikt. Innan en sådan etablering kan göras krävs då oftast ett miljötillstånd som ska beröra anläggningens riskhantering. För drivmedelstationer gäller att dessa byggs efter en etablerad standard som innebär att riskreducering sker så att påverkan på tredje man minimeras.

Den planerade bebyggelsen ökar rent teoretiskt persontätheten inom planområdet. Avseende bostadsbebyggelsen är denna dock placerad på ett sådant avstånd från riskobjekten, och vidare placerad i skydd bakom befintlig bebyggelse, samt i enlighet med länsstyrelsens riktlinjer att det tillkommande riskbidraget bedöms vara försumbart.

Den tillkommande bebyggelse som främst påverkar riskbilden för planområdet i jämförelse med befintlig riskbild (och bebyggelse), är de byggnader som planeras närmast E4. Dessa byggnader planeras att placeras något närmare E4 än befintlig bebyggelse. Dock kommer riskreducerande åtgärder att vidtas som innebär att den beräknade individrisken 25 meter från väggkant i höjd med planerad bebyggelse närmast E4 blir acceptabel. Även den beräknade samhällsrisk för tillkommande bebyggelse blir också acceptabel. Ett exempel på en riskreducerande åtgärd som påverkar båda dessa risknivåer är en skyddsmur vars placering även minskar riskbidraget till den befintliga byggnad 59 (se Figur 14), som då alltså får en riskreducering i jämförelse med dagens riskbild.

Eventuella framtida förändringar som kan påverka riskbilden för planområdet i, och som inte beror av planerad bebyggelse, handlar främst om vilka typer och mängder av transporter av farligt gods som kommer att transporteras samt om fordonens teknikutveckling.

Ett framtida minskat beroende av fossila bränslen till fordon kan exempelvis innebära att transporter av brandfarliga vätskor, som i dagsläget är den vanligaste förekommande farligt godsklassen, kommer att minska i samhället generellt framöver, och då även förbi planområdet. Om inte bensin och diesel då ersätts av något annat förnyelsebart drivmedel med högre eller likartade konsekvensavstånd vid olyckor, kan därmed riskerna från värmestrålning kopplat till klass 3 antas minska i framtiden, och kanske även till år 2040.

Teknikutvecklingen torde också leda till en minskad olycksfrekvens generellt då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som minskar risken för olyckor. Exempel på detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppsatligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har dock inte beaktats, men det bedöms generellt som att olycksfrekvensen vid år 2040 jämfört med dagsläget torde vara mindre på grund av teknikutvecklingen av lastbilar fram till dess i kombination med utfasningen av äldre lastbilsmodeller.

Sammantaget bedöms alltså individrisknivån minska för planområdet efter planerad bebyggelse jämfört med dagens situation. Detta gäller dock endast för tillkommande bebyggelse som antingen är placerade på ett stort avstånd från riskobjekten E4 och del av Breddenvägen som är farligt godsled, och/eller även får en riskreducerande effekt av skyddsmuren invid E4. Av den befintliga bebyggelsen är det endast byggnad 59 (se Figur 14), som får en lägre individrisk jämfört med dagens situation eftersom skyddsmuren kommer att få en riskreducerande effekt även för denna.

Om samhällsrisk inom planområdet kan sägas att denna rent teoretiskt kommer att öka något efter utbyggnaden av planerad bebyggelse. Detta eftersom stora ytor inom planområdet som idag oexploaterade kommer att exploateras, och därmed kommer



RAPPORT

persontätheten inom planområdet att öka. Dvs. detta resonemang gäller alltid vid exploatering.

Huruvida om den totala samhällsriskerna inom planområdet efter planerad bebyggelse år 2040 kommer att bli acceptabel eller ej enligt samhällsriskkriterierna går ej säkert att uttala sig om. Detta eftersom befintlig bebyggelse inte är medtagen i den beräknade samhällsriskerna för år 2040. Vidare finns ingen kunskap avseende om förändringar av befintlig bebyggelse (främst byggnad 59, 63 och 66) kommer att göras till jämförelseåret, som i sin tur kan leda till förändrad riskbild, exempelvis genom förtätning och/eller fasadnära riskreducerande åtgärder.

Det tillkommande samhällsriskbidraget avseende planerad bebyggelse kommer dock att långt understiga det acceptabla samhällsriskkriteriet sett enbart till sig själv. Som helhet kan därmed sägas att samhällsriskerna för befintlig bebyggelse efter utbyggnaden – allt annat lika – kommer att bli något lägre än i dagsläget eftersom byggnad 59 (se Figur 14) kommer att få en riskreducering i och med skyddsmuren som uppförs i och med planerad bebyggelse.

Sammanfattningsvis görs bedömningen att det kan anses som lämpligt att uppföra ny byggnad med hänsyn tagen till människors hälsa och säkerhet.

5.2 Slutsats

Individ- och samhällsberäkningarna visar att risknivån för bebyggelse inom studerat område är långt under DNVs kriterier för acceptabel risk, förutsatt att föreslagna åtgärder genomförs. Samhällsriskerna utan skyddsåtgärder tangerar precis den lägre delen av ALARP-området inom två intervall. De skyddsåtgärder som föreslås bör kunna genomföras till en rimlig kostnad i förhållande till den riskreduktion de ger upphov till.

De beräknade risknivåerna har tagit hänsyn till riskbidraget från E4. Ett eventuellt riskbidrag från den del av Breddenvägen (ca 200 m) som ansluter till Bergkällavägen, som är sekundär transportled för farligt gods, bedöms vara försumbart i jämförelse och har inte analyserats vidare. Närmaste avstånd från Breddenvägen/Bergkällavägen till ny planerad bebyggelse är vidare över ca 60 meter, där endast skyddsavståndet bedöms vara en tillräcklig åtgärd.

Det resonemang som förts om risknivån avseende gång- och cykelbron indikerar preliminärt att samhällsrisknivån, men framförallt individrisknivån, bedöms vara inom ALARP-området, dvs. där rimliga skyddsåtgärder ska beaktas. I händelse av att den planerade gång-/cykelbro anläggs över E4 inom planområdet, rekommenderas därför att bron utredes ytterligare i ett senare skede och att behov av eventuella skyddsåtgärder införs baserat på kvalitativa resonemang och/eller resultat utifrån en kostnad/nytta-analys. Ur det riskperspektiv som denna rapport utgår från bedöms det sammanfattningsvis som lämpligt att byggnation ska kunna ske enligt planförslaget, förutsatt att de rekommenderade åtgärderna genomförs och att inte riskbilderna med avseende på riskkällor och -objekt nära studerat område förändras väsentligt.



RAPPORT

6 Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, 2006.
- [2] SFS 2010:900, "Plan- och bygglagen," Utfärdad 2010-07-01, uppdaterad till och med SFS 2016:252 .
- [3] SFS 1998:808, "Miljöbalken," Utfärdad 1998-06-11, uppdaterad till och med SFS 2016:341.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Fakta 2016:4. Publiceringsdatum 2016-04-11, 2016.
- [5] Upplands Väsby kommun, "Väsby stad 2040. Ny översiktsplan för Upplands Väsby kommun - samrådsversion," 2016.
- [6] "Värdering av Risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [7] Structor Uppsala AB, "PM-Broutredning Bredden Infra city. Bredden Handel och bostäder, detaljplanearbete, Upplands Väsby kommun.," 2017-01-13. Rev. 2017-02-03. Preliminär handling. , 2017.
- [8] Länsstyrelsen Stockholms län, "WebbGIS," 2017.
- [9] Trafikverket, "Nationell vägdatatabas (NVDB) på webb," 2017. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 19 01 2017].
- [10] MSBSF 2015:2, "RID-S 2015: Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg," Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB).
- [11] "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [12] Trafikverket, "NVDB (Nationell vägdatatabas) på webb," 2017.
- [13] Trafikverket, "Säkra transporter av farligt gods," 2014.
- [14] Trafikanalys, "Möjligheter att kartlägga flöden av farligt gods i Sverige - en förstudie. PM 2015:3," 2015.
- [15] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015," Statistisk 2016:27, 2016.
- [16] "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.
- [17] SMHI, "Öppna data," 2017. [Online].



RAPPORT

- [18] "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [19] HMSO, *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.*, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [20] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [21] HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," London. Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [22] Energigas Sverige, *Gasol*, 2008.
- [23] EPA & NOAA, ALOHA, Version 5.4.7. Office of Emergency Management (EPA) & Emergency Response Division, (NOAA), 2016.
- [24] "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [25] IChemE, "Lees' Loss Prevention in the Process Industries. Hazard identification, assessment and control," Volume 2. Forth Edition. , 2012.
- [26] SS-EN 1473:2007, "Installation och utrustning för flytande naturgas - Konstruktion av pålandsinstallationer".
- [27] AIChE/CCPS, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis - Second Edition, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2000.
- [28] S. Mannan, Lees' Loss Prevention in the Process Industries - Hazard Identification, Assessment and Control, Forth edition: Butterworth-Heinemann Ltd, 2012.
- [29] Eisenberg et al, "Vulnerability Model - A Simulation System for Assessing Damage Resulting from Maringe Spills," National Technical Information Service, Department of Transportation, U.S.Coast Guard, 1975.
- [30] K. Mudan, "Thermal Radiation Hazards from Hydrocarbon Pool Fires," *Proc Energy Combust Sci*, pp. 165-79, 1985.
- [31] Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd, BBR, "BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2016:13," Beslutad: den 19 april 2011. Ändrad: t.o.m. BFS 2016:13 - BBR 24. Omtryck: BFS 2011:26 och BFS 2014:3. Rättelseblad i BFS 2014:3 har iakttagits., 2016.
- [32] TNO, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005.



RAPPORT

Bilaga A – Frekvensberäkningar

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för de händelser som tidigare definierats och identifierats för godstrafik och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar omgivningen.

Metod

För varje scenario som bedöms utgöra en risk för studerat område, görs i denna bilaga frekvensberäkningar med hjälp av händelseträdsmetodik. Detta är en väl etablerad delmetod i riskanalyser för att kunna beräkna slutfrekvensen för ett antal olika händelsekedjor. Trädens grenar, det vill säga de olika möjliga händelsekedjorna, samt de olika grenarnas inbördes sannolikheter, bestäms av litteraturstudier och erfarenhet.

Händelseträd är svåra att få överskådliga i rapportformat då de ofta och snabbt blir stora och tar mycket plats, vilket gör de svårlästa när de trycks ihop i en rapport. Utifrån uppbyggda händelseträd beskrivs istället de händelsekedjor som leder fram till vådahändelser med risk för de skyddsvärda objekten i ord.

Frekvensskalning individrisk

För beräkningen av individrisk skalas frekvensen för de olika skadescenarierna i ett sista steg med scenariots konsekvensbredds (beräknat i Bilaga B) relation till studerad sträcka längs studerat område. Detta innebär att exempelvis en pölbrand med mindre konsekvensavstånd än studerad sträcka får en minskad frekvens (och minskad påverkan på individrisken) och omvänt för scenarion med konsekvensavstånd som är större än studerad sträcka.

Väderdata

Närmsta väderstation i förhållande till studerade skyddsvärda objekt är Arlanda. Data för vind och temperatur har därför tagits från SHMI:s mätstation i Arlanda flygplats ("Arlanda") under åren 2011-2015.

Vindstyrka

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningen. Spridningen från en olycka blir värre i olyckans närhet om lägre värde används. I Figur 15 visas fördelningen av vindstyrka mellan 2011-2015. Medelvärde under denna period var 3,3 m/s. Vindstilla förhållanden råder ca 5 % under året, se Figur 15.

I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind, 4,0 m/s för normal vind samt 6 m/s för stark vind. Sannolikheten för de tre fallen ansätts till sannolikheter enligt Figur 15, med omskalning för att ta bort fördelningen av lugnt väder, och vindar över >9 m/s :

