

RISKUTREDNING



Uppdragsledare
Anders Starborg
Tel
010-505 73 82
E-post
Anders.starborg@afconsult.com

Datum
2017-05-23
Projekt-ID
738052
Beställare
Stadsbyggnadskontoret,
Jönköpings kommun

Riskutredning kv Maden och kv Sömnaden

Uppdragsledare Anders Starborg
Handläggare Joel Rödström
Kvalitetssäkring Oscar Lindén

Version	Status	Datum
1.0	Granskningshandling	2017-05-23



RISKUTREDNING

Sammanfattning

Denna riskutredning utreder risker kopplat till hantering av brandfarlig vara (drivmedelsstation och återförsäljare av färg) och transport på primär farligt gods-led väg E4 invid kv Maden och kv Sömnaden i Huskvarna. Fastigheterna används idag av lätt industri, men ambitionen är att utveckla området med bostäder och skola.

Syftet med riskutredningen är därför att ge svar på frågan om områdena kan bebyggas enligt angivna förutsättningar med godtagbara risknivåer för individ och samhälle, och vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

Så länge drivmedelsstationens disposition och fastighetsgräns inte förändras, behöver inte skyddsavstånd beaktas vid förändring av området norr om drivmedelsstationen. Återförsäljaren av färg bedöms inte kunna orsaka konsekvenser utanför den egna fastigheten.

Utifrån tillgänglig statistik rörande transport av farligt gods identifierades följande olycksscenario med påverkan på planområdet:

- Olycka med explosiva ämnen
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Oxiderande ämnen: explosion och brand

Enligt den kvantitativa riskanalysen är individrisken acceptabel (förutom i området närmast vägen men där bedöms få eller inga vistas) och samhällsrisken är acceptabel om lämpliga riskreducerande åtgärder genomförs. Risknivåerna jämfördes med de av DNV framtagna riskacceptanskriterierna.

Givet de olycksscenario som identifierades och att åtgärder ska övervägas för att sänka samhällsrisken, bedöms följande riskreducerande åtgärder vara lämpliga:

- Friskluftsintag förläggs på fasad som vetter från väg E4, på fastighetens högsta punkt och längsta avstånd från väg E4. Ventilationsaggregat ska också kunna stoppas manuellt. Gäller två första rader med fastigheter i område B.
- I första radens fastigheter i område B ska utrymning bort från väg E4 alltid vara möjligt.
- Området mellan väg E4 och fastigheten ska disponeras så att den ej uppmanar till stadigvarande vistelse.
- Bostäder bör ej förläggas närmre än 20 meter från Grännavägen.

Sammanfattningsvis bedöms att byggnation enligt angivna förutsättningar bör vara acceptabel ur ett riskperspektiv, förutsatt att de riskreducerande åtgärder som föreslås i denna riskutredning genomförs vid byggnation i kv Sömnaden och kv Maden.



RISKUTREDNING

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1.1 Syfte och bakgrund	5
1.2 Metod	5
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	6
1.5 Kvantitativa riskmått	7
1.6 Samhällsrisk	8
2 Riskvärdering.....	9
2.1 Riskkriterier.....	9
3 Skyddsobjekt.....	11
4 Beskrivning av områdena	11
4.1 Kv Maden.....	11
4.2 Kv Sömnaden	11
4.3 Individtäthet.....	12
5 Grovriskanalys	14
5.1 Drivmedelsstation – Preem Huskvarna, Grännavägen 20.....	14
5.2 Brandfarlig vara – Induf AB, Grännavägen 22	14
5.3 Farligt gods	15
6 Riskanalys	16
6.1 Kvantitativ analys farligt gods.....	16
6.1.1 Mängder	16
6.1.2 Olycksscenario.....	18
6.1.3 Sammanfattning olycksscenario farligt gods	21
6.2 Kvalitativ analys drivmedelsstation.....	21
7 Resultat kvantitativ analys.....	24
7.1 Individrisk	24
7.2 Samhällsrisk	25
7.3 Omkomna per scenario	25
7.4 Samhällsrisk efter riskreducerande åtgärder	27
8 Osäkerhet- och känslighetsanalys.....	29
8.1 Känslighetsanalys.....	29
8.2 Osäkerhetsanalys.....	29
9 Riskbedömning	31
10 Slutsatser.....	31
11 Referenser.....	32
Bilaga A – Frekvensberäkning	34



RISKUTREDNING

Trafikolycka väg	34
Olycka explosiva ämnen	35
Olycka brandfarlig gas	36
Olycka giftig gas.....	38
Olycka brandfarlig vätska	39
Olycka med oxiderande ämne	40
Bilaga B – Konsekvensberäkning	42
Olycka med explosiva ämnen	42
Olycka brandfarlig gas	45
Olycka giftig gas.....	46
Olycka brandfarlig vätska	49
Olycka med oxiderande ämne	51

UTKAST



RISKUTREDNING

Inledning

1.1 Syfte och bakgrund

Jönköpings kommun har gett ÅF i uppdrag att utföra en riskutredning för kvarteret Maden och kvarteret Sömnaden i Huskvarna beläget i norra Jönköpings tätort. Jönköpings kommun planerar att utveckla kv Maden och kv Sömnaden från renodlat industriområde till bostadsområde med inslag av arbetsplatser. Förändringen förväntas ske i steg, varför vissa verksamheter som finns på platsen idag kommer existera parallellt med nya verksamheter. På grund av detta tar Jönköping nu fram en fördjupad översiktsplan för kv Maden och en detaljplan för kv Sömnaden.

Syftet med denna riskutredning är att undersöka för områdena aktuella risker för hälsa och säkerhet, och ta fram eventuella skyddsavstånd och/eller riskreducerande åtgärder.

1.2 Metod

Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

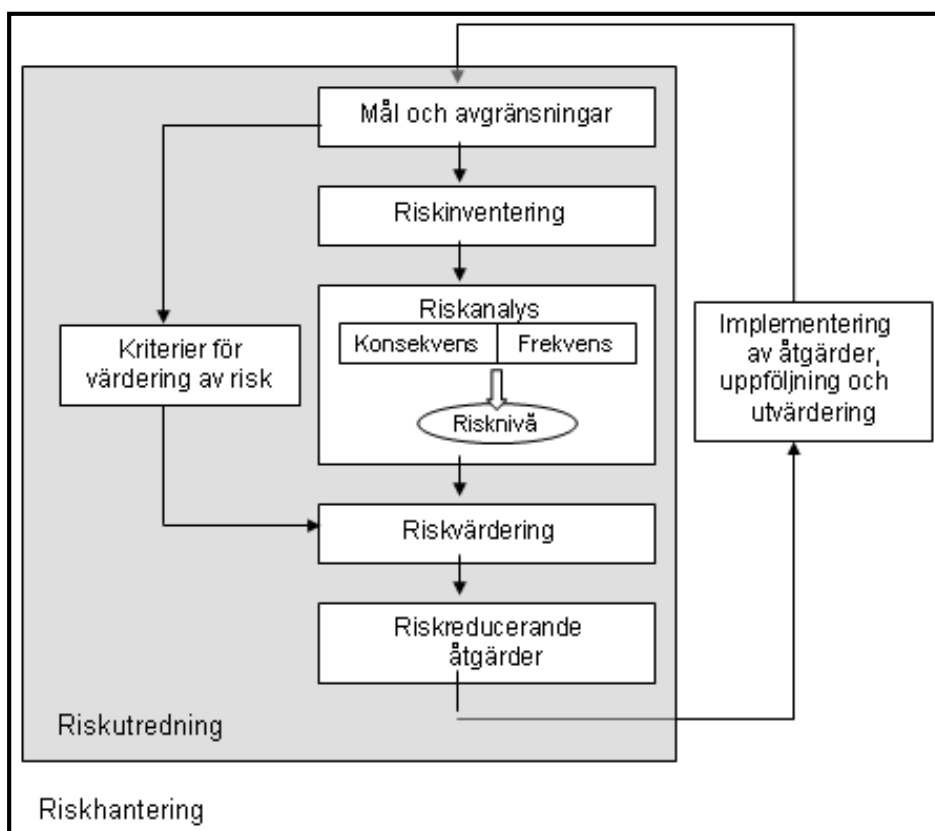
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarion presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenariorna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 1 nedan.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram (2006).



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

I denna riskutredning innebär delmomenten ovan följande steg:

- Beskrivning av fastigheten och omgivningarna.
- Inventering av riskkällor
 - o Väg E4, farligt gods
 - o Tillståndsinnehavare brandfarlig och explosiv vara
 - o Drivmedelsstation
- Olycksscenarion
- Analys av olycksscenarion (kvalitativ resp. kvantitativ)
- Beskrivning av osäkerheter och känslighet
- Riskvärdering utifrån aktuella riktlinjer
- Framtagande av eventuella skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder

1.3 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planärendet för kv Maden och kv Sömnaden.

Riskutredningen undersöker olyckor som har påverkan på människor så att de kan förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej.

Risknivåer undersöks endast 150 meter från led för farligt gods, eftersom det på avstånd över 150 meter ej finns riktlinjer kring markanvändning invid led för farligt gods.

1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, är Plan- och bygglagen (2010:900) och miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen



RISKUTREDNING

framgår 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. I Miljöbalken anges att när en detaljplan upprättas ska en miljöbedömning genomföras, och om planförslaget där kan antas medföra betydande miljöpåverkan (påverkan på miljö eller människors hälsa), ska en miljökonsekvensbeskrivning genomföras.

Det anges i lagtext inte i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har därför riktlinjer, kriterier och rekommendationer givits ut av länsstyrelser och myndigheter gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Enligt Länsstyrelsen i Jönköpings län (Aronsson, 2017) skall Länsstyrelsen i Hallands läns riktlinjer *Riskanalys av farligt gods i Hallands län* (2011) användas vid fysisk planering invid led för transport av farligt gods i Jönköpings län.

Tabell 1: Basavstånd och reducerat avstånd för typbebyggelse och typ av väg. Avstånd räknas från närmsta väggkant (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011).

Typ av bebyggelse	Basavstånd [m] / Reducerat avstånd [m]	
	Väg-Hög (E6, väg 25, m.fl.)	Väg-Låg (Väg 154, m.fl.)
Bebyggelsefritt	30/20	25/15
Industri	50/20	30/15
Kontor	50/20	40/15
Småhus	100/50	60/40
Tätort	100/30	60/30

För aktuella områden bör Väg-Hög användas, eftersom väg E4 rimligtvis klassificeras som en mycket trafikerad väg.

1.5 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering används två olika kvantitativa riskmått som jämförs med vedertagna riktlinjer, nämligen individrisk och samhällsrisk.

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att enskilda individer ska omkomma inom eller i närheten av ett system, d.v.s. sannolikheten att en individ som befinner sig på en specifik plats omkommer eller skadas. Individrisken är platsspecifik, och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen.

Individrisken beräknas enligt:

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

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . $p_{f,i}$ är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från led för farligt gods, kan individrisken för området presenteras.



RISKUTREDNING

1.6 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som påverkas vid olika skadescenarier. Då beaktas befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av individtäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att individtätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Samhällsriskens beräknas enligt formel 2 nedan.

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

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{x,y}$ är antalet individer i punkten x, y och $p_{f,i}$ definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsriskens redovisas normalt i F/N-kurvor.

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

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor.

F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.



RISKUTREDNING

2 Riskvärdering

Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

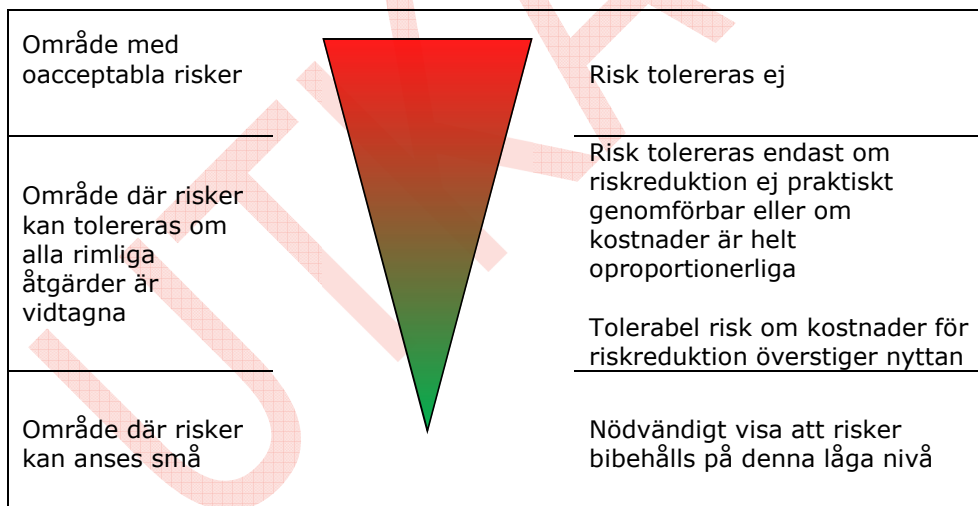
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

2.1 Riskkriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier (Räddningsverket, 2006) gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2.



Figur 2: Princip för värdering av risk.

Följande förslag till tolkning rekommenderas:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan



RISKUTREDNING

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 ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nytto-analys.

- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 2006):

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

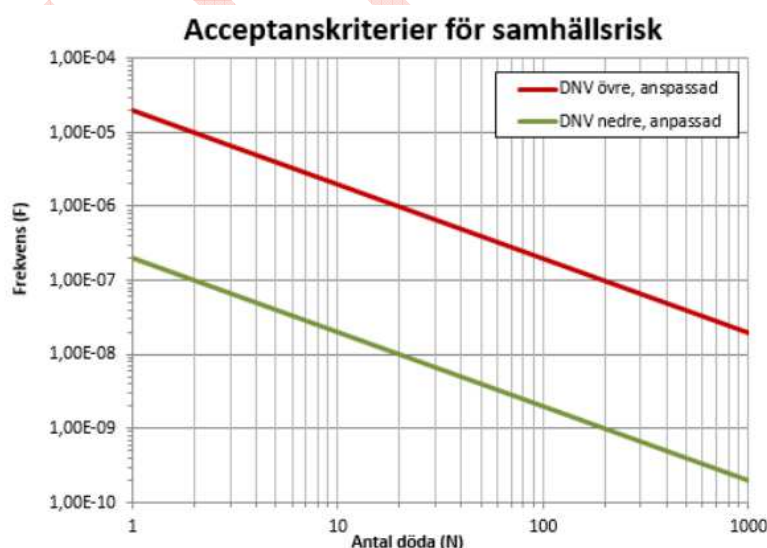
Kriterierna avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

Kriterierna för samhällsrisk enligt Räddningsverket beskrivs av ett intervall i ett logaritmiskt diagram med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 2006):

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

Kriterierna anpassas med hänsyn till att undersökt sträcka endast är 400 m lång att berört område endast beläget på ena sidan av farligt gods-led. De anpassade kriterierna syns i Figur 3.



Figur 3. Acceptanskriterier för samhällsrisk.



RISKUTREDNING

3 Skyddsobjekt

I riskutredningen utgörs skyddsobjekten av de människor som vistas inomhus och utomhus inom kv Maden respektive kv Sömnaden.

4 Beskrivning av områden

Figur 4 visar en översiktsbild över kv Maden och kv Sömnaden. Längs med väg E4 är områdena tillsammans ungefär 400 m långt. Denna sträcka används senare i frekvensberäkningar för farligt gods.



Figur 4: Översiktsbild över kv Maden (orange) och kv Sömnaden (lila). Grundkarta från Eniro.se (2017).

4.1 Kv Maden

Kv Maden ligger i norra Huskvarna, och har en area av 11 hektar. I väster återfinns väg E4 och på lite längre avstånd sjön Vättern. Området söder och öster om kv Maden karakteriseras av villakvarter. I norr återfinns kv Sömnaden, vilket i dagsläget nyttjas av lättare industriföretag, men som i en nära framtid planeras för utveckling till bostadsområde.

4.2 Kv Sömnaden

Kv Sömnaden ligger i Huskvarna, strax norr om kv Maden. Idag karakteriseras området av lätt industri, men användningen som riskutredningen undersöker är den som illustreras i Figur 5. Kv Sömnadens totala yta är ungefär 12 600 m².



4.3 Individtäthet

Denna siffra är en maximal individtätet när "alla är hemma". För att beräkna en genomsnittlig individtätet används vad som föreslås i Purple Book (Haag & Ale, 2005) rörande hur många som är hemma dagtid kontra nattetid, och om de som är hemma befinner sig inomhus eller utomhus. Andelarna presenteras i

Sida 12 (51)



RISKUTREDNING

Tabell 2: Faktiskt individtäthets andel av maximal individtäthet, beroende av tid på dygnet och inom-/utomhus.

Område	Dagtid		Nattetid	
	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
B	65%	5%	93%	7%
SB	65%	5%	93%	57%

Sammanlagt ger ovanstående antaganden rörande maximal individtäthet och hur den varierar över dygnet de genomsnittliga individtätheter inomhus respektive utomhus som presenteras i Tabell 3.

Tabell 3: Individtäthet för respektive område inomhus kontra utomhus, område intill vägen redovisas ej eftersom ingen förväntas vistas där.

Område	Individtäthet [pers/m ²]
B, inomhus	$7,26 \cdot 10^{-2}$
B, utomhus	$5,49 \cdot 10^{-3}$
SB, inomhus	$6,25 \cdot 10^{-2}$
SB, utomhus	$4,74 \cdot 10^{-3}$



RISKUTREDNING

5 Grovriskanalys

I detta kapitel görs en inventering över vilka riskobjekt för vilka möjliga olycksscenarion har påverkan in på planområdet.

De riskobjekt som identifierats är en drivmedelsstation, en återförsäljare av färgprodukter och väg E4 som är en utpekad primär led för transport av farligt gods. Inga andra riskobjekt har identifierats i grovriskanalysen.

5.1 Drivmedelsstation – Preem Huskvarna, Grännavägen 20

Drivmedelsstationen har tillstånd enligt lagen om brandfarlig vara att hantera 100 m³ brandfarlig vara klass 1¹ och 20 m³ brandfarlig vara klass 3¹.

De olyckor och konsekvenser som kan inträffa vid en drivmedelsstation omfattande hanterade brandfarliga vätskor är mycket lika de som tas upp under farligt godsklassen klass 3 (brandfarliga vätskor).

En av de mest riskfyllda situationerna kring drivmedelsstationer involverar lastning/lossning av drivmedel då en förhöjd brand- och explosionsrisk föreligger. Det är dock mycket ovanligt att olyckor som involverar brand och explosioner inträffar vid drivmedelsstationer. En av de vanligaste olyckshändelserna som uppkommer vid drivmedelsstationer är istället olika former av spill. Spill av brandfarliga vätskor kan ske från pumpmunstyckena som kunderna använder. Dessa kan leda till utsläpp vid lossning på grund av exempelvis otäta kopplingar, slangbrott, överfyllning m.m. och då bilda en pöl varifrån förångning kan ske. Relativt vanligt förekommande är att kunder glömmer handtaget från terminalen kvar i bilen och kör iväg vilket leder till spill inom området. Det finns risk för att ångorna antänds i kontakt med tändkällor såsom heta ytor, statisk elektricitet eller öppna lågor. Eftersom ångorna är tyngre än luft sker en ansamling i lågpunkter i utsläppets omgivning.

Motivering

Drivmedelsstationen på Grännavägen 20 kommer eventuellt omlokaliseras i framtiden, men under områdets omvandling till framtida utformning är det troligt att den kommer finnas kvar.