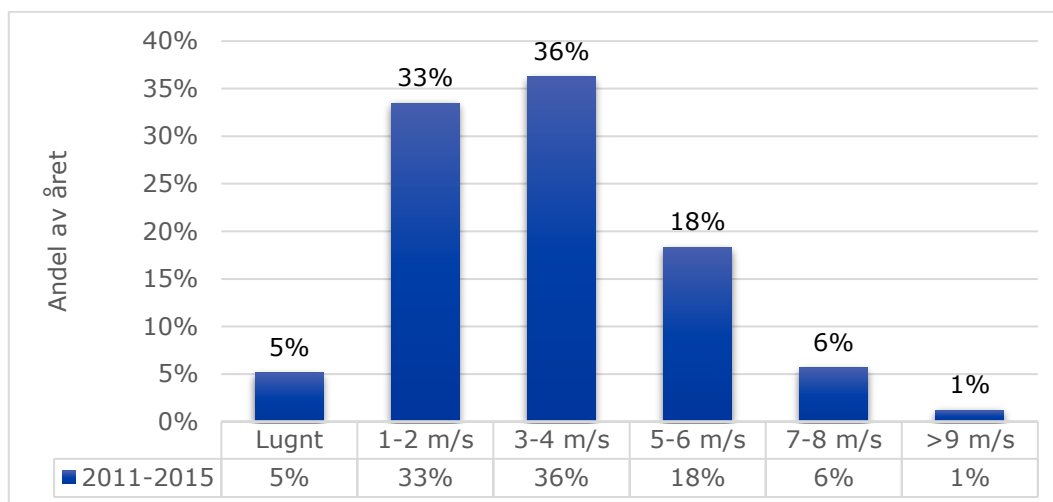
$$S_{\text{svag vind}} = 0,35$$

$$S_{\text{normal vind}} = 0,38$$

$$S_{\text{stark vind}} = 0,27$$



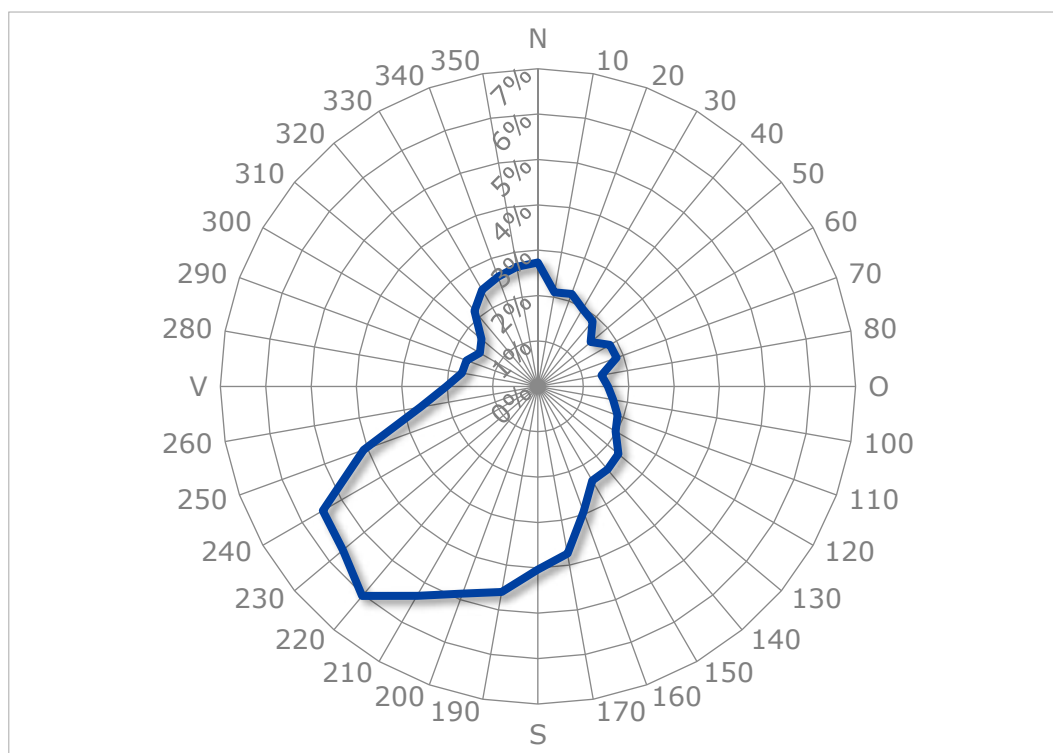
RAPPORT



Figur 15. Vindhastighet under 2011-5 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation i Arlanda. Medelvindhastighet 3,3 m/s. [17] © SMHI 2017

Vindriktning

Förhärskande vindriktningar är sydliga till västliga vilket sker ca 42 % av tiden det blåser > 1 m/s, se Figur 16. Vindriktningen anges alltid i det väderstreck som det blåser från. Avseende vindmätningar är dessa baserade på medelvärden under tio minuter tagna en gång per timme under hela dygnet på en höjd av 10 meter. Endast godkända och kontrollerade mätvärden används, vilket innebär mätvärden för var tredje timme per dag.



Figur 16 Vindfördelning för 2011-15 uppmätt på SMHI:s väderstation i Arlanda. 42 % av tiden är vindarna sydliga till västliga då det blåser > 1 m/s. [17] © SMHI 2017.



RAPPORT

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig gas och vid gasmoln av brännbara vätskor. Vid vindriktning bort från området bedöms ej personer som vistas på området kunna omkomma.

Följande vinddata har uppmätts för Arlanda (%) [17]:

	N-V	N-O	S-O	S-V
Arlanda	19	17	22	42

Observera att värdena anger varifrån vinden kommer (vindens riktning).

Studerat område är placerat öster om E4. Det blåser alltså mot studerat område vid vindriktning från N-V och S-V. Detta motsvarar 61 % av tiden då det blåser.

Detta ger följande sannolikheter för vindriktning mot respektive bort från studerat område:

$$S_{\text{mot området}} = 0,61$$

$$S_{\text{från området}} = 0,39$$

Stabilitetsklass

Beräkningsmodellen använder sig av Pasquilles stabilitetsklasser.

I beräkningarna har de två stabilitetsklasser som är vanligast i området använts. Stabilitetsklass D som sannolikt uppkommer vid vindhastigheter över 3 m/s bedöms vara den vanligaste stabilitetsklassen i området under både dag- och nattetid. Stabilitetsklass F är också möjlig men denna förutsätter vindhastigheter under 2 m/s.

A1 – Inledande olycka på E4

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" [18] ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farlig godsolycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning. Med hjälp av beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt godsolyckor (se nedan).

Först måste ÅDT för studerad väg anges, se avsnitt 3.2.2. Sen anges den del av vägen som bedöms kunna drabba studerat område (vilket ska vara 1 kilometer enligt riktlinjerna från Stockholms länsstyrelse [4]). Därefter sker beräkning enligt:

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år =

$$O \times ((X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - X^2))$$

Där:

O = Antal förväntade fordonsolyckor per år (Olyckskvot x Totalt trafikarbete per år x



RAPPORT

10^{-6})

Olyckskvot enligt beräkningsmatris för VTI-modellen

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (enligt beräkningsmatris för VTI-modellen)

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods per år

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år multipliceras sedan med ett index ur beräkningsmatrisen för VTI-modellen och därmed fås antalet förväntade farligt gods-olyckor per år.

A1.1 Frekvens för Olycka på E4

Planområdet angränsar till E4 i ca 700 meter se Figur 4. Enligt Stockholms länsstyrelsens riktlinjer skall dock en sträcka på 1 kilometer användas [4]. E4 utgörs av motorväg med hastighetsgräns 100 km/h i en miljö som kan anses som tätort snarare än landsbygd. Denna kombination av omständigheter finns inte med som alternativ i VTI-modellen. E4 kommer därför att beräknas som medelvärdet av motorväg med 110 km/h i landsbygd och motorväg med 70 km/h i tätort.

E4 har två körfält förbi planområdet. Konsekvenser kopplade till explosivämnen och brandfarlig gas bedöms konservativt kunna påverka studerat område oavsett om en olycka sker i det körfält som är längst ifrån studerat område (med södergående trafik). Att en olycka med brandfarlig vätska i körfältet med södergående trafik, längst åt väster sett från studerat område, innebär konsekvenser även för området bedöms som mycket osannolikt, och kommer därför inte att beaktas.

ÅDT för båda körfälten kommer således att användas för olyckor med explosivämnen och brandfarlig gas och ÅDT för norrgående trafik kommer att användas för olyckor med brandfarliga vätskor.

ÅDT kommer vidare räknas upp med 1 % per år från angivna siffror avseende 2016 till jämförelseåret 2040.

Beräkningsresultatet redovisas i Tabell 4. Värden i fet stil innebär beräknade värden.

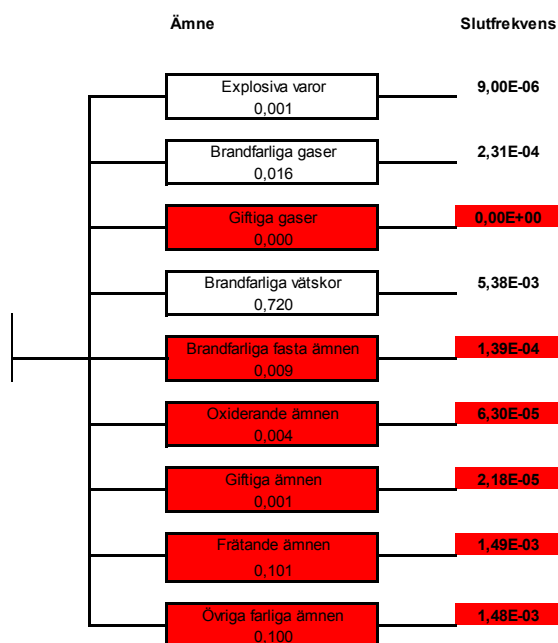
RAPPORT



Tabell 4. Beräknat antal förväntade farligt gods-olyckor per år på E4 i höjd med studerat område

E4	Båda körfälten		Norrgående trafik	
	Landsbygd	Tätort	Landsbygd	Tätort
ÅDT:	96513	96513	47818	47818
Studerad vägsträcka (km)	1,0	1,0	1,0	1,0
Förväntad fordonskilometer per år:	35227074	35227074	17453646	17453646
Olyckskvot:	0,26	0,6	0,26	0,6
Antal förväntade godsolyckor per år (O):	9,16	21,13	4,53	10,47
Andelen transporter skyltade med farligt gods (X):	0,00293	0,00293	0,003	0,003
Andelen singelolyckor på vägdelen (Y):	0,6	0,3	0,6	0,3
Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år:	$3,75 \times 10^{-2}$	$1,05 \times 10^{-1}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$5,33 \times 10^{-2}$
Index för farligt godsolycka enligt matris	0,42	0,13	0,42	0,13
Antal farligt godsolyckor per år:	$1,58 \times 10^{-2}$	$1,37 \times 10^{-2}$	$8,00 \times 10^{-3}$	$6,93 \times 10^{-3}$
En trafikolycka med ett fordon som transporterar farligt gods med betydande påverkan sker vart	63:e år	73:e år	125:e år	144:e år
Snitt antal farligt godsolyckor per år:	$1,47 \times 10^{-2}$		$7,47 \times 10^{-3}$	
Snitt: En trafikolycka med ett fordon som transporterar farligt gods med betydande påverkan sker vart	68:e år		134:e år	

Detta ger händelseträdet för olyckstyper enligt Figur 17.



Figur 17. Händelsesträd för E4 med frekvenser av olyckstyper av farligt godsolyckor. Rödmarkerade boxar är ämnen som inte analyseras vidare.

A1.2 Inledande olycka på E4 med farligt gods för respektive klass

De ADR-klasser som studeras vidare avseende giltig del av E4 är ADR-klass 1, 2.1 och 3.

Tabell 5. ADR-klasser som studeras vidare med beräknade olycksfrekvenser.

Väg	ADR-klass	Andel	Inledande frekvens för olycka efter 2040
E4	ADR-klass 1, Explosiva ämnen	0,1 %	$9,00 \times 10^{-6}$ per år.
	ADR-klass 2.1, Brandfarliga gaser:	1,6 %	$2,31 \times 10^{-4}$ per år.
	ADR-klass 3, Brandfarliga vätskor:	72 %	$5,38 \times 10^{-3}$ per år.



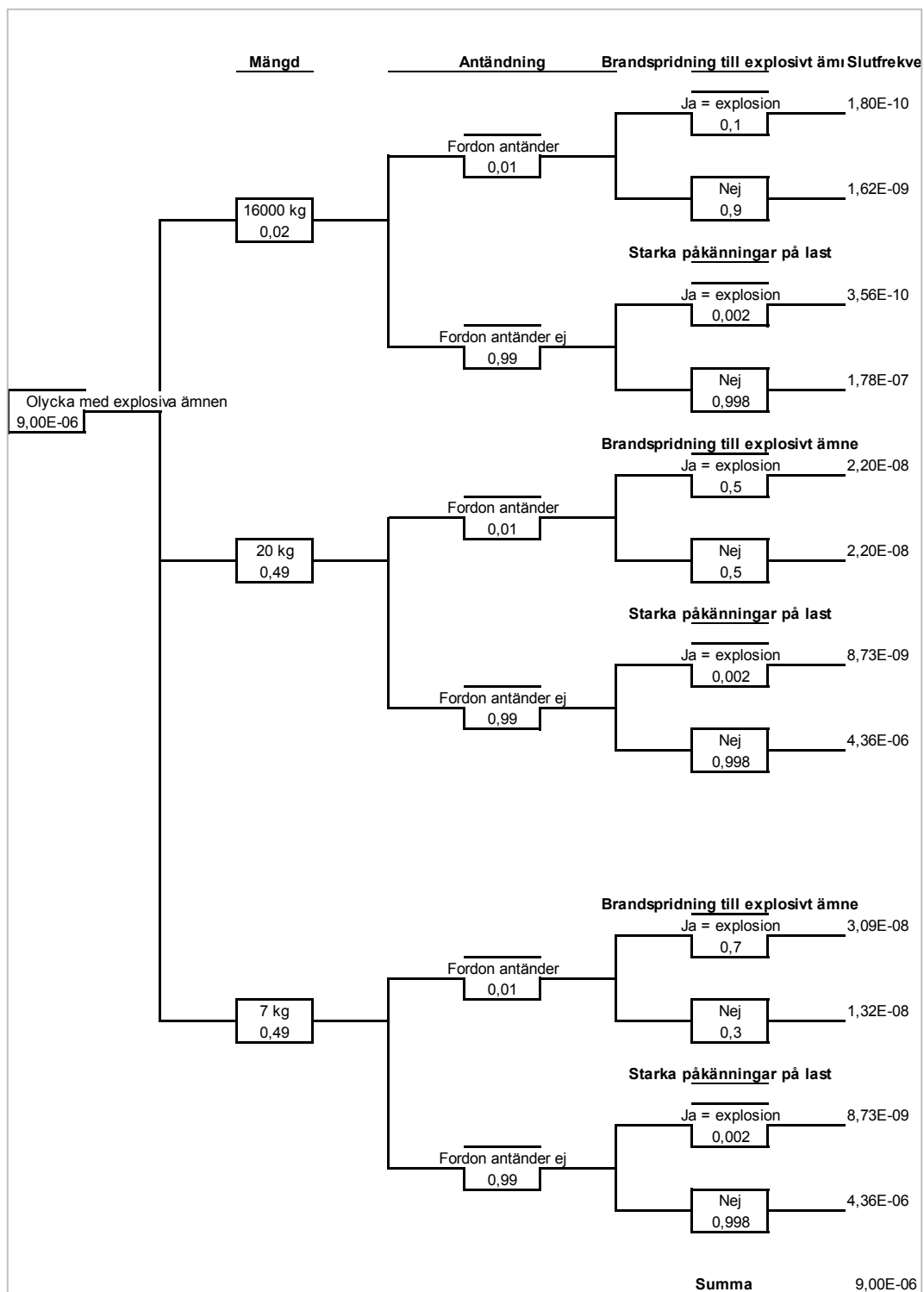
A2 - Olycka med ämnen eller föremål med risk för massexplosion på E4 (Klass 1)



Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1 transporteras, vilket ger olika scenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Olyckan som sker delas upp i 16 000 kg klass 1.1b respektive 6,25 och 18,75 kg klass 1.1a, som konservativt får representera hela klass 1 enligt resonemangen i avsnitt 3.3.1. Statistikunderlaget för klass 1 är begränsat och är inte uppdelat i respektive underkategori. Men för analysen antas grovt att cirka 2 % av antal transporter har den maximala mängden 16 ton. Resterande mängd antas vara uppdelat på lika andelar 6,25 kg (avrundad till 7 kg) och 18,75kg (avrundat till 20 kg) massexplosiva ämnen i klass 1.1a.

Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för mycket kraftig stöt vid en kollision. Dock krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s för att initiera en reaktion. HMSO [19] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Denna sannolikhet används konservativt i beräkningarna. Sannolikheten att en brand i fordonet sprider sig till lasten beror av fordonsklass. Den högsta transporterade mängden förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas en brand sprida sig till fordonet i 10 % av fallen för den maximala mängden 16 ton, och 50 % av fallen för 20 kg och 70 % av fallen för 7 kg, vilket i praktiken är mycket konservativt.

Händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen som ligger till grund för frekvensberäkningar avseende individrisken presenteras i Figur 18. För beräkning av samhällsrisk antas vidare att sannolikheten att lastbilen med explosivämnen befinner sig på sådant avstånd så att byggnad 1, 2 och 3 (i Figur 25) kan påverkas av tryckvåg är 0,6.



Figur 18. Händelsetråd för olycka med explosiva ämnen på E4



RAPPORT

A3 - Olycka med brandfarlig gas (propan/gasol) på E4 (Klass 2.1)



Läckage av propan

Det faktum att en transport lastad med farligt gods är inblandad i en olycka medför inte automatiskt farligt gods-olycka. I de flesta fall hålls tanken intakt utan läckage. Tryckkondenserade gaser transporteras i tjockväggiga tryckkärl vilka inte skadas i samma utsträckning som tunnväggiga kärl (jämför brandfarlig vätska). Förutom tankens konstruktion är även miljön där olyckan sker viktig. Längs studerad del av E4 förekommer få utstickande objekt eller andra objekt i terrängen som bedöms kunna skada tanken så att läckage uppstår. Sannolikheten för läckage av propan i samband med olycka ansätts därför till 0,01.

$$S_{\text{Läckage propan}} = 0,01$$

Storlek på läcka

Vid en olycka med efterföljande läckage är storleken på läckaget avgörande för konsekvenserna. I aktuellt fall antas ett litet läckage (< 1 cm diameter) samt ett större läckage (> 3 cm diameter) enligt följande. De enskilda händelserna nedan reduceras med följande faktorer beroende på läckagestorlek.

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,95$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,05$$

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma.

Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och kan ansättas till följande [20]:

$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

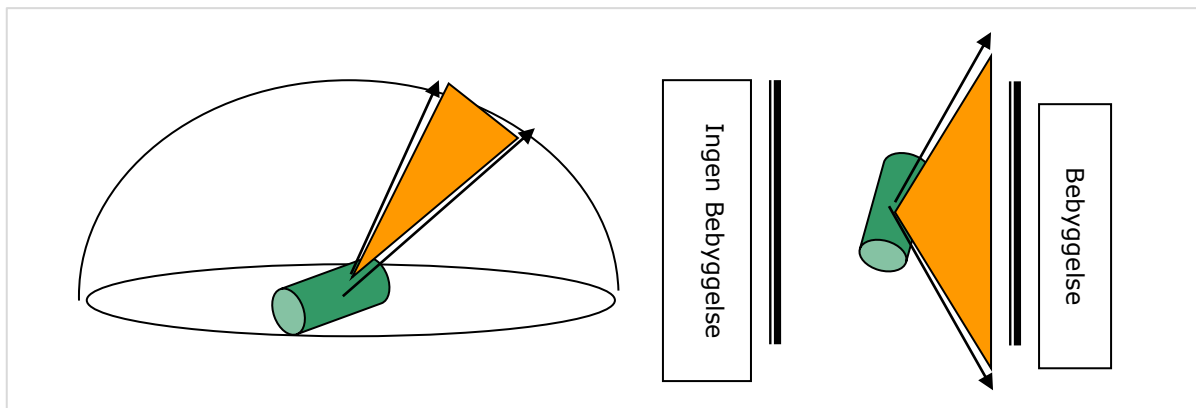
$$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$$

Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både på den vertikala och den horisontella riktningen. Vid en olycka bedöms sannolikheten vara störst för en skada på tankens nedre delar och således sker läckaget i riktning nedåt eller åt sidan. Detta påverkar även jetflammans riktning. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad mot studerat område antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), se Figur 19. Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovansida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot studerat område kan således beskrivas som:



$$S_{\text{jetbrand mot skyddsvärda objektet}} = 20/360 * 135/360 * 0,5 = 0,0104$$



Figur 19. Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en *gasmolnsbrand* med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage [20] men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Om förhållandena är tillräckliga för att ge explosion blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

$$S_{\text{sen antändning litet läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{sen antändning stort läckage}} = 0,5$$

För att gasmolnsbranden eller explosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot studerat område. Detta antas ske när vindriktningen är mot området, vilket har beskrivits i avsnittet ovan. Sannolikheten för att spridning skall ske mot resp. från studerat område blir således:

$$S_{\text{spridning mot skyddsvärda objektet}} = 0,61$$

$$S_{\text{spridning bort från skyddsvärda objektet}} = 0,39$$

BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand under en längre tid. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse skall kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd större läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska. Detta kräver i princip en transport med gasol i flera tankar samt direkt antändning av ett läckage i ena tanken (jetbrand). Dessutom krävs att jetflamman ligger an mot den andra tanken. En jetflamma vid litet



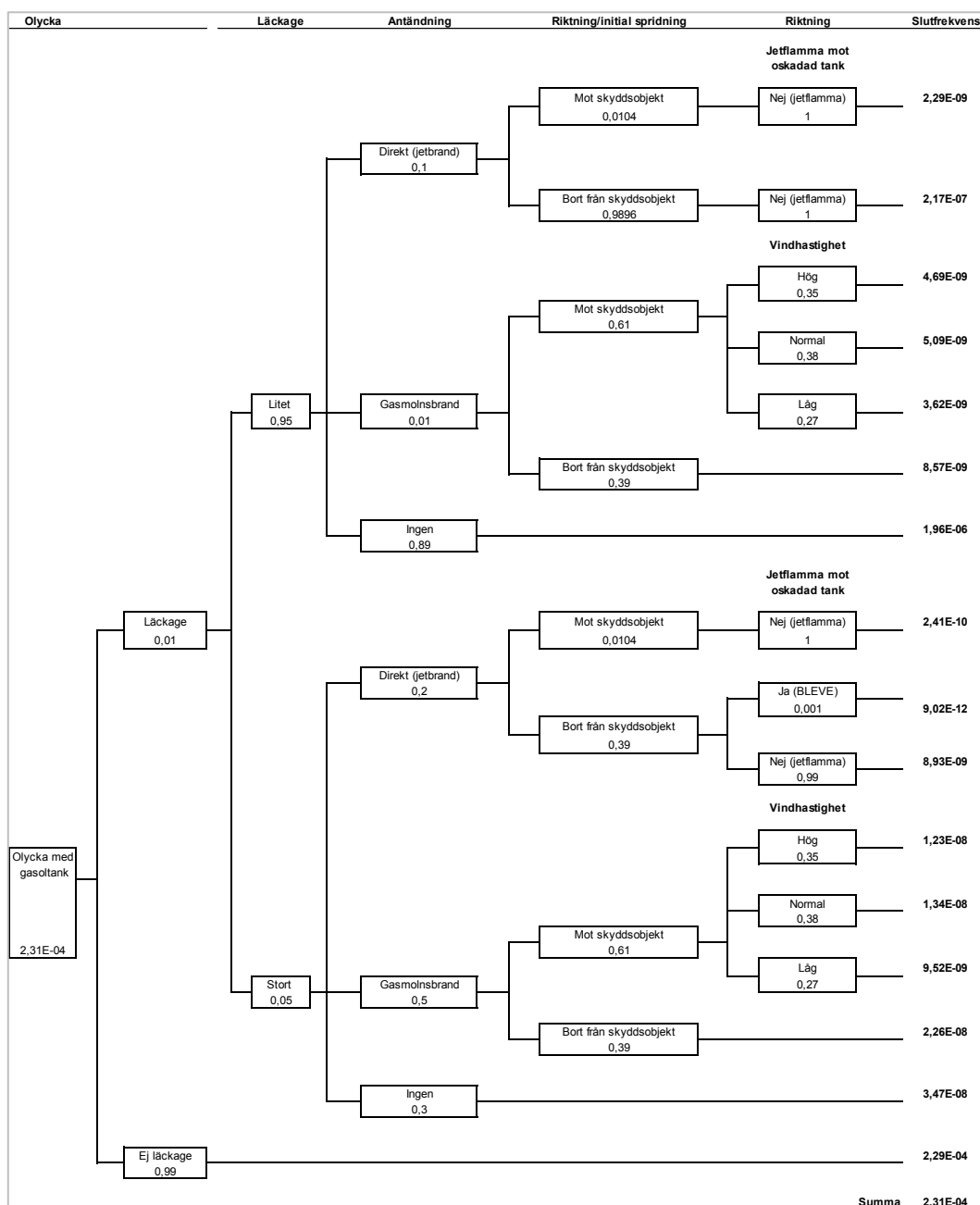
RAPPORT

läckage antas inte ge upphov till BLEVE. Vid risk för BLEVE på vägar bedöms möjligheterna goda att evakuera närområdet då det tar anseelig tid att hetta upp en tank. Detta beaktas dock inte vilket är mycket konservativt.

Fallet med en jetbrand med riktning mot bebyggelsen enligt ovan anses inte kunna leda till BLEVE utan endast de fall där jetflaman strålar mot en annan tank. Konservativt antas sannolikheten att en annan tank påverkas av jetflamma till:

$$S_{BLEVE} = 0,001$$

Med dessa antagna sannolikheter kan händelseträdet med slutfrekvenser konstrueras, se Figur 20.



Figur 20. Händelseträdet med frekvenser för olycksförlopp där lastbil med brandfarlig gas är inblandad på E4



A4 - Olycka med brandfarliga vätskor på E4 (Klass 3)



Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker kan med viss konservatism ansättas till 0,05 [11]. Det antas ett fack i tankbilen (4-5 m³) töms vid olyckan och medverkar i brandförloppet.

I värderingen av sannolikheter tas även hänsyn till att pölens storlek beror på ytorna i området.

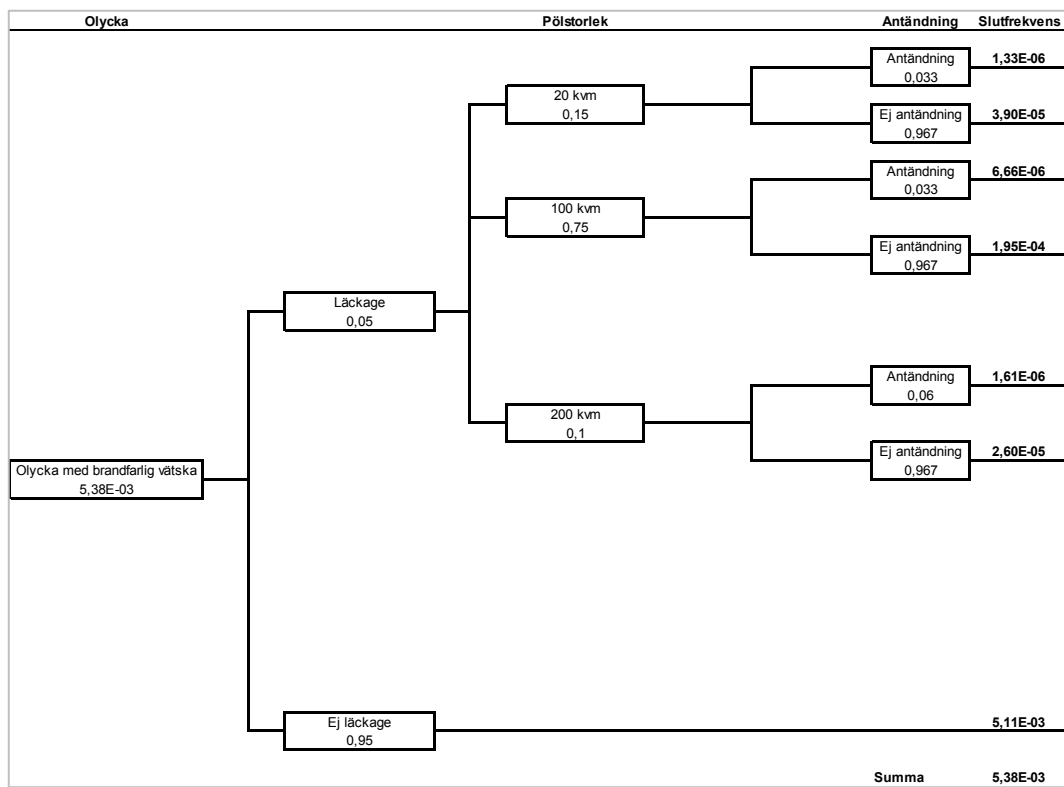
Underlaget på vägarna är asfalt vilket kan medföra större risk för större pölbränder. Även lutningen på vägen spelar stor roll för om en pöl bildas eller om utsläppet rinner mer som i en rännil.

För E4 är vägbredden ca 20 meter och går i något högre höjd än omgivningen och har slänter med vegetation mot Bredden/InfraCity. Om utsläppet når slänterna med vegetation sprids inte pölen på samma sätt som om underlaget vore asfalt. På grund av detta och vägbredden antas för E4 pölstorlekar om 20 m², 100 m² och 200 m². Fördelningen mellan pölstorlekarna givet läckage sätts till 0,15, 0,75 och 0,1 för liten, mellanstor respektive stor pöl.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas att all brandfarlig vätska utgörs av, eller antänds lika lätt som, bensin. Vid ett momentant eller större utsläpp är risken stor att ingen åtgärd hinner vidtas innan bensinen antänds. Sannolikheten för antändning ansätts till 0,033. [21]

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 21.