De scenarion som är mest troliga vid hantering på en drivmedelsstation är sådana som kan leda till en pölbrand. En pölbrand beräknas ha ett konsekvensområde på ungefär 30 meter. Drivmedelsstationen inkluderas i den fortsatta analysen eftersom det är önskvärt att klargöra de skyddsavstånd som måste efterföljas när området utvecklas.

5.2 Brandfarlig vara – Induf AB, Grännavägen 22

Induf AB importerar olika typer av färgprodukter för professionella verksamheter. För detta ändamål har man tillstånd enligt lagen om brandfarlig vara att hantera 11 m³ brandfarlig vara klass 1¹ och 5000 liter aerosoler.

Majoriteten av hanteringen av brandfarlig vara klass 1 sker i obruten förpackning, endast en begränsad mängd färgprodukt bryts. Färgprodukterna, mestadels färger men också lösningsmedel förvaras på burk eller flaska om 0,25 till 20 liter.

¹ Klassificering enligt lagen om brandfarlig och explosiv vara. Klassificeringen grundas på flampunkt. Transport av farligt gods på väg regleras enligt ADR-regelverket, där klassificeras brandfarlig vätska som klass 3 enligt ADR-regelverket.



RISKUTREDNING

Motivering

Induf AB förutsätts följa bestämmelser i sitt tillstånd för brandfarlig vara. Eftersom man hanterar brandfarlig vara och aerosoler i mindre förpackningar, bedöms möjliga olycksscenarion ha konsekvensområden som begränsar sig till den egna fastigheten.

Riskerna från Induf AB bedöms därför i sammanhanget försumbara så länge inte verksamhetens art inte förändras jämfört med vad som angivits i tillståndet för brandfarlig vara. De risker som finns, t.ex. en fullt utvecklad brand i den största brandcellen, bedöms hanteras i Boverkets byggregler som svenska hus byggs enligt.

5.3 Farligt gods

Väg E4 är belägen väster om kv Maden och kv Sömnaden, och är utpekad som primär led för farligt gods (Länsstyrelsen Jönköping, 2003). Avståndet varierar mellan väg E4 och aktuella områden varierar mellan cirka 30 och 70 meter.

Motivering

Väg E4 är en av Sveriges mest trafikerade vägar, detta i kombination med att den är utpekad som primär led för transport av farligt gods gör det troligt att det transporteras farligt gods. Därför bör en riskanalys genomföras som kvantifierar risken och undersöker behovet av skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder.



RISKUTREDNING

6 Riskanalys

6.1 Kvantitativ analys farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport.

6.1.1 Mängder

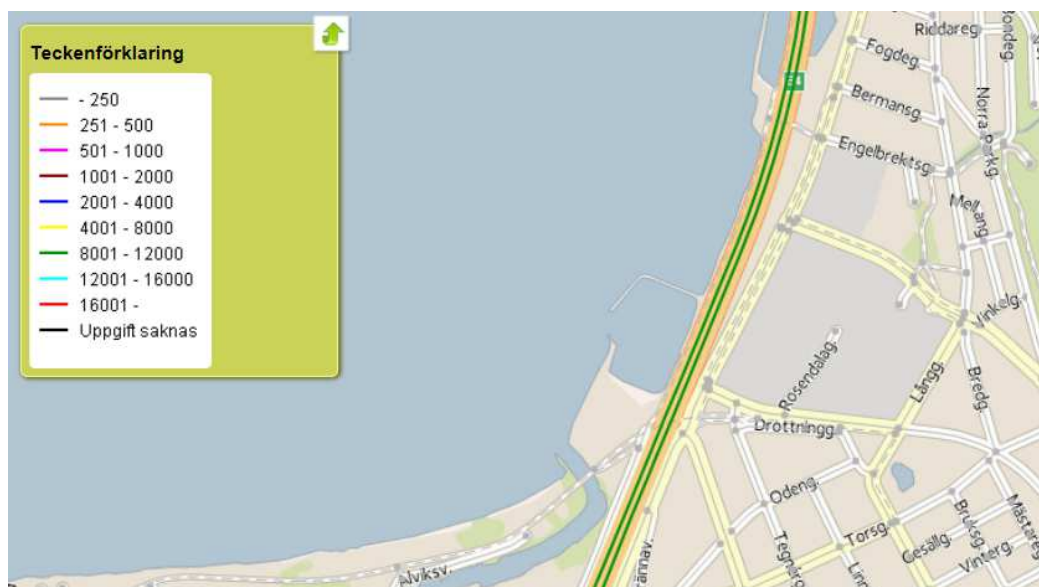
Enligt den inventering som gjordes 2006 av dåvarande Räddningsverket (2006), transporterades farligt gods på E4 förbi kv Maden och kv Sömnaden. Enligt Trafikanalys (Trafikanalys, 2012) har transporten av farligt gods sedan början av 2000-talet minskat då mer och mer transport går på järnväg. Mellan 2000 och 2010 anger man att transportarbetet för farligt gods har minskat med 30 procent. Trafikanalys anger också att 3 % av tung trafik utgörs av farligt gods. I denna utredning antas konservativt att istället 5 % av tung trafik utgörs av farligt gods.

Fördelningen av farligt gods finns att hämta i (Trafikanalys, 2010) men även i Räddningsverkets kartläggning (2006). Utifrån båda dessa underlag har en fördelning av farligt gods på aktuell sträcka tagits fram, se Tabell 4. Den överskattar bidraget av de klasser som brukar anses ha konsekvenser i riskutredningar. Dessa klasser presenteras i avsnitt 6.1.2.

Tabell 4: Uppskattad fördelning av ADR-klasser.

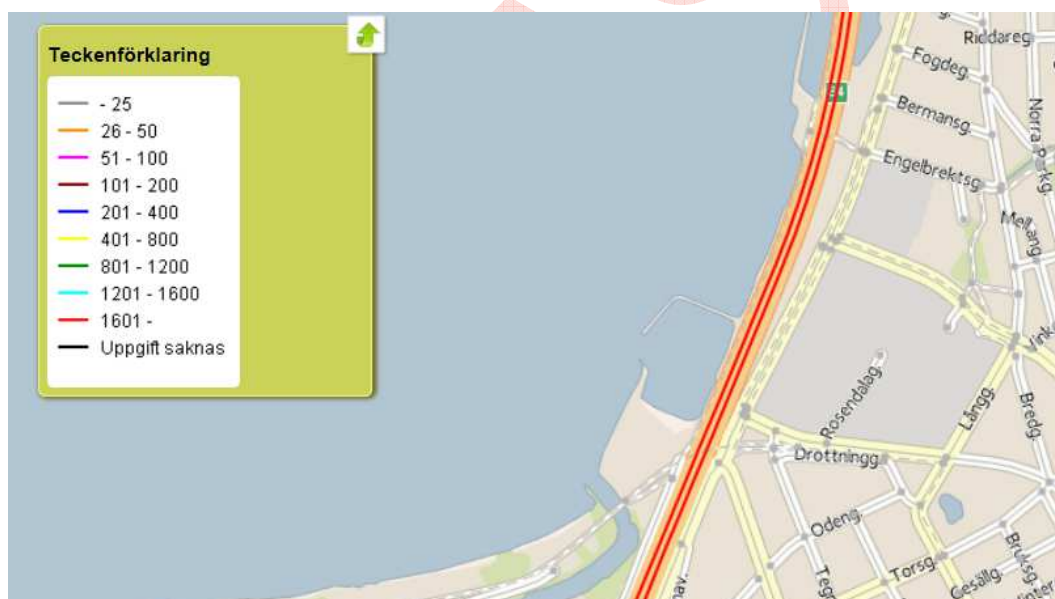
ADR	Typer	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen	0,5
2.1	Brandfarlig gas	4
2.3	Giftig gas	0,5
3	Brandfarlig vätska	67
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	1
5	Oxiderande ämnen	2
6.1	Giftiga ämnen	0
6.2	Smittförande ämnen	0
7	Radioaktiva ämnen	0
8	Frätande ämnen	19
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0

Statistik rörande mängder tung trafik och total trafik (ÅDT) tillhandahålls av Trafikverket genom Nationell vägdatabas (Trafikverket, 2017). Statistiken presenteras i Figur 6.



Figur 6: Utdrag från NVDB (Trafikverket, 2017). Total trafik (ÅDT) förbi aktuellt område är inom spannet 8001-12000 fordon per dygn i vardera riktningen.

I beräkningarna antas konservativt att 12000 fordon passerar i varje riktning varje dag (ÅDT). Mätningarna är gjorda under år 2015.



Figur 7: Utdrag från NVDB (Trafikverket, 2017). Tung trafik (ÅDT) förbi aktuellt område anges i ett spann som saknar övre gräns, undre gräns är 1601 fordon. Intervallet presenteras i NVDB utan övre gräns, men mätningen angav 2208 lastbilar som mätvärde.

I beräkningarna används ÅDT 2300 fordon i vardera riktningen för tung trafik. Mätningarna är gjorda 2015.

För att ta höjd för en eventuell ökning av transporterad mängd farligt gods och i övrigt ökad trafik på vägarna antas att transporterna ökar med 1 % årligen. I beräkningarna räknas därför ÅDT total och ÅDT tungtrafik upp med 1 % från 2015 till 2035 vilket innebär en ökning med 22 %.

Frekvensen för olycka med farligt gods på sträckan förbi området beräknas sen enligt metod som beskrivs i Bilaga A. Enligt metoden uppskattas frekvens för olycka med



RISKUTREDNING

farligt gods på en sträcka av 400 meter framför kv Maden och kv Sömnaden (se Figur 4) inträffa med en frekvens $1,96 \cdot 10^{-2}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär var 50:e år.

6.1.2 Olycksscenarion

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport.

Explosiva ämnen (klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter, upp till 200 m. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut mm. 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 värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dyl. som flyger iväg från olycksplatsen (VTI, 1994).

Bedömning: Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt, bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna.

Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på kondenserad brandfarlig gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE

Jetbrand:

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken (FOA, 1998).

Gasmolnsbrand/explosion:

Om gasen vid ovanstående scenario 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 (FOA, 1998). Det antas dock att gasmolnet inte antänds förrän det har blandats upp med luft, varför en gasmolnsexplosion bedöms som det troliga scenariot.

BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under



RISKUTREDNING

avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Bedömning: Brandfarlig gas transporteras förbi området, och om en olycka skulle ske är det troligt att detta leder till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

Kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka och kan påverka områden hundratals meter från källan. De två gaser som vanligtvis brukar involveras i riskutredningar är ammoniak och klorgas.

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 AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 2700 ppm under 10 minuter exponering.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 50 ppm under 10 minuter exponering.

Bedömning: En olycka med kondenserad giftig gas kan ha konsekvenser in i planområdet, varför ovan nämnda olycksscenarion undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks vidare.

Brandfarlig vätska (klass 3)

En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett spill som bildar en pöl som senare antänds. Sannolikheten för en brand i diesel bedöms vara avsevärt lägre än för bensin (på grund av bensins höga flyktighet) varför olyckan antas vara brand i bensin.

Bedömning: Olyckor med brandfarlig vätska transporteras förbi fastigheten, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheten, varför klassen undersöks vidare.

Brandfarligt fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen (klass 4)

Exemplen på ämnen inom klass fyra är metallpulver (t.ex. kisel- magnesium och aluminiumpulver), tändstickor, aktivt kol och fiskmjöl. Konsekvenserna av en olycka med dessa ämnen är brand med påföljande strålning och giftig rök.

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. För att t.ex. brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) ska leda till brandrisk krävs att det t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Mängden brandfarlig gas som bildas står i proportion till mängden tillgängligt vatten.



RISKUTREDNING

Bedömning: Eftersom konsekvenserna vid en olycka med klass 4 begränsas till området på olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i absolut närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

Oxiderande ämne (klass 5)

Klass fem består av underklasserna 5.1 Oxiderande ämnen och 5.2 Organiska peroxider.

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan det sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. Syrgas kan förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Bedömning: För att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa krävs att en serie av händelser ska inträffa vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna.

Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Identifierade olycksscenario bedöms inte vara relevanta i aktuellt planerande, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

Radioaktiva ämnen (klass 7)

Ämnen som räknas till klass sju kan vara medicinska preparat, mätinstrument, pacemakers och kärnavfall. Konsekvenserna är oftast väldigt begränsade till närområdet, men om stora mängder transporteras, t.ex. kärnavfall, kan konsekvenserna bli större.

Bedömning: Mängden radioaktiva ämnen som transporteras i området bedöms begränsas till mindre mängder ämnat för sjukhus på Södermalm med begränsade konsekvenser vid olycka, varför det inte bedöms som motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Frätande ämne (klass 8)

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om individer får ämnet på huden.

Bedömning: Eftersom konsekvenserna begränsas till område precis kring olyckan, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att individer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

Bedömning: Det bedöms inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvenserna avgränsas till området precis kring olyckan.



RISKUTREDNING

6.1.3 Sammanfattning olycksscenarioer farligt gods

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenarioer bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med explosiva ämnen
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand
- Olycka med oxiderande ämnen: explosion och brand

I bilaga A, B och C redogörs för sannolikhets- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

6.2 Kvalitativ analys drivmedelsstation

En drivmedelsstation som hanterar brandfarlig vätska kan orsaka flertalet olika olycksscenarioer.

- Utsläpp med pölbrand till följd av påfyllning av cisterner med brandfarlig vätska.
- Utsläpp med pölbrand till följd av transport med farligt gods.
- Utsläpp med pölbrand till följd av läckage vid tankning.
- Avdunstning av brandfarliga ångor från pöl med antändning av gasmoln som följd.
- Explosion efter bildning av brännbar gasblandning i tank.
- Explosion till följd av läckage av gasol med efterföljande antändning av gasmolnet.

För att hantera dessa risker finns vid utformning av bensinstationer olika barriärer, vilka kan vara både tekniska lösningar som ska förhindra misstag och mildra effekter av fallerande system och på så sätt minska sannolikheten för olycka, men även åtgärder som syftar till att reducera konsekvenser av en olycka, t.ex. att skyddsavstånd. Regler som beskriver hur en drivmedelsstation ska utformas sammanfattas i MSB:s skrift *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* (MSB, 2015).

Aktuell drivmedelsstation förutsätts utan djupare analys uppfölja de riktlinjer som gäller för drivmedelsstationer enligt vad som anges i ovan nämnda skrift.

Dock medför kraven för omgivande bebyggelse att förändringar i kv Maden medger att gällande krav kring avstånd upprätthålls i alla skeden av områdets utveckling. För kv Maden är följande avstånd aktuella att ta hänsyn till de avstånd som presenteras i Tabell 5.

Observera att om andra drivmedel än bensin, diesel och etanol hanteras, är andra regler och skyddsavstånd aktuella. Om fordonsgas hanteras ökar skyddsavstånden.



RISKUTREDNING

Tabell 5: För platsen aktuella skyddsavstånd (meter) från drivmedelsstation enligt MSB (2015).

Objekt/riskkälla	Påfyllningsanslutning till cistern	Mätarskåp	Pejlförskruvning	Cisternavluftsmykning
Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brandbelastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer	25 ^{2,3}	18 ¹	6	12
Byggnad där människor vanligen inte vistas (t.ex. fristående förråd, garage) eller objekt med låg brandbelastning	9	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6

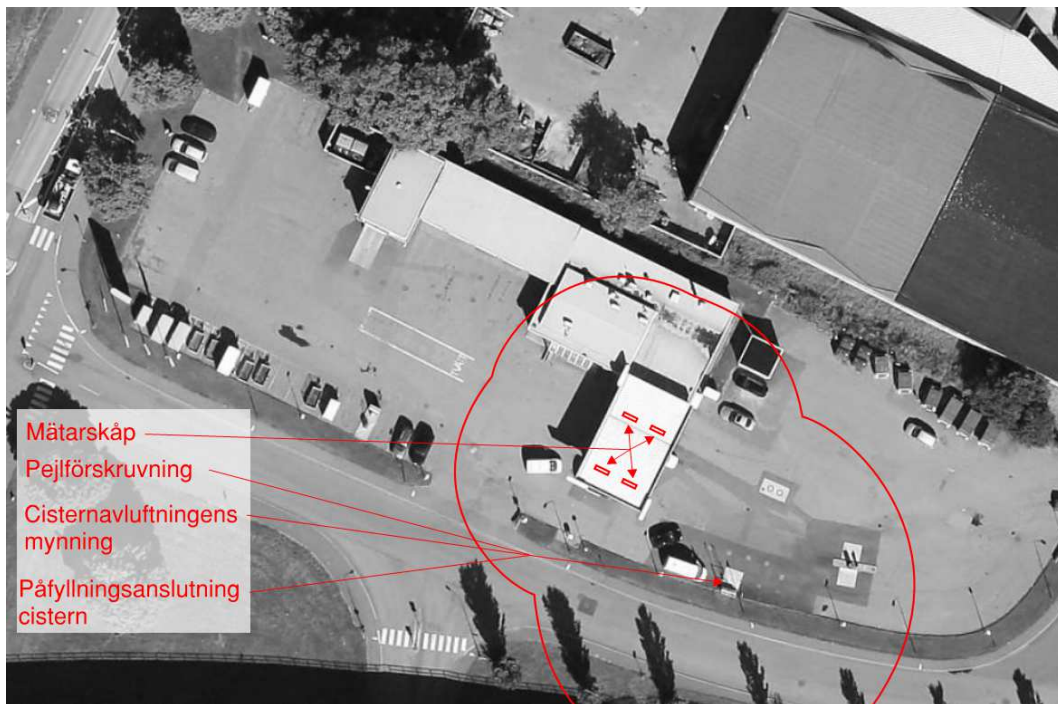
Observera att det i handboken för fler byggnader eller markanvändning är reglerat fler avstånd än de som presenteras ovan, så som stationsbyggnader, förrådsbyggnader med hög brandbelastning och miljöstationer.

Skyddsavstånden för "plats där människor vanligen vistas" bedöms som mest relevant för kv Maden. Det är också dessa skyddsavstånd som är störst. Givet placering av mätarskåp, pejlförskruvning, avluftning och påfyllning av cistern, tillsammans med respektive skyddsavstånd, blir det ackumulerade skyddsavståndet enligt vad som illustreras i Figur 8.

Skyddsavståndet för "plats där människor vanligen vistas" är inom drivmedelsstationens fastighets gränser, förutom i söder där gränsen går in i vägområdet.

² Busshållplats och gatukök utan gäster inomhus kan placeras minst 18 m från påfyllningsanslutning till cistern förutsatt att gästbord placeras minst 25 m från påfyllningsanslutning (MSB, 2015).

³ Avståndet kan halveras om vägg mot spillzon är av obrännbart material och lägst i brand-teknisk klass EI 60 utan ventilationsöppningar och brandtekniskt oklassade fönster. Hela avståndet gäller dock för in- och utgångar (MSB, 2015).



Figur 8: Ackumulerat skyddsavstånd för "plats där människor vanligen vistas".