RAPPORT



Figur 21. Händelseträäd vid olycka med brandfarlig vätska på E4



RAPPORT

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

Gasol (LPG/propan) har valts som exempel på en kondenserad brandfarlig gas eftersom detta är den vanligaste transporterade typen av denna ADR-klass. Gasol transporteras med lastbil (8-32 ton) i Sverige. I kommande beräkningar har en lastbil med 25 ton gasol antagits. [22]

Bensin har valts som exempel på en brandfarlig vätska för ett konservativt antagande eftersom bensinbränder generellt ger högre värmestrålning jämfört med andra drivmedel, såsom exempelvis diesel.

Respektive scenario avseende brandfarlig gas kommer att beräknas med simuleringsprogrammet ALOHA. ALOHA är en simuleringsprogramvara utgiven av amerikanska EPA (United States Environment Protection Agency). [23] Scenarion avseende explosiva ämnen och brandfarliga vätskor kommer att handberäknas.

Konsekvensberäkningarna tar inte hänsyn till avskärmade effekt av omgivning eller byggnader om inget annat anges.

Bedömningskriterier

Tryck

Människor som exponeras för en explosion utsätts för en tryckhöjning som är skadlig över vissa gränsvärden. Konsekvenserna av explosioner representeras av resulterande tryckhöjning och den effekt den har på personerna i studerat område.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och andra inre organ och dödliga skador kan uppkomma. I Tabell 6 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus [24].

Tabell 6. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1 % omkomna)	180
10 % omkomna	210
50 % omkomna	260
90 % omkomna	300
99 % omkomna	350

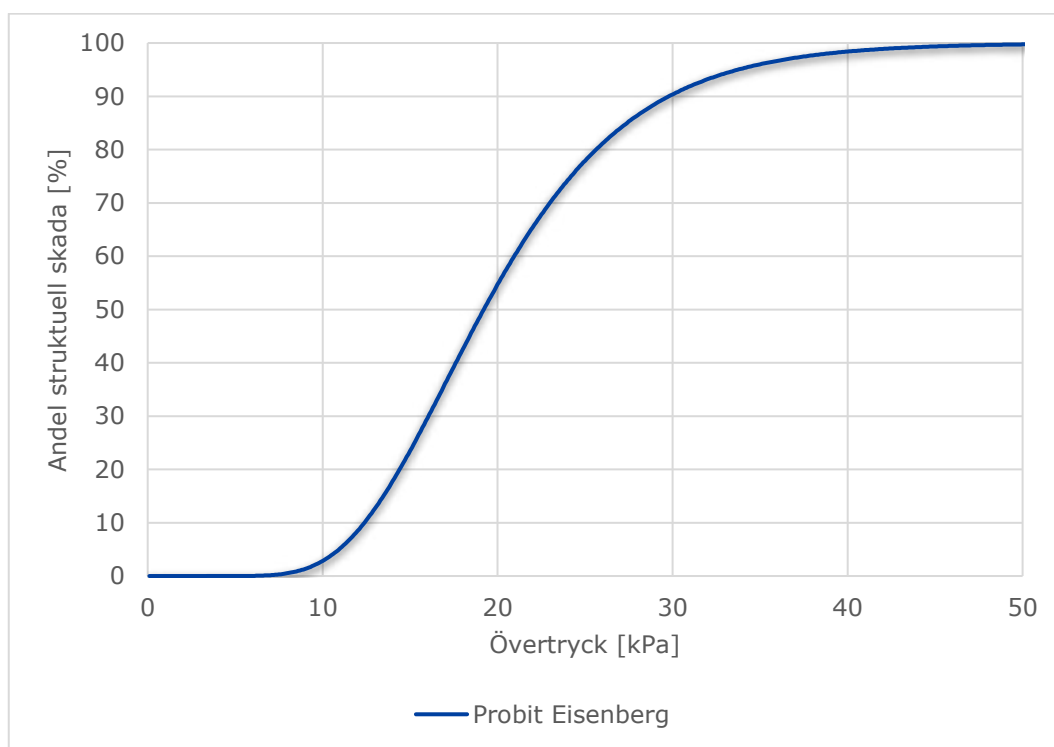
För dödsfall används värdet där 1 % förväntas omkomma, 180 kPa vilket är konservativt med en faktor 100.

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck och draglasters påverkan på bärverket. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i Tabell 7. Även Eisenbergs probitfunktion för andelen strukturell skada på byggnader kopplat till övertrycket vid explosioner redovisas i Figur 22.

Tabell 7. Gränsvärden för skador på byggnadsstomme för olika konstruktioner. [25]



Byggnadsmaterial	Trycktålighet [kPa]
Små och stora fönster går sönder	3,5-6,9
Partiell kollaps av ytter- och innertak på enklare bostadshus (villa)	13,8
50 % förstörelse av murverk i enklare bostadshus	17,3
Icke-förstärka betongväggar går sönder	13,8-20,7
50 % strukturell skada (enligt Eisenbergs probitfunktion nedan)	19-20
Nästan total förstörelse av enklare bostadshus (villa)	34,5-48,3
Trolig total förstörelse av byggnad	69



Figur 22. Eisenbergs probitfunktion för andelen strukturell skada som funktion av övertrycket. [25]

Utifrån ovanstående redogörelse för olika typer av skador kommer 20 kPa att användas för kriteriet att byggnader allvarligt skadas och där det kan finnas risk för att personer inomhus skadas eller i värsta fall omkommer orsakat av byggnadsskadan. Det antas att 50 % av personerna som befinner sig inom byggnaden vid explosionstillfället omkommer.

Värmestrålning

I Tabell 8 visas en sammanställning av värmestrålningsnivå och korrelerande konsekvens avseende påverkan på människor och utrustning. En grundläggande princip är att lägre nivåer accepteras för allmänheten än för personer inom exempelvis ett industriområde. Strålningsnivåer kring 1 kW/m² orsakar i regel inga obehag under långa exponeringar (> 60 sek). Strålningsnivåer på 2 kW/m² ger obehag och kännbar



RAPPORT

smärta först efter 60 sekunder. Nivån 1,5 kW/m² visas i spridningsberäkningarna som tolerabel gräns för 3:e person. Termisk strålningsintensitet kring 10-12,5 kW/m² kan vara potentiellt dödlig inom 60 sekunder, och gränsen 10 kW/m² har därför valts att visas i beräkningarna.

Vid 15 kW/m² kan byggnader, processutrustning och metallskal på närliggande tankvagnar påverkas av en brand och orsaka eskalering. För eskalering krävs dock att utrustningen exponeras i 10 min eller mer. Människor som utsätts för denna strålningsnivå känner nästan momentant en mycket stark smärta. Vid 25-30 kW/m² kan trä antändas.

Tabell 8. Termisk strålningsintensitet och korrelerande konsekvenser på människor och utrustning [26] & [27] & [28]

Termisk strålningsintensitet (kW/m ²)	Konsekvens
~1,5	Tröskel för smärta under längre exponering
~4,5	Nivå för smärta för personer som inte kan ta skydd inom 20 s
~5	Nivå för personal som utför räddningsinsats. För oskyddade personer andra gradens brännskador inom 30 sekunder
~10-12,5	Nivå där vegetation antänds och plast smälter. Potentiellt dödligt inom 60 sekunder.
~14	Nivå som normala byggnader ska klara
~15	Trä antänds och påverkan börjar ske på byggnader, processutrustning och närliggande cisterner
~25-30	Trä självantänder
~38	Nivå som allvarligt skadar cisterner och processutrustning

Stora osäkerheter finns kopplat till sannolikheten att dö vid olika värmestrålningar och exponeringstider. De ovannämnda nivåerna kan sättas i relation till om man exempelvis jämför med olika probitfunktioner.

Probitfunktioner kopplar en viss given exponeringstid med värmestrålningsintensitet och den sannolikhet som finns för att dö vid dessa.

För att uppskatta sannolikheten att människor omkommer på grund av strålningsvärmerna efter exponeringstid används Eisenbergs probitfunktion [29]:

$$Y = -14,9 + 2,56 \ln\left(\frac{t * I^{4/3}}{10^4}\right)$$

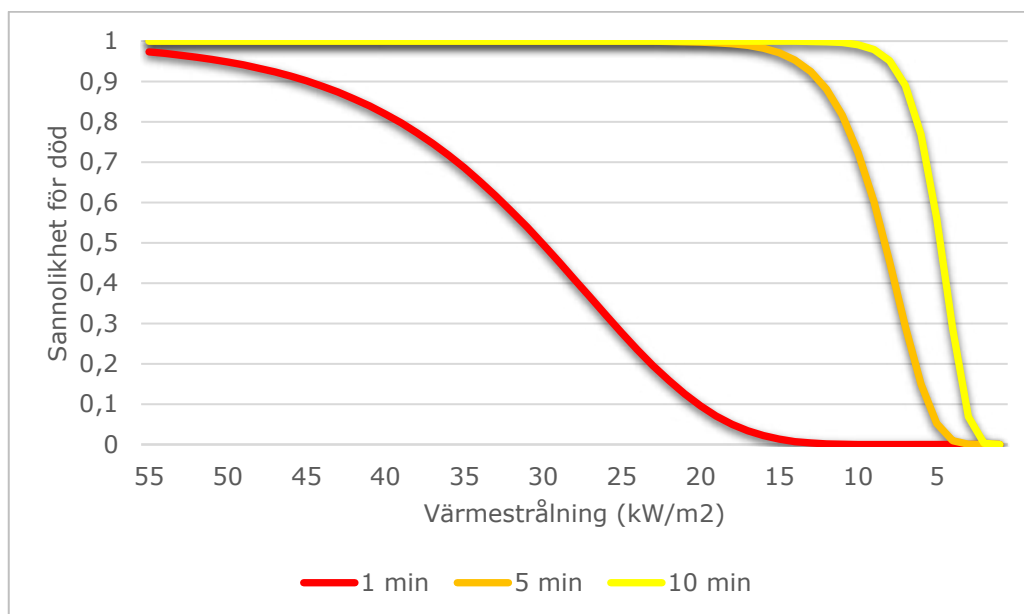
I ekvationen står t för exponeringstiden i sekunder och I är värmestrålningen i W/m². Y (probitvärdet) konverteras sedan till procent ur vilken man får sannolikheten för att dö vid vald exponeringstid och värmestrålning.

Eisenbergs probitfunktion ger exempelvis en värmestrålning på ca 300-600 kW/m² för att mellan 80-100 % ska omkomma under fem sekunders exponering, och för att 100 % ska omkomma under 30 sekunder krävs en värmestrålning på ca 140 kW/m².

Probitfunktionen för en minut, fem minuter och tio minuters exponering har tagits fram i Figur 23. [29]

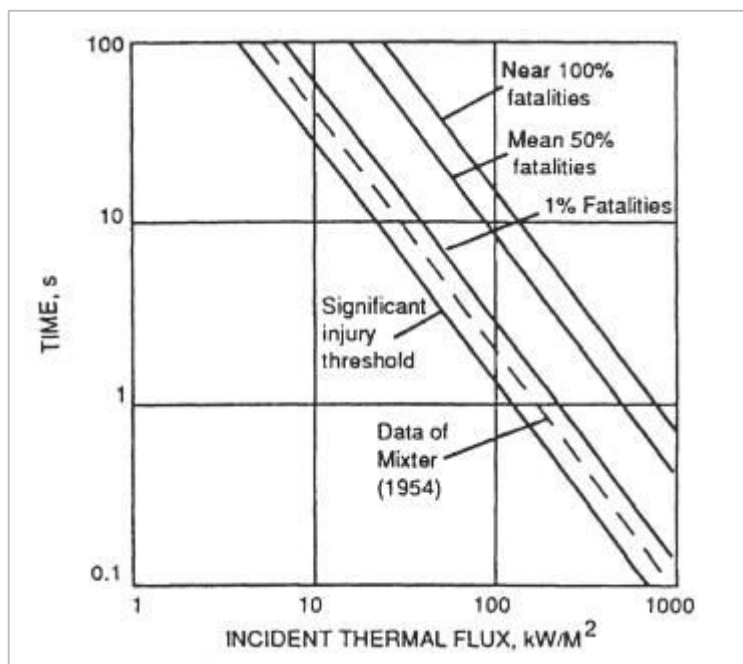


RAPPORT



Figur 23. Eisenbergs probitfunktion för värmestrålning som funktion av sannolikheten för att dö [29]

I Figur 24 visas olika forskningsmaterial som sammanfattats i ett diagram kopplat till exponeringstid, värmestrålning och sannolikheten för att få brännskador och att dö.



Figur 24. Allvarliga skador/dödlighetsnivåer för värmestrålning från bränder med kolväten. [30]

Utifrån ovanstående kriterier avseende termisk strålning har följande tre strålningsnivåer valts för att beskriva skadekonsekvenserna vid brand:

- **20 kW/m²**: Risk för att man dör eller får allvarliga brännskador under ca 30 sekunder. Kraftig smärta känns efter endast någon sekund.
- **10 kW/m²**: Vid exponering under 60 sekunder finns risk för dödsfall
- **1,5 kW/m²**: Tröskelvärde för smärta under längre exponering



RAPPORT

I beräkningar används 10 kW/m^2 som kriterium för dödsfall för personer som vistas utomhus i händelse av olyckstyperna jetbrand och pölbrand, som är längre olycksförlopp. I händelse av BLEVE, som är ett kortare brandförlopp, antas ett högre värde som närmare beskrivs under dennas konsekvensberäkning. Att byggnader påverkas bedöms ske vid 30 kW/m^2 . För personer som befinner sig inomhus antas sannolikheten vara 0,5 av att man omkommer vid denna värmestrålning, enligt Eisenbergs probitfunktion ovan.

Persontäthet och närvaro

De bostäder som planeras inom Breddens sydöstra del skyddas av de befintliga handelsverksamheterna av alla analyserade olyckor. De nytillkomna bostäderna kommer därför ej att ingå i samhällsriskberäkningen utan skyddsavståndet från E4 bedöms vara tillräckligt.

För samhällsriskberäkningen kommer istället de nytillkomna handelsverksamheter i områdets norra del att inkluderas, se Figur 25.