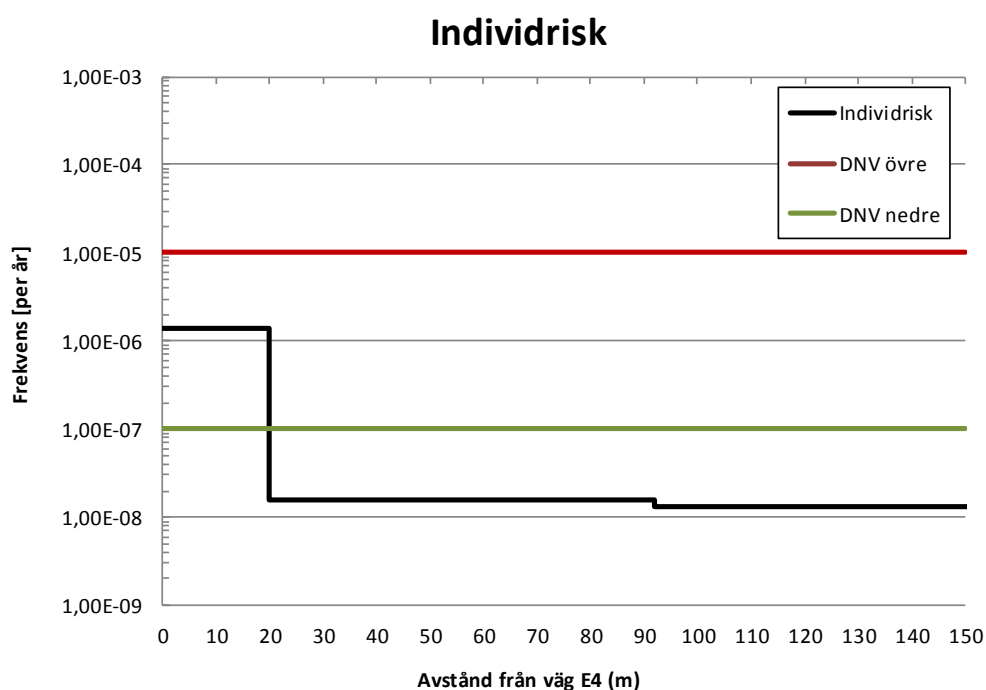
RISKUTREDNING

7 Resultat kvantitativ analys

Värderingen av risken består av en jämförelse med vedertagna kriterier (Räddningsverket, 2006) för vad som kan anses vara acceptabel risk. Samhällsrisken värderas både med och utan riskreducerande åtgärder.

7.1 Individrisk

I Figur 9 nedan presenteras beräknad individrisk i området härstammande från transport av farligt gods på väg E4 framför området.



Figur 9: Resultat av individriskberäkningar. Individrisken avser oskyddad individ på platsen.

Enligt beräkning ligger individrisken inom acceptabla nivåer inom hela området fram till 20 meter från vägen. Utsläpp av giftig gas, speciellt klorgas, medför enligt beräkningsmjukvaran mycket långa konsekvensavstånd, vilket förklarar varför individriskkurvan fortsätter ut mot höger.

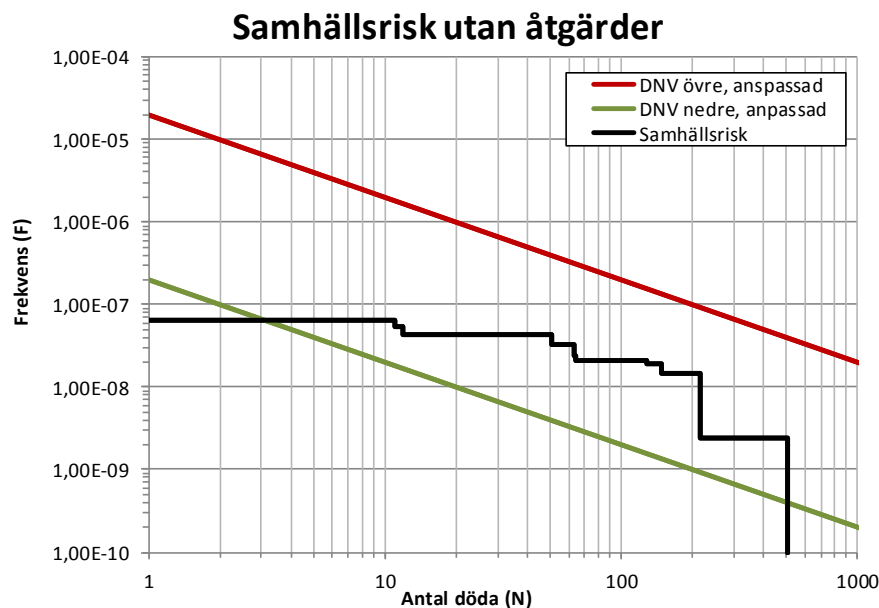
Frekvenserna har justerats med avseende på konsekvensområdets bredd.



RISKUTREDNING

7.2 Samhällsrisk

I Figur 10 nedan presenteras samhällsrisk för området.



Figur 10: Beräknad samhällsrisk inom planområdet. Aversionskurvorna är korrigerade för att ta hänsyn till planområdets utsträckning.

Den beräknade samhällsrisk ligger för alla undersökta olycksscenario inom ALARP-området, vilket innebär att risknivån bedöms vara acceptabel om rimliga åtgärder vidtas.

Aversionskurvorna har korrigerats med hänsyn till planområdets längd och bredd.

7.3 Omkomna per scenario

Flest förväntas omkomma vid scenarion med giftig gas och BLEVE. De scenarion som har relativt små konsekvensområden innebär få omkomna, eftersom ingen antas visats i område mellan vägen och område B.

Nedan presenteras undersökta olycksscenario, och hur många individer som omkommer i respektive område, se Tabell 6. Området invid vägen redovisas ej eftersom inga bedöms omkomma där.



RISKUTREDNING

Tabell 6: Antal omkomna individer per scenario och zon, utan åtgärder. Området invid vägen redovisas ej eftersom ingen beräknas omkomma där.

Händelse	Område B	Område SB	Totalt omkomna, innan åtgärd
Explosion, liten	0	0	0
Explosion, stor	0	0	0
Klorgas, litet läckage, vind hög	48	16	64
Klorgas, litet läckage, vind låg	163	53	216
Klorgas, stort läckage, vind hög	96	31	127
Klorgas, stort läckage, vind låg	384	125	509
Ammoniak, litet läckage, vind hög	10	0	10
Ammoniak, litet läckage, vind låg	60	3	63
Ammoniak, stort läckage, vind hög	38	13	51
Ammoniak, stort läckage, vind låg	163	53	216
Jetflamma mot området, liten	0	0	0
Jetflamma mot området, stor	12	0	12
BLEVE	148	0	148
Gasmolnsbrand, stor	0	0	0
Gasmolnsexplosion, stor	0	0	0
Liten pölbrand	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0
Oxiderande, explosion	0	0	0
Oxiderande, brand	0	0	0

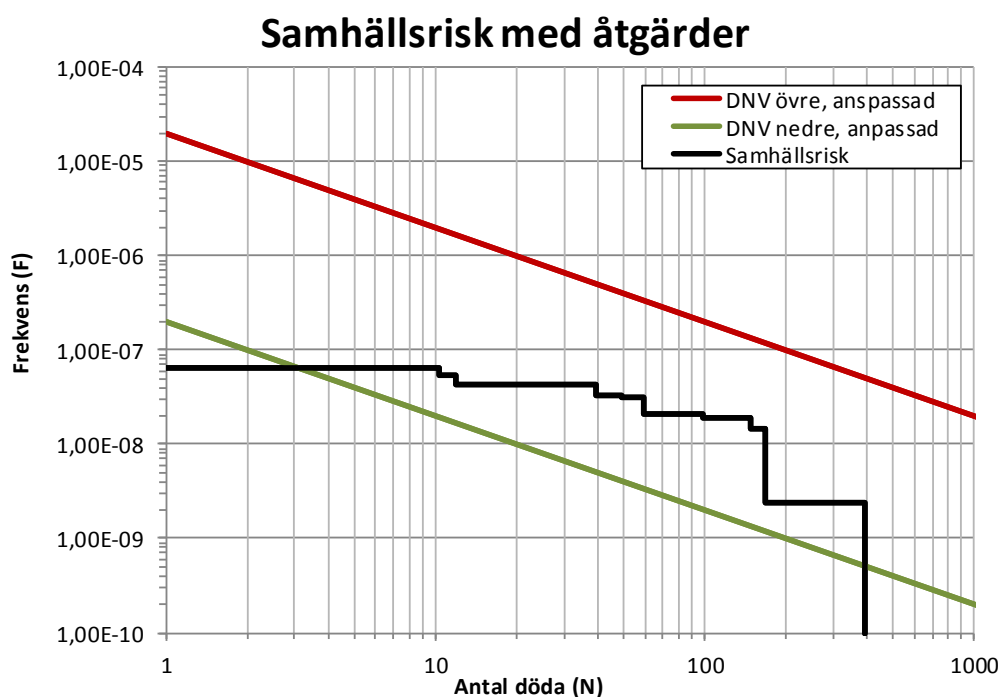


RISKUTREDNING

7.4 Samhällsrisk efter riskreducerande åtgärder

För att mildra konsekvenserna av de olycksscenario som undersöks, kommer ett antal åtgärder föreslås för att sänka risken. Åtgärden som föreslås är hur friskluftsintag placeras. Placeras de högt upp och så långt bort från E4 som möjligt, minimeras koncentrationen av giftig gas i friskluft i berörda fastigheter. I beräkningarna av ny samhällsrisk antas åtgärder sänka andelen som omkommer inomhus med en faktor tio. Antal omkomna vid respektive scenario presenteras i Tabell 7.

Andra åtgärder föreslås men dessa inkluderas ej i den nya beräkningen av samhällsrisk.



Figur 11: Samhällsrisk beräknad med friskluftsintag placerade på fasad som vetter från farligt gods-led.



RISKUTREDNING

Tabell 7: Antal omkomna individer per scenario och zon efter att åtgärder tagits i beaktande. I kolumnen "Totalt omkomna, innan åtgärd" visas omkomna individer som presenteras i Tabell 6.

Händelse	Zon2	Zon 3	Totalt omkomna, efter åtgärd	Totalt omkomna, innan åtgärd
Explosion, liten	0	0	0	0
Explosion, stor	0	0	0	0
Klorgas, litet läckage, vind hög	48	2	50	64
Klorgas, litet läckage, vind låg	163	5	169	216
Klorgas, stort läckage, vind hög	96	3	99	127
Klorgas, stort läckage, vind låg	384	13	397	509
Ammoniak, litet läckage, vind hög	10	0	10	10
Ammoniak, litet läckage, vind låg	60	0	60	63
Ammoniak, stort läckage, vind hög	38	1	40	51
Ammoniak, stort läckage, vind låg	163	5	169	216
Jetflamma mot området, liten	0	0	0	0
Jetflamma mot området, stor	12	0	12	12
BLEVE	148	0	148	148
Gasmolnsbrand, stor	0	0	0	0
Gasmolnsexplosion, stor	0	0	0	0
Liten pölbrand	0	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0	0
Oxiderande, explosion	0	0	0	0
Oxiderande, brand	0	0	0	0



RISKUTREDNING

8 Osäkerhet- och känslighetsanalys

8.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Transportarbete
- Sannolikhet för olyckor
- Individtäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl transportarbete som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av transportarbetet med 10% att den beräknade risken ökar med 10% inom frekvensdelen.

Det kan konstateras att förändring i individtäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i individtäthet och samhällsriskens känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av individtätheten ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i individtäthet innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarion bedöms som relativt stor men endast möjlig att värdera kvalitativt. Anledningen till detta är att scenarionberoendet är avgörande för konsekvensberäkningen. Att konsekvensen vid ett utsläpp av giftig gas är starkt beroende på vindriktning är exempelvis uppenbart.

8.2 Osäkerhetsanalys

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Transportarbete
- Sannolikhet för olyckor
- Individtäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende transportarbetet är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

Osäkerheten avseende individtäthet kan bedömas som liten utifrån nuvarande utformning och planerade aktiviteter i området. Inga större händelser såsom evenemang med stort personantal (tex. konserter) bedöms planeras inom planområdet även på längre sikt.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarion bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom flygplanshaverier, transporter av

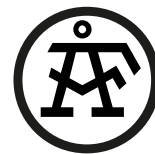


RISKUTREDNING

farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller. Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Den säkerställda trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid tidpunkten för framtagande av de modeller som används, vilket ger en högre frekvens än den som idag är aktuell.
- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Exempel på detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppslått lämnar vägbanan. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- ADR-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.
- ÅDT total trafik väljs som översta gränsen i spannet. Dessutom antas trafiken ha ökat med 1 % per år fram till år 2030 som väljs som prognosår.
- Flera byggnader antas i beräkningar ligga närmre väg E4 än vad de i själva verket gör.



9 Riskbedömning

Risken från drivmedelsstationen utgör främst scenarion med pölbrand. Sannolikheten för ett sådant scenario bedöms som mycket låg, men om det inträffar kan det få stora konsekvenser på grund av den kraftiga värmestrålning som skapas runt pölbranden. Utifrån skyddsavstånden som presenteras i Tabell 5 kommer de skyddsavstånd som gäller kring drivmedelsstationen hamna inom fastigheten (i norr) respektive ut mot vägen (i söder, bort från kv Maden). Så länge drivmedelsstationens disposition och fastighetsgräns inte förändras, behöver därför inte skyddsavstånden beaktas vid förändring av området norr om drivmedelsstationen.

Observera att om andra drivmedel än bensin, diesel och etanol hanteras, t.ex. fordonsgas, är andra regler och skyddsavstånd aktuella. Om fordonsgas hanteras ökar skyddsavstånden.

Risken från transport av farligt gods analyserades kvantitativt. Individrisken för fastigheten ligger inom acceptabla nivåer fram till 20 meter från vägen enligt de kriterier som förslagits av DNV. Närmre vägen än 20 meter är individrisken inom ALARP där åtgärder ska övervägas, men eftersom ingen förväntas vistas inom området närmast vägen, bedöms sådana åtgärder ej som rimliga.

Transport av farligt gods på Grännavägen kan förekomma. Som en försiktighetsåtgärd bör därför inte bostäder uppföras närmre Grännavägen än 20 meter. Denna åtgärd skyddar också mot mekanisk konflikt vid avåkningar.

Samhällsrisken är acceptabel men ligger inom området där riskreducerande åtgärder ska övervägas (ALARP). Att samhällsriskenivån ligger inom ALARP kan hänföras till scenarier med giftig gas (ammoniak och klorgas) och BLEVE som har låg sannolikhet att inträffa, men med stora konsekvenser i de scenarion som undersökts. BLEVE bedöms som ett mycket osannolikt scenario och har konsekvenser som med rimliga åtgärder är svår att skydda sig emot. Ökat avstånd minskar förvisso risken, men scenariot bedöms inte som dimensionerande. Därför föreslås följande åtgärder:

- Friskluftsintag förläggs på fasad som vetter från väg E4, på fastighetens högsta punkt och längsta avstånd från väg E4. Ventilationsaggregat ska också kunna stoppas manuellt. Gäller två första rader med fastigheter i område B.
- I första radens fastigheter i område B ska utrymning bort från väg E4 alltid vara möjligt.
- Området mellan väg E4 och fastigheten ska disponeras så att den ej uppmanar till stadigvarande vistelse.
- Bostäder bör ej förläggas närmre än 20 meter från Grännavägen.

Åtgärderna har stöd i de riktlinjer som Boverket och Räddningsverket (dåvarande MSB) tagit fram tillsammans, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (2006).

Den transport av farligt gods i form av brandfarlig vätska som sker till drivmedelsstationen inkluderas i bedömningen rörande risker från drivmedelsstation, och har explicit inte tagits i beaktande vid den kvantitativa riskanalysen av farligt gods.

10 Slutsatser

Förutsatt att de åtgärder som föreslagits införs vid byggnation av kv Maden och kv Sömnaden (inklusive skyddsavstånd kring drivmedelsstation) och att riskbilden inte förändras avsevärt, bör byggnation av områdena anses godtagbar ur riskhänseende.



RISKUTREDNING

11 Referenser

- Aronsson, N. (den 11 05 2017). Länsarkitekt, enhetschef. (J. Rödström, Intervjuare)
- Backman, A. (den 06 04 2017). Projektchef Viking Line.
- Boverket, Räddningsverket. (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport*.
- Eniro.se. (2017). Hämtat från Eniro kartor.
- EPA & NOAA. (2016). ALOHA, version 5.4.7. Office of Emergency Management (EPA) & Emergency Response Division, (NOAA).
- EPA. (den 25 09 2015). *CAMEO: Downloading, Installing, and Running ALOHA*. (EPA (United States Environment Protection Agency)) Hämtat från <http://www2.epa.gov/cameo/cameo-downloading-installing-and-running-aloha> den 06 02 2014
- EPA. (den 29 08 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Hämtat från EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*. Försvarets forskningsanstalt (FOA).
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*.
- Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*,. Borlänge: Banverket.
- Haag, & Ale. (2005). *Purple Book - Guidelines for quantitative risk assessment*. RVIM.
- HHS1. (2004). *Toxicological Profile for Ammonia*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- HHS2. (2010). *Toxicological profile for Chlorine*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety.
- Länsstyrelsen i Hallands län. (2011). *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*.
- Länsstyrelsen i Södermanlands län. (2015). *Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods*. Nyköping.
- Länsstyrelsen Jönköping. (2003). *Rekommenderade vägar för transporter av farligt gods i Jönköpings län. Jönköpings läns författningssamling*.
- Länsstyrelsen Stockholm. (den 30 03 2016). Länsstyrelsen i Stockholms läns kungörelse om sammanställning av rekommenderade vägar och lokala trafikföreskrifter för transport av farligt gods i Stockholms län. *01FS 2016:10*.
- Länsstyrelsen Stockholm. (2016). *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*. Stockholm: Enheten för samhällsskydd och beredskap.



RISKUTREDNING

- Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*.
- MSB. (2015). *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- NFPA. (2015). *Life Safety Code*. National Fire Protection Association.
- Purdy, G. (1993). *Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter*.
- Räddningsverket. (2006). *Värdering av risk*. Karlstad.
- TNO. (2005). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- Trafikanalys. (2010). *Lastbilstrafik 2010 (Statistik 2011:7)*.
- Trafikanalys. (2012). *Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrags. Rapport 2012:7*.
- Trafikverket. (den 09 05 2017). *Nationellvägdatabas*. Hämtat från Trafikverket.se: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>
- VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4*. Väg- och trafikforskningsinstitutet.



RISKUTREDNING

Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka på väg E4 på sträckan förbi aktuella områden för de händelser som tidigare identifierats och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar de båda fastigheterna.

Trafikolycka väg

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" (VTI, 1994) ges metoder för beräkning av frekvens för 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 vägningsnittet. 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).

Enligt uppskattningar av Trafikverkets data på NVDB (Trafikverket, 2017) är den totala trafikmängden, ÅDT, på väg E4 väster Huskvarna cirka 12 000 fordon i vardera riktningen men räknas upp till 14 640 fordon år 2035 enligt antagande om 1 % ökning varje år från året då mätningar utfördes, år 2015. Total trafikmängd i båda riktningar blir då 29 280 fordon. Vägsträckan som kan påverka planområdet är cirka 400 meter.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

Totalt trafikarbete = 29280 (fordon/dygn) x 365 (dygn) x 0,4 (km) = 4,27 miljoner fordonskilometer per år

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

Antal förväntade fordonsolyckor = O = Olyckskvot x Totalt trafikarbete x 10⁻⁶

Där olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. Olyckskvoten uttrycks i enheten olyckor/miljon fordonskilometer. Väg E4 utgörs på platsen av motorväg i landsbygd med hastighetsgräns 90 km/h. Olyckskvoten för dessa förhållanden är 0,32 olyckor per miljon fordonskilometer per år.