Figur 25. Gul markering visar studerat område, där människor (skyddsvärda objekt) finns både inom- och utomhus. Illustrationsplan: 2019-02-22.

Det bedöms grovt att byggnaderna 1 och 2 enligt nedan kommer att inhysa maximalt antal personer 14 timmar per dygn. För byggnad 3, som planeras som aktivitetsbyggnad, bedöms maximalt antal personer att inhysa byggnaden 18 timmar per dygn.



RAPPORT

Resterande del av dygnet bedöms byggnaderna vara befolkade med eventuell servicepersonal och liknande. En uppskattning görs om att två personer per byggnad vistas i dessa nattetid. För varje identifierat scenarion bedöms samhällsrisken alltså både under dag och natt för att ta hänsyn till de olika personbelastningarna.

För att uppskatta persontätheten inom de olika byggnaderna har BTA och en schablon för NTA för varje byggnad använts tillsammans med tabell 5:333 i BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2016:13. [31] Inom Byggnad 1 utgör vidare parkeringsyta 60 % av BTA och inom Byggnad 3 utgör parkeringsyta ca 45 % av BTA. Verklig NTA saknas i denna tidiga fas av studerat område, och därför har en schablon om att 80 % av all bruttoarea (minus parkeringsyta) blir nettoarea för handelsbyggnaderna 1 och 2, medan för aktivitetsbyggnaden så bedöms schablonen bli 70 %.

Maximal persontäthet inom respektive byggnad blir enligt beräkningen orimligt hög och helt inte realistisk. En mer trolig uppskattning är om ca 25 % av detta värde antas som maximalt antal personer samtidigt inom respektive byggnad. Persontäthet inom parkeringshusdelarna av Byggnad 1 och 3 har antagits till 0,2.

För personer utomhus görs antagandet att persontätheten är 0,01 stycken/m² dagtid och 0,001 stycken/m² nattetid. På grund av områdets utformning bedöms att 15 meter från E4ans väggkant är befolkningsfritt under hela dygnet.

En sammanställning av alla antaganden och beräkningar avseende maximalt antal personer i analyserade byggnader ses i Tabell 9.

Tabell 9. Sammanställning av maximalt antal personer i analyserade byggnader

Position	Verksamhetsdel				Persontäthet/position	
	BTA (Bruttoarea, utan parkeringsdel)	NTA (Nettoarea, uppskattad)	Persontäthet, personer/m ²	Persontäthet /position, max	Dag	Natt
Byggnad 1	7 590	6 072	0,5	3 036	759	2
Byggnad 2	11 279	9 020	0,5	4 500	1125	2
Byggnad 3	14 160	11 328	0,75 ¹	8 496	2124	2

¹ Verksamheten föreslås bli en blandning av handel, restaurang, biograf osv. Persontätheten för handel är 0,5 och för restaurang 1,0. Ett uppskattat värde på 0,75 används därför.

RAPPORT



Parkeringsdel					
Position	Parkeringsarea	Person-täthet, personer/m ²	Persontäthet /position, max	Person- täthet/ position	
				Dag	Natt
Byggnad 1	11 540	0,2	2 308	580	0
Byggnad 2	-	-	-	-	-
Byggnad 3	15 190	0,2	3 038	760	0

Totalt			
Position	Persontäthet, max	Person- täthet/ position	
		Dag	Natt
Byggnad 1	5 344	1 339	2
Byggnad 2	4 500	1 125	2
Byggnad 3	11 534	2 884	2



RAPPORT

B1 – Olycka med ämnen eller föremål med risk för massexplosion på E4 (Klass 1)



För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i "Yellow book" [32]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, varvid massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från gasmolnsexplosion beräknas därefter.

Vi söker därför den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT från nedanstående samband:

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

Där

m_{gas} = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]

m_{TNT} = massa TNT [kg]

$\Delta H_c(gas)$ = förbränningsvärme gas [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = förbränningsvärme TNT [J/kg]

Y = effektivitetsfaktor [-]

Effektivitetsfaktorn Y beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i [32] till

Y = 0,2

$\Delta H_c(CH_4)$ = 5,6E+07 [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = 4,18E+06 [J/kg]

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 10.

Tabell 10. TNT-ekvivalenter av metan.

Massa TNT [Kg]	Massa CH4 [Kg]
7	2,6
20	7,5
16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt formeln nedan [24].

RAPPORT



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

Där

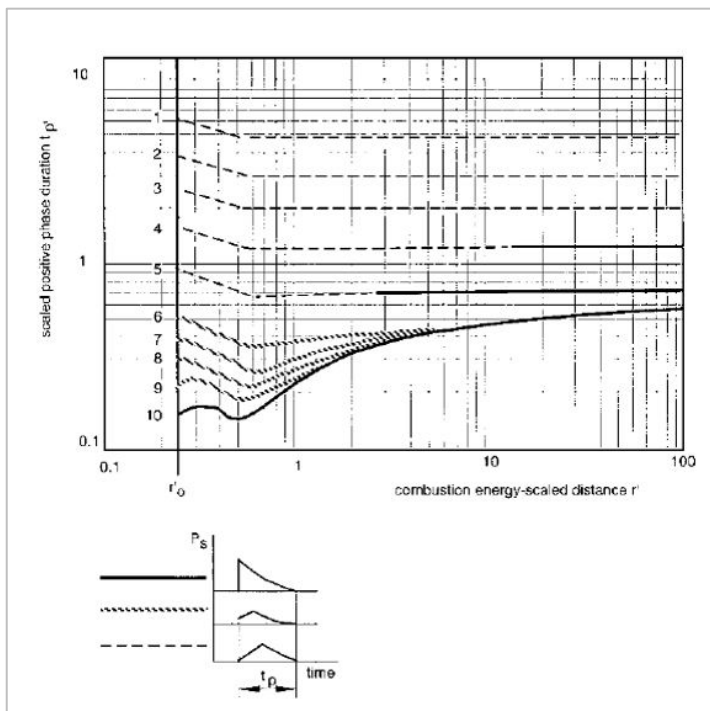
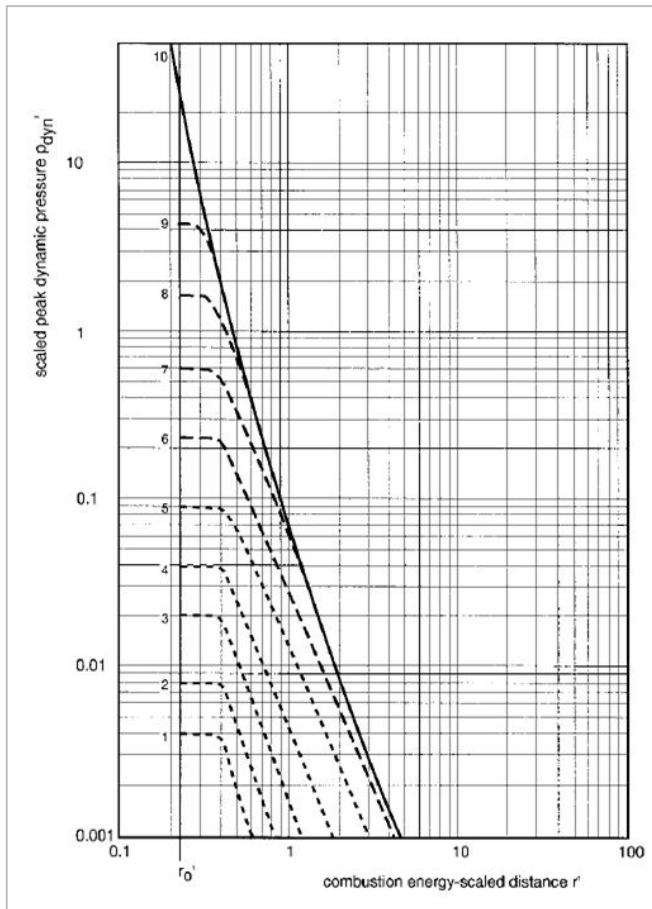
\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 26 nedan [24].



Figur 26. Maximalt dimensionslöst tryck. För beräkningarna har den högsta detonationsklassen (10) antagits för små mängder TNT och detonationsklass 9 för den stora mängden TNT, då de olika underklasserna i klass bäst stämmer överens med dessa utseenden i tryck-tids sambandet.



RAPPORT

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 26 kan explosionsövertrycket bestämmas genom:

$$\bar{p} = \frac{P_s}{P_0}$$

Där

\bar{p} = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Trycket beräknas för intervallen i Tabell 11. Trycket beräknas för ytterkanten i respektive område och approximeras linjärt i intervallet.

Tabell 11. Potentiellt explosionsövertryck i området vid olycka med massexplosivt ämne.

Område	Explosionsövertryck i område/mot fasad		
	7 kg explosivämne	20 kg explosivämne	16 000 kg explosivämne
1-5 m	3 040 kPa – 180 kPa	3 040 kPa – 608 kPa	>456 kPa
5-10 m	180 kPa – 10 kPa	608 kPa – 30 kPa	>456 kPa
10-20 m	10 kPa – 1,2 kPa	30 kPa – 5 kPa	>456 kPa
20-40 m	1,2 kPa – 0,18 kPa	5 kPa – 0,4 kPa	>456 kPa
40-100 m	0,18 kPa – 0 kPa	0,4 kPa – 0 kPa	456 kPa – 20 kPa
100-200 m	0 kPa	0 kPa	20 kPa – 4 kPa

Antalet omkomna i olycka med explosivämnena kan nu bestämmas genom att jämföra personbelastningen med de aktuella övertrycken i området från Tabell 7 och gränsvärdena för skador på människor från Tabell 6.

Sammanställning

Avståndet till dödsfall (som ansetts till 180 kPa) av ren tryckvåg används för individrisken utomhus och visas i Tabell 12.

RAPPORT



Tabell 12. Sammanställning av individriskberäkningar utomhus med massexplosivämnen. Beräkningar utan åtgärder

Scenario	Grundfrekvens [per år]	Omskalningsfaktor	Konsekvensavstånd, längd [m]	Slutfrekvens [per år]
16 000 kg, brandspridning till ämne	1,80E-10	0,13	65	2,339E-11
16 000 kg, starka påkänningar på last	3,56E-10	0,13	65	4,631E-11
20 kg, brandspridning till ämne	2,20E-08	0,016	8	3,526E-10
20 kg, starka påkänningar på last	8,73E-09	0,016	8	1,3973E-10
7 kg, brandspridning till ämne	3,09E-08	0,01	5	3,09E-10
7 kg, starka påkänningar på last	8,73E-09	0,01	5	8,728E-11

Tryck över 10 kPa antas få glas/fönsterrutor att gå sönder, tryck över 20 kPa antas få 50 %-iga skador på byggnader och att bärverk riskerar att kollapsa generellt. 20 kPa används därför kopplat till när byggnader kollapsar och som kriterium för samhällsrisk. Tryckvågen från explosionen antas spridas cirkulärt från källan (lastbil på E4). Det antas att lastbilen befinner sig vid vägkanten. En uppdelning görs av samhällsrisken på de tre byggnaderna och utomhus enligt Figur 25 och antaganden i samma avsnitt. Det antas att 50 % av personer inom byggnaden vid explosionstillfället omkommer. Det antas att 100 % av personer utomhus vid explosionstillfället omkommer.

Vid 20 kg TNT uppstår 20 kPa vid 12 meter från E4, och motsvarande för 7 kg TNT är 8 meter. Eftersom det antas att det även är befolkningsfritt 15 meter från vägkant dygnet runt så bedöms personer utomhus inte drabbas vid dessa två scenarier. Vidare är ingen byggnad placerad vid detta avstånd vilket gör att dessa två scenarion inte tas med i samhällsriskberäkningen.

Scenariot med 16 000 kg TNT innebär dock konsekvenser i termer av samhällsrisk. Eftersom frekvensen för en olycka är beräknat på 1 km så antas att sannolikheten är 0,5 att lastbilen är på ett sådant avstånd till studerade byggnader att dessa kan påverkas. Vidare antas att det i sin ut är lika sannolikt att tryckvågen påverkar byggnad 1 som byggnad 2 och 3. I Tabell 13 redogörs för antal omkomna för de olika scenarierna.

RAPPORT



Tabell 13. Sammanställning av samhällsberäkningar inomhus och utomhus med massexplosivämnen. Beräkningar utan åtgärder.

Scenario	Tidpunkt	Frekvens	Antal omkomna
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 1	Natt	1,24E-11	15
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 1	Dag	1,73E-11	809
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 2	Natt	1,24E-11	12
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 2	Dag	1,73E-11	681
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 3	Natt	7,42E-12	11
16 000 kg, brandspridning till ämne Byggnad 3	Dag	2,23E-11	1472
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 1	Natt	2,45E-11	15
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 1	Dag	3,43E-11	809
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 2	Natt	1,24E-11	12
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 2	Dag	3,43E-11	681
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 3	Natt	1,47E-11	11
16 000 kg, starka påkänningar på last Byggnad 3	Dag	4,41E-11	1472



RAPPORT

B2 - Utsläpp och efterföljande antändning av brandfarliga gaser (Klass 2.1)



I föreliggande beräkningar kommer gasol att användas som brandfarlig gas. För att underlätta beräkningarna antas att gasolen består av 100 % propan. Gasol är den i särklass vanligaste brandfarliga gasen som transporteras som farligt gods. Mängden gasol i en tankbil är mellan 8-32 ton. För beräkningarna ansätts mängden till 25 ton (fyllnadsgrad ca 80 % med tankbil med plats för 32 ton).

Tre delfall omfattande olyckor med fordonsgas har identifierats:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand
- BLEVE

Två olika utsläppsstorlekar (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 10 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 30 mm)

För respektive scenario beräknas konsekvenserna av de möjliga följdhändelserna vid tankbilsolycka med brandfarlig gas:

- Jetflammans längd vid omedelbar antändning
- Det brännbara gasmolnets utbredning och eventuella tryck vid explosion
- Området som påverkas vid en BLEVE

Respektive scenario kommer att beräknas med simuleringsprogrammet ALOHA. ALOHA är en simuleringsprogramvara utgiven av amerikanska EPA (United States Environment Protection Agency). [23]

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. I beräkningarna antas att utsläppet sker nära vätskefas, då detta ger värden mellan det sämsta och bästa utfallen. De värsta konsekvenserna uppstår om utsläppet sker i vätskefasen.

De indata som använts i ALOHA för att simulera konsekvensområden för jetflamma, gasmoln och BLEVE presenteras nedan:

Atmosfäriska parametrar:

Omgivningstemperatur: 15°C

Relativ fuktighet: 50 %

Väderlek: Dag och molnigt

Omgivning: Träd, häckar och enstaka byggnader



RAPPORT

Vindhastighet: 2 m/s (låg), 4 m/s (normal), 6 m/s (hög)

Stabilitetsklass: C (2 m/s), D (4 och 6 m/s)

Fysikaliska parametrar:

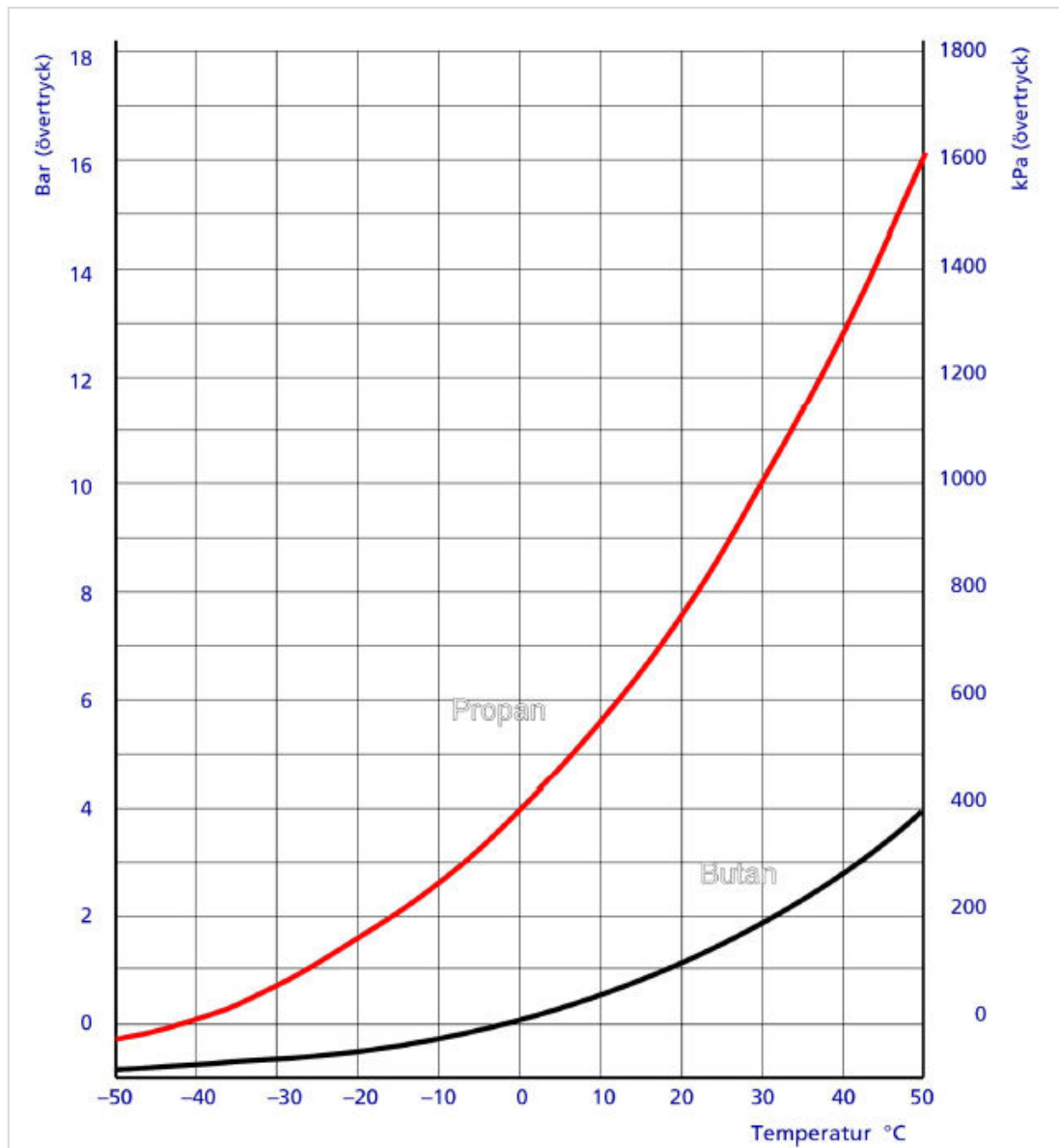
Lagringstemperatur: 15°C

Lagringstryck: 5,5 bar övertryck, se Figur 27

Tankdiameter: 2,5 m

Tanklängd: 12 m

Tankfyllnadsgrad: 85 %



Figur 27. Ångtrycksdiagram för propan och butan.

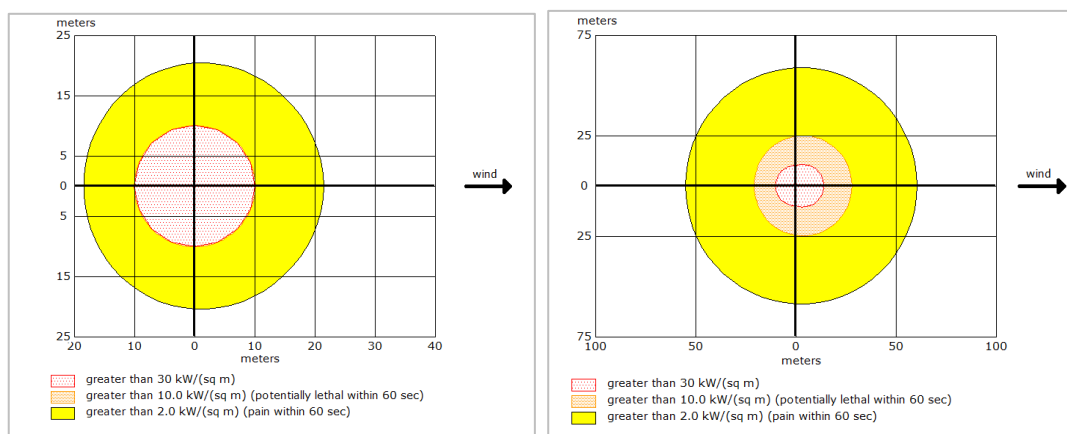


RAPPORT

Jetbrand

Vid beräkning av jetbrand antas att all gas i lastbilstanken medverkar i förloppet. Utsläppsdiametern på hålet ansätts till 10 mm (litet läckage) och 30 mm (stort läckage).

Genomförda beräkningar visar att flammans längd blir ca 6 meter (1 cm hål) respektive 17 m (3 cm hål). Inom 10 meter (1 cm hål) respektive 28 meter (3 cm hål) från riskkällan riskerar personer att dö av den strålningsvärme som uppkommer, se Figur 28. Avstånd till 30 kW/m² för 1 cm hål är 10 meter och motsvarande för 3 cm hål är 14 m.



Figur 28. Strålningsvärme från en jetflamma från lastbil med gasol. Utsläppet riktas rakt upp. Till vänster jetflamma från 1 cm hål, till höger jetflamma från 3 cm hål. [23]

Gasmolnsbrand

För beräkning av gasmolnsbrand antas samma förutsättningar som i jetbranden ovan.

Om gasmolnet som bildas vid utsläppet utsätts för en tillräcklig tändkälla kommer den del av molnen som är inom brännbarhetsområdet (UEL och LEL) att förbrännas. Hur snabbt flamfronten rör sig genom molnet avgör om det sker en deflagration eller en detonation. När ett gasmoln förångas och sprids i luften är koncentrationen i molnet inte uniform utan varierar i olika delar av molnet utifrån den geometri som omgivningen har. Beräkningsprogrammet ALOHA använder medelvärden över tid för att räkna ut koncentrationer i gasmolnet. Trots att medelvärdet under en viss tid är under LEL kan det ändå finnas områden ("fickor") i gasmolnet vid den tidsperioden som överstiger LEL. För att ta höjd för denna risk antas dessa "fickor" finnas vid 60 % av LEL, eftersom denna fraktion av LEL via experiment har visat sig kunna antända ett moln.

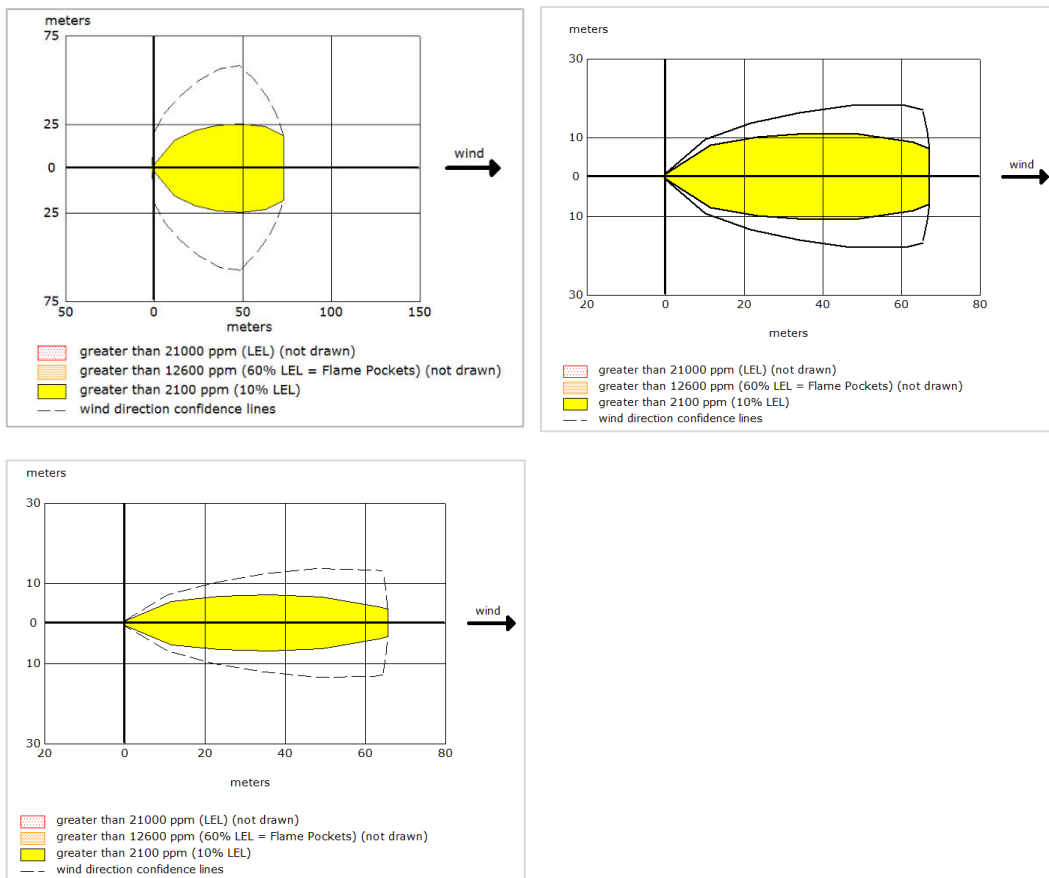
Genomförda beräkningar visar att utsläppet kan ge upphov till följande storlekar på moln (med koncentration 60 % LEL) beroende på hålstorlek och vindstyrka:

- 1 cm hål
 - 36 (B) x 26 (L) meter (2 m/s)
 - 14 (B) x 22 (L) meter (4 m/s)
 - 10 (B) x 21(L) meter (6 m/s)
- 3 cm hål
 - 120 (B) x 86 (L) meter (2 m/s)
 - 90 (B) x 65 (L) meter (4 m/s)
 - 28 (B) x (L) 57 meter (6 m/s)

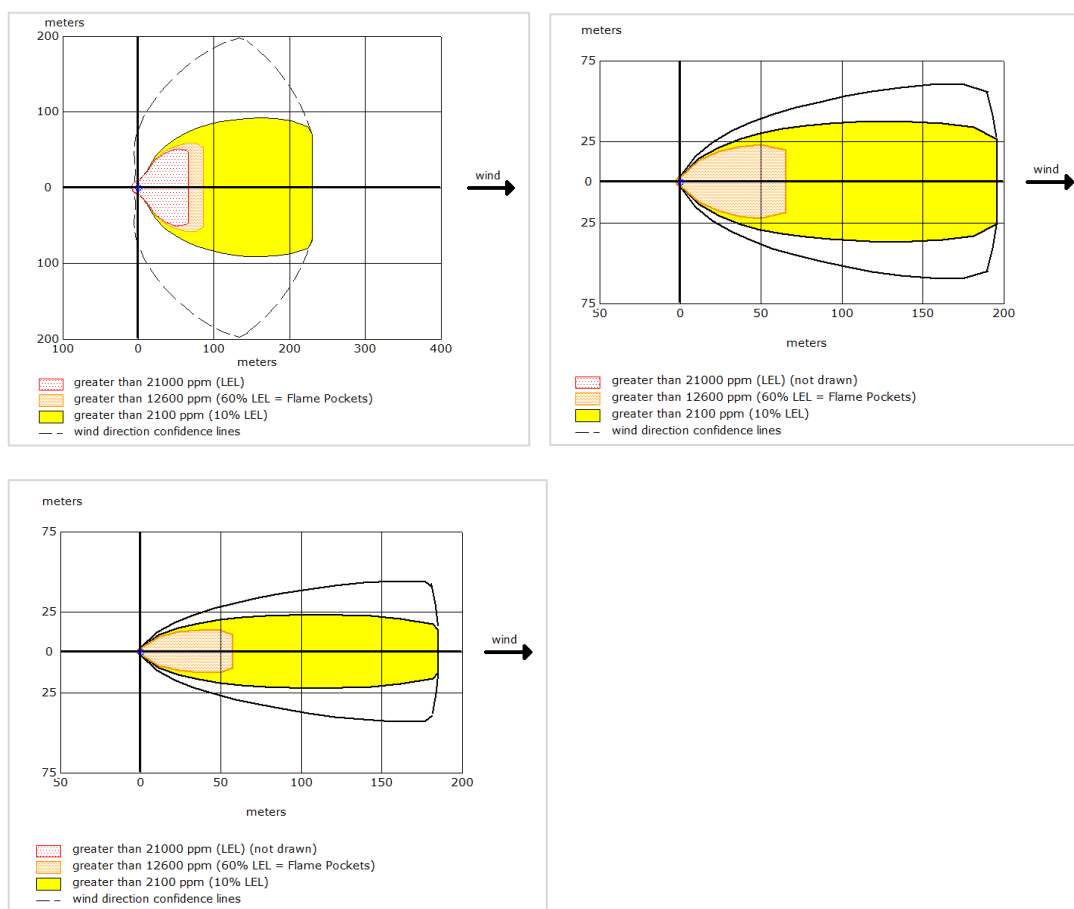
RAPPORT



Molnen kan ses i Figur 29 och Figur 30.