Nedan beräknas det förväntade antalet fordonsolyckor med avseende på ovanstående trafikarbete.

Förväntade fordonsolyckor (O) = Olyckskvot x trafikarbete = 0,32 x 4,27 = 1,37 olyckor/år

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor =

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

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägningsnittet



RISKUTREDNING

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på väg E4 beräknas som:

$$\text{Andelen farligt gods} = \text{ÅDT farligt gods} / \text{ÅDT total}$$

ÅDT farligt gods på väg E4 förbi aktuellt område beräknas till 281 stycken (5% av tung trafik, 1 % ökning varje år fram till år 2035), ÅDT total enligt ovan.

Andelen farligt gods beräknas till $X = 9,85 \cdot 10^{-3}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för väg E4 som på aktuellt vägsnitt utgörs av motorväg med hastighetsgräns 110 km/h är denna 0,5.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= O \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 1,96 \cdot 10^{-2} \text{ per år.}$$

Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är $8,27 \cdot 10^{-3}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 50:de år inom det studerade området.

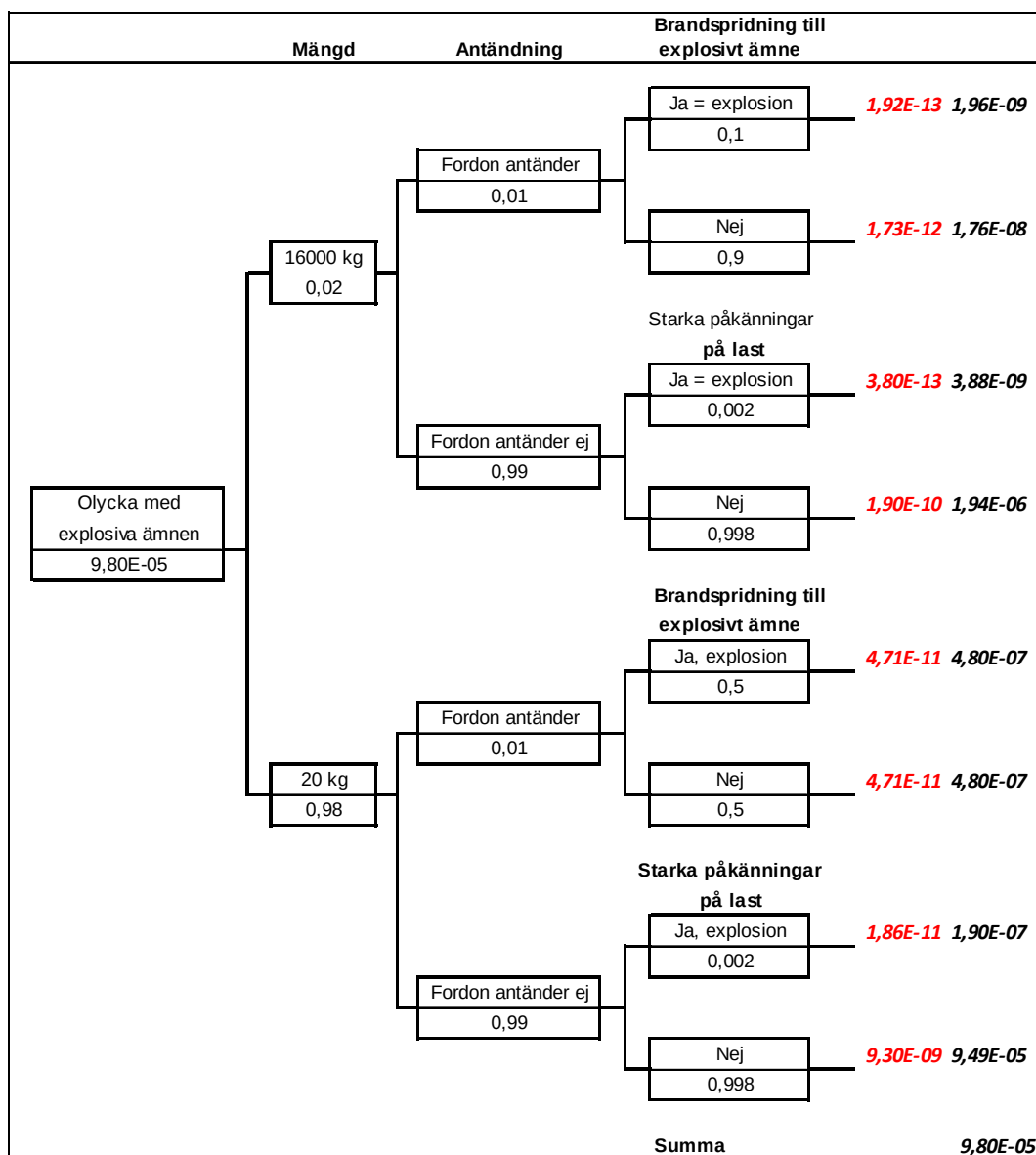
Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som presenteras i avsnitt 6.1.1.

Olycka explosiva ämnen

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 18.75 kg klass 1.1a, som konservativt får representera hela klass 1. Statistikunderlaget för klass 1 är begränsat. Men för analysen antas grovt att cirka 2 % av antal transporter har den maximala mängden 16 ton, och resterande har 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 (1991) anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2%. Denna sannolikhet används 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, vilket i praktiken är mycket konservativt.

Händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen som ligger till grund för individ- och samhällsriskberäkningar presenteras i Figur 12.



Figur 12: Händelseträd för olycka med explosiva ämnen.

Olycka brandfarlig gas

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandat i urspårning eller olycka innebär inte nödvändigtvis att uppstår ett läckage. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser under övertryck är sannolikheten 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med urspårning (Fredén, 2001).

Givet ett litet läckage är sannolikheten för en direkt antändning (jetflamma) och fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) 0,1 respektive 0,01 (Purdy, 1993). Givet ett stort läckage är sannolikheten 0,2 för direkt antändning (jetflamma) 0,2 och fördröjd antändning 0,5. En fördröjd antändning antas leda till en gasmolnsbrand.

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande (Purdy, 1993):



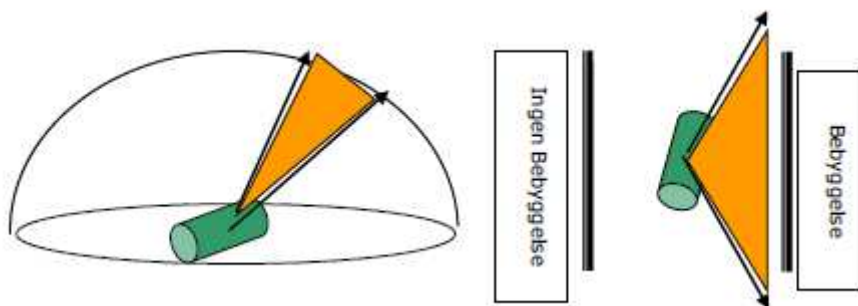
RISKUTREDNING

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

Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både till den vertikala och också den horisontella riktningen. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad mot bebyggelsen antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet ($20^\circ/360^\circ$) samt i horisontalplanet ($135^\circ/360^\circ$), Figur 13. 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 området ansätts till:

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



Figur 13: Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

Gasmolnsbrand

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.

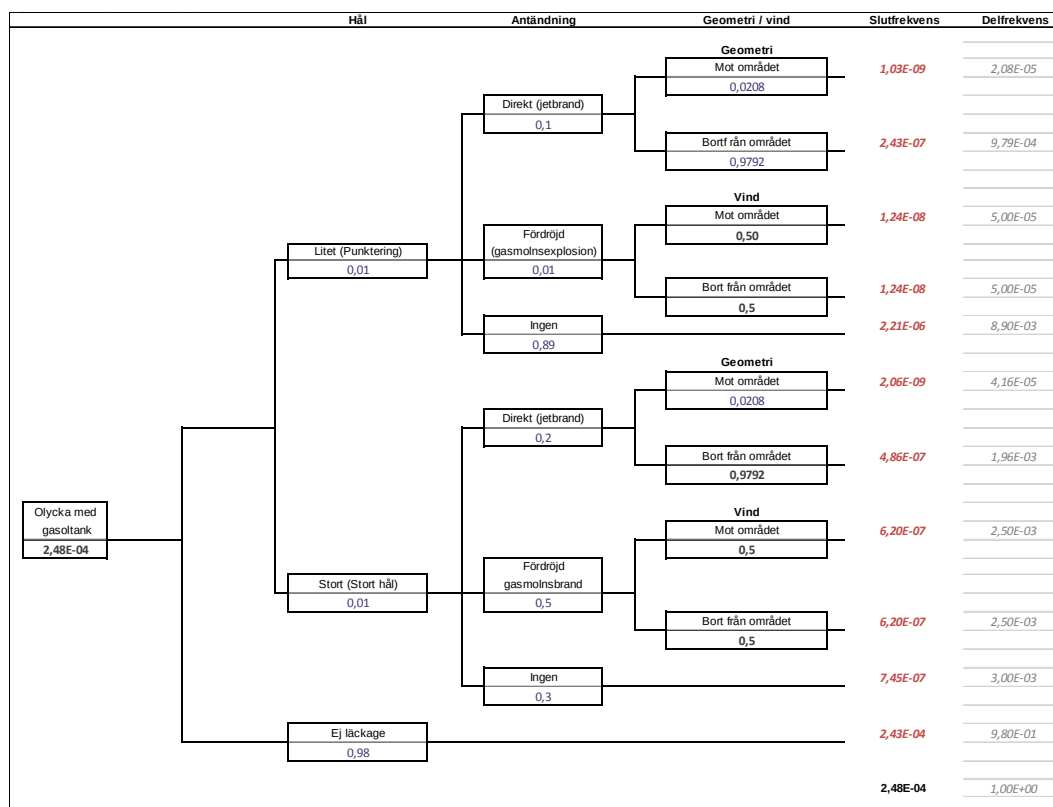
Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage (Purdy, 1993) men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

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

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta antas ske när vindriktningen är mot området. Sådana vindförhållanden antas föreligga vid 50 % av tiden.