Figur 29. Gasmoln vid utsläpp via hål med 1 centimeters diameter vid 2 m/s (vänster bild), 4 m/s (höger) och 6 m/s (nedre bild). [23]



Figur 30. Gasmoln vid utsläpp via hål med 3 centimeters diameter vid 2 m/s (vänster bild), 4 m/s (höger) och 6 m/s (nedre bild). [23]

Gasmolnexplosion

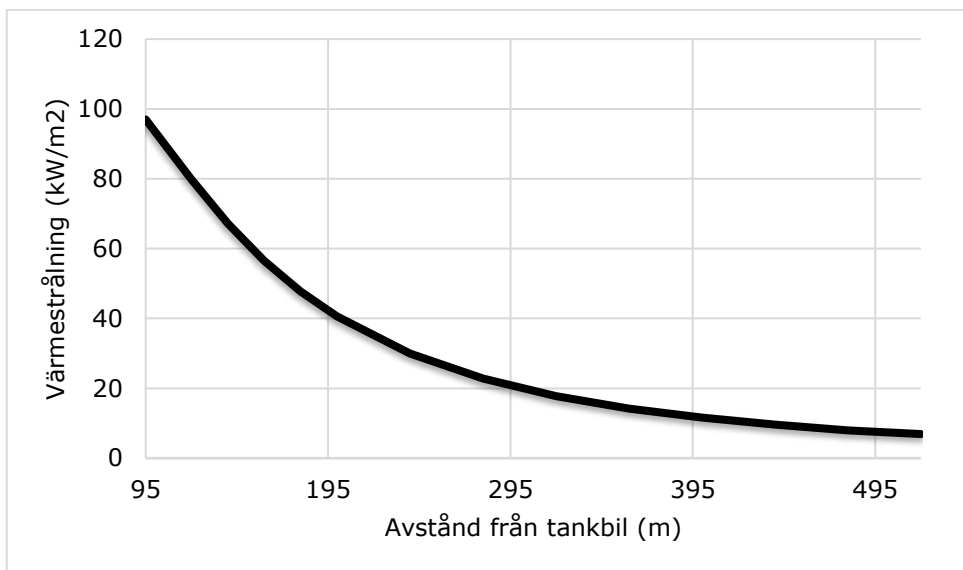
Inget beräknat fall varken för litet eller stort utsläpp ger upphov till signifikanta övertryck vid antändning av gasmolnet. Detta eftersom utsläppet sker i en öppen terräng utan möjlighet för gasmolnet att endera bli instängd eller öka dess flamfront på grund av hinder i terrängen.

BLEVE

En BLEVE är den allvarligaste konsekvensen avseende kondenserad brandfarlig gas.

För att anta ett extremt scenario så antas att hela lastbilstanken medverkar i förloppet. Genomförda handberäkningar enligt ekvationer i [27] visar att detta ger upphov till ett eldklot med diametern 170 meter. Eldklotet förväntas brinna upp på ca 14 sekunder. Det eventuella övertryck som uppkommer bedöms inte vara det som främst påverkar konsekvenserna i termer av skador, utan detta bedöms vara själva värmestrålningen. Det bedöms att alla människor inom eldklotet kommer att omkomma.

Det antas konservativt att 25 kW/m² är gränsen för individ- och samhällsrisk vid denna exponeringstid. 25 kW/m² i 14 sekunder gör att 70% får andra gradens brännskador, och av dessa antas 15% omkomma. Denna värmestrålning uppkommer enligt beräkningen vid ca 250 meter, se Figur 31.



Figur 31. Värmestrålning från BLEVE som funktion av avståndet från tankbilen. [23]

RAPPORT



Sammanställning

I Tabell 14 visas en sammanställning av konsekvensberäkningarna för klass 2.

Tabell 14. Sammanställning av konsekvensberäkningar. Konsekvensområde för BLEVE anger avstånd till 65 kW/m², för jetflamma anges avstånd till 30 kW/m² och för gasmoln anges storlek på molnen avseende brännbarhetsområdet vid 60 % LEL.

Scenario	Läckagestorlek	Händelse	Konsekvensområde
BLEVE	-	Eldklot	250 m i radie
Hål i tankbotten	Punktering (10mm)	Jetflamma	19
		Gasmolnsbrand (hög vind)	10 x 21
		Gasmolnsbrand (normal vind)	14 x 22
		Gasmolnsbrand (låg vind)	36 x 26
	Stort hål (30 mm)	Jetflamma	43
		Gasmolnsbrand (hög vind)	28 x 57
		Gasmolnsbrand (normal vind)	90 x 65
		Gasmolnsbrand (låg vind)	120 x 86

I Tabell 15 redovisas en sammanställning av individriskberäkningen kopplat till de olika scenarierna för denna klass.

RAPPORT



Tabell 15. Sammanställning av individriskberäkningar utomhus med brandfarlig gas. Beräkningar utan åtgärder

Scenario	Grundfrekvens [per år]	Om-skalnings-faktor	Konsekvens-avstånd, längd [m]	Slut-frekvens [per år]
Litet läckage, jetbrand	2,29E-09	0,04	10	9,141E-11
Litet läckage, gasmolnsbrand, hög vind	4,69E-09	0,01	21	4,6918E-11
Litet läckage, gasmolnsbrand, normal vind	5,09E-09	0,014	22	7,1316E-11
Litet läckage, gasmolnsbrand, låg vind	3,62E-09	0,036	26	1,303E-10
Stort läckage, jetbrand	2,41E-10	0,112	28	2,6945E-11
Stort läckage, BLEVE	9,02E-12	0,5	250	4,511E-12
Stort läckage, gasmolnsbrand, hög vind	1,23E-08	0,028	57	3,4571E-10
Stort läckage, gasmolnsbrand, normal vind	1,34E-08	0,09	65	1,2065E-09
Stort läckage, gasmolnsbrand, låg vind	9,52E-09	0,12	86	1,143E-09

I Tabell 16 redovisas de scenarion som ingår i samhällsriskerna avseende denna klass.

Byggnader 1, 2 och 3 bedöms kunna påverkas med samma sannolikhet om inget annat anges. Eftersom byggnad 1 ligger i ett högre höjdplan än vägen och har en skyddande kulle framför sig, bedöms detta ge en skyddande verkan mot scenarierna jetbrand och gasmolnsbrand som antas kunna minimera risken med 0,1.

För jetbrand uppkommer värmestrålningen 30 kW/m² 10 meter respektive 14 meter från lastbilen. Vid dessa avstånd finns inga byggnader, och är dessutom inom det befolkningsfria avståndet, vilket påverkar samhällsriskerna i dessa fall. Strålning från jetbrand vid scenariot med det minsta hålet innebär vidare att värmestrålningen för 10 kW/m² inte når bortom 15 meter från väggkant, vilket innebär att scenariot med det lilla hålet inte tas med i samhällsriskerna.

För gasmolnsbrand antas att människor som befinner sig utomhus eller inomhus i byggnader och som helt omsluts av gasmolnet kommer att förolyckas. Om en byggnad inte helt omsluts av molnet antas en schablon baserat på andelen av byggnaden som



RAPPORT

omslutes över hur många som antas förolyckas baserat på persontäthet i byggnaden vid givet scenario. Eftersom frekvensen för en olycka är beräknat på 1 km så antas att sannolikheten är 0,5 att lastbilen är på ett sådant avstånd till studerade byggnader att dessa kan påverkas. Vidare antas att det i sin ut är lika sannolikt att gasmolnsbranden påverkar byggnad 2 och 3. Av personer som befinner sig i delar av byggnad som påverkas av värmestrålningen 30 kW/m² bedöms sannolikheten vara 0,5 att man omkommer av denna värmestrålning.

För BLEVE antas att personer som befinner sig utomhus inom angiven värmestrålning omkommer liksom människor som befinner sig i byggnader som omsluts av denna strålning. Eftersom frekvensen för en olycka är beräknat på 1 km så antas att sannolikheten är 0,5 att en olycka som resulterar i en BLEVE inträffar på ett sådant avstånd till studerade byggnader att dessa kan påverkas. En BLEVE bedöms max påverka de två närmast angränsade byggnaderna, vilket innebär att scenariot delas in i två olika, ett där byggnad 1 och 2 drabbas, och ett där byggnad 2 och 3 drabbas. Sannolikheten för varje fall bedöms vara 0,5. För personer som drabbas av BLEVE inomhus bedöms sannolikheten att man omkommer vara 0,5. För personer utomhus antas alla omkomma som drabbas av vald värmestrålning.

Tabell 16. Sammanställning av samhällsberäkningar inomhus/utomhus med brandfarliga gaser. Beräkningar utan åtgärder

Scenario	Vindstyrka	Byggnad	Tidpunkt	Frekvens	Antal omkomna
Litet läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	Alla	Dag	2,35E-09	1,00
Litet läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	Alla	Dag	2,55E-09	1,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	1	Natt	8,49E-10	1,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	3	Natt	5,09E-10	1,00
Stort läckage, jetbrand	-	Alla	Dag	1,20E-10	4,00
Litet läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	Alla	Dag	1,81E-09	4,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	1	Natt	9,22E-10	5,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	3	Natt	5,53E-10	5,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	2	Natt	9,22E-10	5,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	1	Natt	6,55E-10	9,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	3	Natt	3,93E-10	9,00

RAPPORT



Scenario	Vindstyrka	Byggnad	Tidpunkt	Frekvens	Antal omkomna
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	2	Natt	6,55E-10	9,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	1	Dag	1,19E-09	18,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	1	Dag	1,29E-09	62,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	1	Dag	9,17E-10	62,00
Stort läckage, BLEVE	-	1 och 2	Natt	1,88E-12	93,00
Stort läckage, BLEVE	-	2 och 3	Natt	2,44E-12	93,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	2	Dag	1,19E-09	197,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Hög vind	3	Dag	1,53E-09	372,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	2	Dag	1,29E-09	467,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	2	Dag	9,17E-10	515,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Normal vind	3	Dag	1,66E-09	521,00
Stort läckage, gasmolnsbrand	Låg vind	3	Dag	1,18E-09	950,00



RAPPORT

B3 - Utsläpp och efterföljande antändning av brandfarliga vätskor (Klass 3)



Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA [24]. Data har valts för bensin detta då bensin har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ.

Konsekvenserna för fyra storlekar på utsläpp som antänds har beräknats. Dessa storlekar har antagits utifrån förutsättningarna angivna i bilaga A. De pölstorlekar som beräknas är 200 m², 100 m² och 20 m².

Följande data gäller för bensin [24]:

- Förbränningshastighet $b' = 0,048 \frac{kg}{m^2s}$
- Energivärde $h_c = 43,7 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$

En cirkulär pöl antas vilket är ett konservativt antagande då en utsträckt pöl (rännil) förväntas ge lägre flammhöjd. Flammans geometri approximeras som en cylinder där flammans diameter, d_f är lika stor som pölens diameter, d_p . Flammans höjd, h_f , kan beräknas enligt:

$$h_f = d_p \cdot 42 \cdot \left(\frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right)^{0,61} \quad \text{formel C1}$$

där b' = förbränningshastigheten i $\frac{kg}{m^2s}$ enligt ovan,

$$\rho_a = \text{luftens densitet} = 1,29 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = \text{tyngdaccelerationen} = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Denna formel gäller under förutsättning att $0,8 < h_f / d_f < 4$.

Flamman fluktuerar naturligt och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flammhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara cirkulär och flamgeometrin en cylinder är $d_f = d_p$ och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger $d_f = d_p \approx 8,7$ m för en pölbrand om 20 m², 15,2 m för en pölbrand om 100 m² respektive 19,3 m för en pölbrand om 200 m².

Strålningsintensitet beroende på horisontellt avstånd från branden

Strålningen per ytenhet från flaman beräknas enligt:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \quad \text{formel C2}$$

där h_c = energivärdet i $\frac{J}{kg}$ enligt ovan. Faktorn 0,35 utgör den andel av den totala energin som omsätts till strålningsvärme.

Vidare beräknas strålningen från en ideal svartkropp blir enligt Stefan-Boltzmanns lag:



RAPPORT

$$P_s = \sigma \cdot T^4$$

formel C3

där P_s = utstrålad effekt [$\frac{W}{m^2}$],

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ [$\frac{W}{m^2 K^4}$] (Stefan-Boltmanns konstant) och

T = temperaturen [K].

Approximationen med strålning från svartkropp ger konservativa värden på värmestrålning. Vid större pölbränder antas strålningen normalt ha sitt ursprung i flammans mitt och här ligger emissionsfaktorn (ϵ) nära 1 varför denna approximation anses rimlig. Närmare flammans mantelyta minskar emissiviteten snabbt. En beräkning baserad på att all strålning kommer från flammans mitt är därför konservativt.

Värmestrålningen från en yta 1 som faller in mot en yta 2 på ett visst avstånd kan då beräknas som:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

formel C4

Där P_{12} = infallande strålning från 1 till 2 [$\frac{W}{m^2}$],

P_1 = strålningen från yta 1 [$\frac{W}{m^2}$]

F_{12} = vinkelkoefficienten för 1 mot 2.

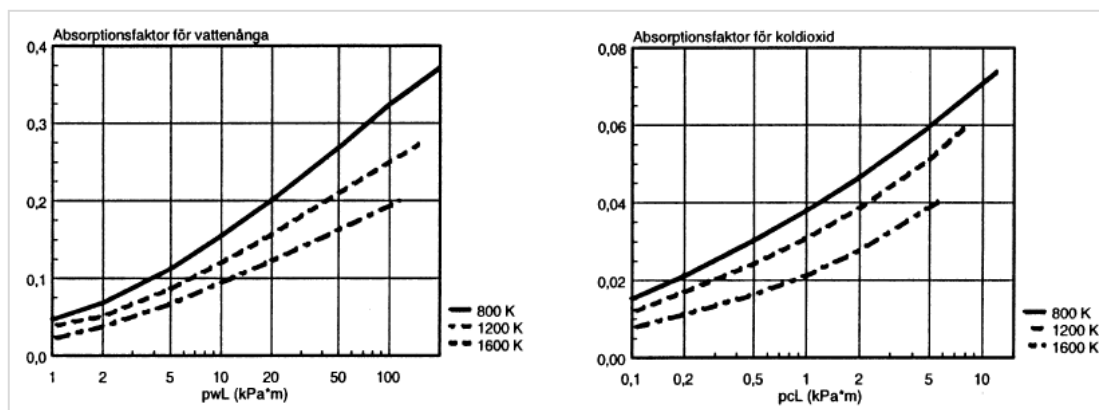
Den atmosfäriska transmissionsförmågan, τ_a , har att göra med det faktum att den utsända strålningen delvis absorberas av luften mellan strålkällan och mottagaren. Den atmosfäriska transmissionsförmågan kan skrivas enligt:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c$$

formel C5

Där α_w = absorptionsfaktorn för vattenånga och α_c = absorptionsfaktorn för koldioxid.

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, avståndet som strålningen färdas från den strålände ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur. α_w och α_c bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från Figur 32.



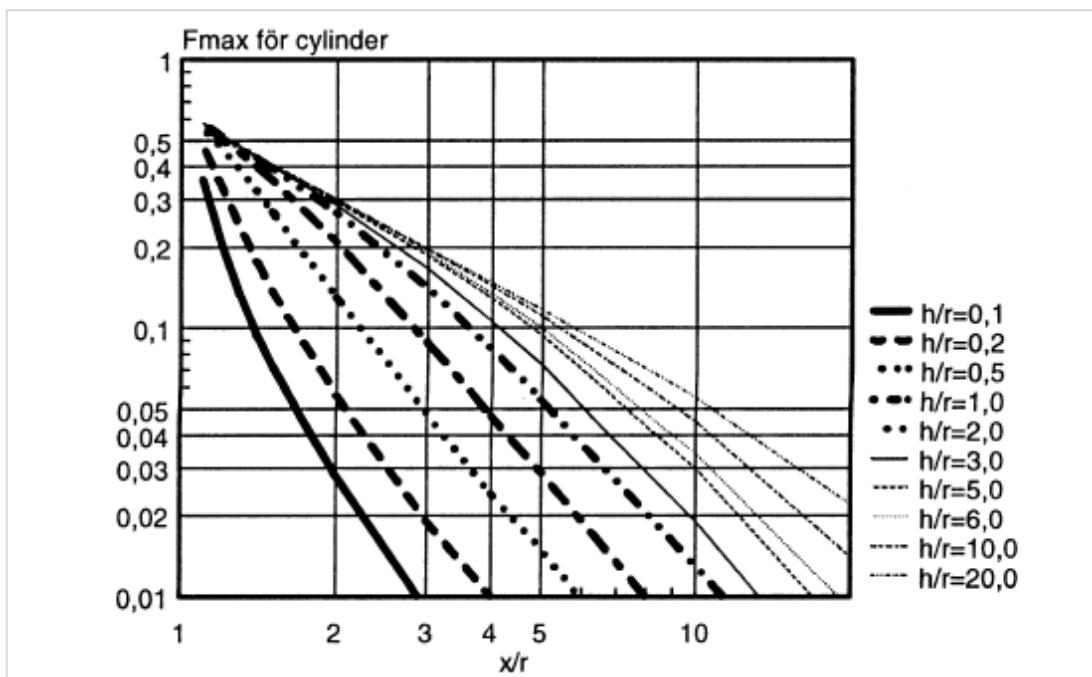
Figur 32. Absorptionsfaktor för vattenånga och koldioxid som funktion av partialtryck (p_w resp. p_c), strålväg (L) och flamtemperatur. [24].

Vinkelkoefficienten (F) definieras som den andelen av strålningen från en yta i alla riktningar som träffar en annan yta (vid fullständig transmissionsförmåga). Den är en

RAPPORT



rent geometrisk faktor som kan bestämmas för varje ytkonfiguration.
Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från Figur 33.



Figur 33. Maximal vinkelkoefficient vid strålning från en cylinder. [24].

Beräkningar utförs vidare utifrån ovanstående förutsättningar för de fyra olika pölareorna.

Flamhöjd enligt formel C1, utfallande strålning enligt formel C2 och temperatur enligt B3, resultaten samlas i Tabell 17.

RAPPORT



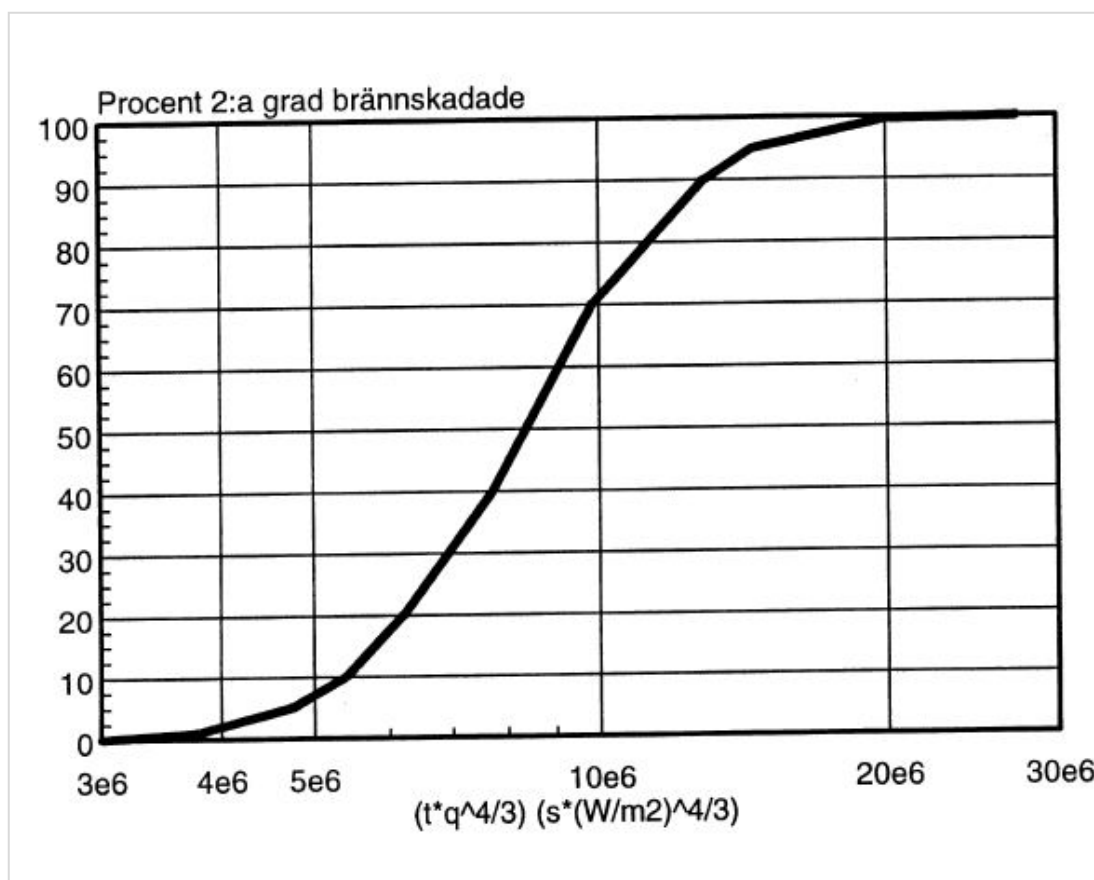
Tabell 17. Initial egenskapsberäkning för pölbrand

Pölbrandsarea	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m ²)	Temperatur på den strålande ytan/flammans mitt (K)
20 m ²	9	92	1130
100 m ²	15	114	1191
200 m ²	19	128	1226

Mättad vattenångas tryck vid 100 % luftfuktighet och 20 °C är $p_w = 2340$ Pa. Luftfuktighet på 50 % antas vilket ger $p_w = 1170$ Pa. Absorptionsfaktorer och transmissionsförmåga bestäms för detta värde i kombination med flammans temperatur. Utifrån höjden på flammorna, pölens radie och avståndet till mottagaren bestäms ett antal olika vinkelkoefficienter. Värmestrålning på olika avstånd beräknas sedan enligt formel C4.

Skadenivån bestäms förutom av strålningsnivån även av strålningens varaktighet. För beräkning av skador på människor redovisas i Tabell 18 nedan en varaktighet på 10 s som en rimlig tid tills man satt sig i säkerhet.

Sambandet mellan strålningens varaktighet och skador på människan beskrivs av probitfunktionen $t * P_{\frac{4}{3}}$. Om denna tidsvägda strålningsdos är över $3 \cdot 10^6$ finns en risk för 2:a gradens brännskador. Risken ökar sedan exponentiellt med ökad strålning. Sannolikheten för andra gradens brännskador utläses sedan ur Figur 34.



Figur 34. Sannolikhet för skada (2:a gradens brännskada) på människor (bar hud) av värmestrålning från kolvätebränder som funktion av strålningsnivå (q) och varaktighet (s) [24].

Den andel av människokroppen som är oskyddad vid normalt påklädda personer (huvud, nacke, händer och underarmar) är ca 20 %. I de fall då 20 % av kroppen får brännskador antas att ca 15 % av befolkningen med en jämn åldersfördelning dör av skadorna [24]. Således beräknas först andelen som får andra gradens brännskador, därefter antas 15 % av dessa omkomma av skadorna.

För individriskkurvan används värdet där 1 % förväntas omkomma, vilket är ett konservativt värde. Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 18.



RAPPORT

Tabell 18. Beräkningsresultat strålning och konsekvens av pölbrand. Beräkningar utan åtgärder

Brand [m ²]	L	α_w	α_c	τ_a	F_{max}	P_{12}	Dos	2:a	Andel omkomna
20	0*	0	0	1	1	92,0	41,8	100	15
	2,5	0,07	0,015	0,915	0,3	25,4	7,5	35	5
	7,5	0,11	0,018	0,872	0,1	8	1,6	0	0
	12,5	0,15	0,023	0,827	0,05	3,8	0,6	0	0
100	0*	0,10	0,01	0,89	1,00	101	47,0	100	100
	5	0,13	0,01	0,86	0,35	34,3	11,1	77	12
	10	0,15	0,02	0,83	0,21	19,8	5,35	10	1,5
	15	0,18	0,03	0,79	0,15	13,5	3,21	1	0,2
200	0*	0,11	0,01	0,88	1,00	113	54,6	100	100
	10	0,15	0,02	0,83	0,27	28,6	8,75	60	9
	20	0,19	0,03	0,78	0,15	15,0	3,70	1	0,2
	30	0,20	0,03	0,77	0,08	7,9	1,57	0	0
L, avstånd från flamfront, *är precis invid/inuti flamfronten [m] $\alpha_w, \alpha_c, \tau_a$, är luftens absorptionsfaktor F_{max} , synfaktor P_{12} Infallande strålning (kW/m ²) Dos, $t \cdot P^{4/3} \times 10^{-6}$ (s(W/m ²) ^{4/3}) 2:a, 2:a gradens brännskada i procent [%] Andel omkomna i procent [%]									

Sammanfattningsvis kan följande konstateras att det bortom 25 m från flamfronten (vägkant) ej föreligger risk för dödsfall vid händelse av pölbrand med 200 m² stor pöl. Bortom 20 m understiger strålningen dessutom 15 kW/m² för den största pölbranden, vilket är tillåtet gränsvärde enligt förenklad dimensionering i Boverkets rekommendationer (BBRAD).



RAPPORT

I Tabell 19 redovisas en sammanställning av individriskberäkningen kopplat till de olika scenarierna för denna klass.

Tabell 19. Sammanställning av individriskberäkningar utomhus med brandfarlig vätska. Beräkningar utan åtgärder

Scenario	Grundfrekvens [per år]	Omskalningsfaktor	Konsekvensavstånd, längd [m]	Slutfrekvens [per år]
Pölbrand, 20 m ²	1,33E-06	0,012	6	1,598E-08
Pölbrand, 100 m ²	6,66E-06	0,032	16	2,13E-07
Pölbrand, 200 m ²	1,61E-06	0,05	25	8,07E-08

För pölbranden omfattande 200 m² uppkommer värmestrålningen 30 kW/m² ca 10 meter från lastbilen. Vid detta avstånd finns inga byggnader, och är dessutom inom det befolkningsfria avståndet, vilket påverkar samhällsriskerna i dessa fall. För de två mindre pölbränderna uppkommer denna värmestrålning vid ännu kortare avstånd varför byggnader inte bedöms påverkas i något fall.

Eftersom bara den största pölbranden uppnår en värmestrålning med dödlig påverkan bortom 15 meter, ingår endast detta scenario i samhällsriskberäkningen. Påverkan blir på personer som vid tillfället befinner sig utomhus. Samma antaganden om persontätheter som gäller enligt tidigare klasser gäller även här.

Tabell 20. Sammanställning av samhällsberäkningar med brandfarliga vätskor. Beräkningar utan åtgärder

Scenario	Byggnad	Tidpunkt	Frekvens	Antal omkomna
Pölbrand, 200 m ²	Ingen byggnad. Utomhus	Dag	8,07E-07	2
Pölbrand, 200 m ²	Ingen byggnad. Utomhus	Natt	8,07E-07	0