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i Figur 14.



Figur 14: Händelseträd med frekvenser vid olycksscenario med brännbar gas.

Olycka giftig gas

Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning då dessa transporteras under liknande förhållanden. Gasen antas vara ammoniak.

$$S_{\text{läckage}} = 0,01$$

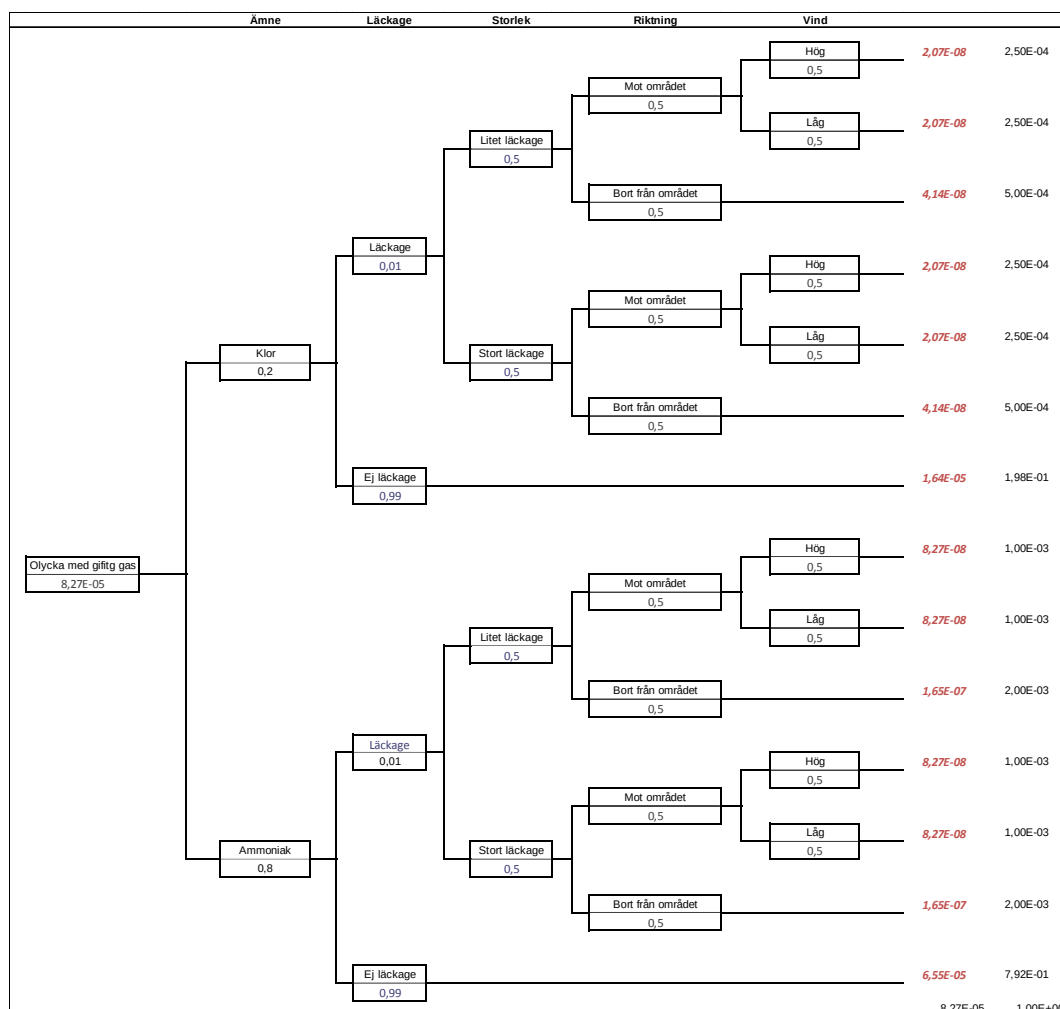
$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

$$S_{\text{spridning mot området}} = 0,5$$

Sannolikhet för spridning mot området är lika med sannolikheten för vindriktning mot området som i detta fall konservativt ansätts till 0,5.

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 15.



Figur 15: Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas.

Olycka brandfarlig vätska

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 (VTI, 1994).

I värderingen av sannolikheter tas även hänsyn till att pölens storlek beror på ytorna i området. Utifrån tillgängligt kartunderlag konstateras att vägen sluttar svag åt sydst, vilket innebär att eventuella utsläpp inte bildar växande pölar utan rinner som en rännil mot lägre punkter. Pölbranden kan förväntas ej röra sig närmre fastigheten än vägens yttre kant, eftersom vätskan här rinner ner i Saltsjöbanans makadam och effekten från branden då minskar drastiskt.

För analysen antas konservativt att olyckor på vägen kan ge en mellanstor pöl (100 m²), detta baserat utifrån vägbredd och att ett fack i tankbilen (4-5 m³) töms vid olyckan och medverkar i brandförloppet. Ett ytterligare konservativt antagande är att pölen trots vägens lutning är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma och därigenom högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

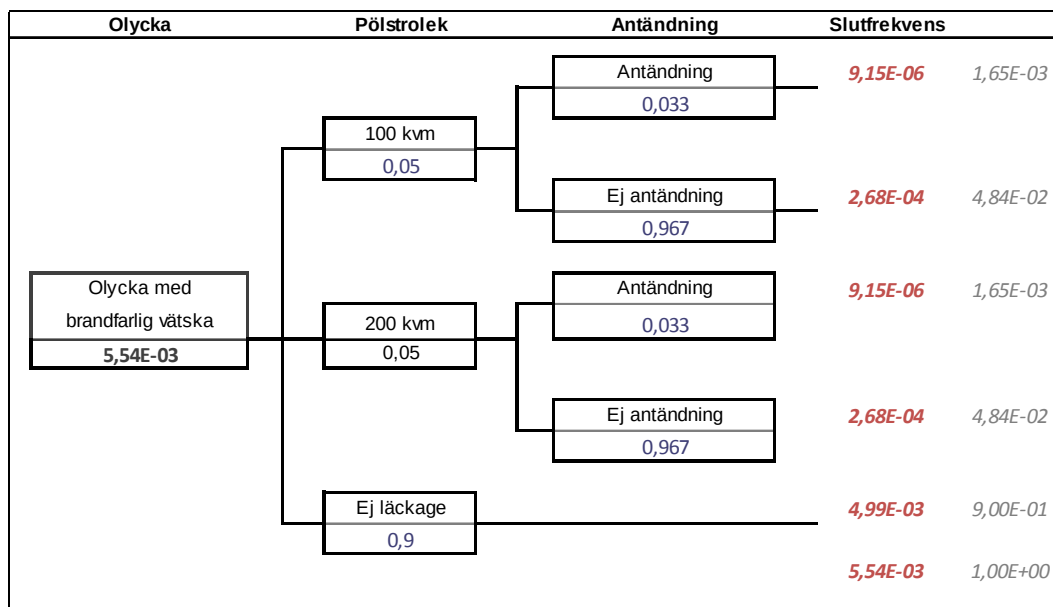
Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas att all brandfarlig vätska



RISKUTREDNING

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 (HMSO, 1991).

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 16.



Figur 16: Händelseträd för olycka med brandfarlig vätska.

Olycka med oxiderande ämne

Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen eller organiska peroxider medföra brand eller explosion. Explosion är möjligt vid de fall det oxiderande materialet sammanblandas organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. Sannolikheten för läckage antas vara samma som vid läckage av farligt gods klass 3, dvs. 20%. Sannolikheten att lasten vid läckage sammanblandas med organiskt material i form av fordonets bränsle antas vara 10%. Sannolikheten för antändning sätts till densamma som för att antända en stor pöl av farligt gods klass 3, dvs 6 %. Med hjälp av dessa uppskattningar kan nu händelseträdet konstrueras enligt Figur 17.

RISKUTREDNING



Olycka	Blandning	Antändning	Slutfrekvens	Delfrekvens
Olycka med oxiderande ämne 3,92E-04	Ja 0,02	Ja, Explosion 0,06	4,70E-07	1,20E-03
		Nej 0,94	7,37E-06	1,88E-02
	Nej 0,18	Ja, Brand 0,06	4,23E-06	1,08E-02
		Nej 0,94	6,63E-05	1,69E-01
	Ej Läckage 0,8		3,14E-04	8,00E-01
Summa:			3,92E-04	1,00E+00

Figur 17: Händelseträd oxiderande ämnen.



RISKUTREDNING

Bilaga B – Konsekvensberäkning

Olycka med explosiva ämnen

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

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och andra inre organ och dödliga skador kan uppkomma. I Tabell 8 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus (FOA, 1998).

Tabell 8. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus.

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

För individriskkurvan 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 9. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 9. Gränsvärden för skador på byggnadsstomme för olika konstruktioner.

Byggnadsmaterial	Trycktålighet
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i "Yellow book" (TNO, 2005). 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:

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_{d(TNT)}}{\Delta H_{c(gas)} \cdot Y}$$



RISKUTREDNING

Där

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

m_{TNT} = massa TNT [kg]

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

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

Y = effektivitetsfaktor [-]

Effektivitetsfaktorn Y beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i (TNO, 2005) till

$Y = 0.2$

$\Delta H_c(\text{CH}_4) = 5,6\text{E}+07$ [J/kg]

$\Delta H_d(\text{TNT}) = 4,18\text{E}+06$ [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]
20	7,5
16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt formeln nedan (FOA, 1998).

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

Där

$\bar{R}$ = Dimensionslöst avstånd [-]

R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

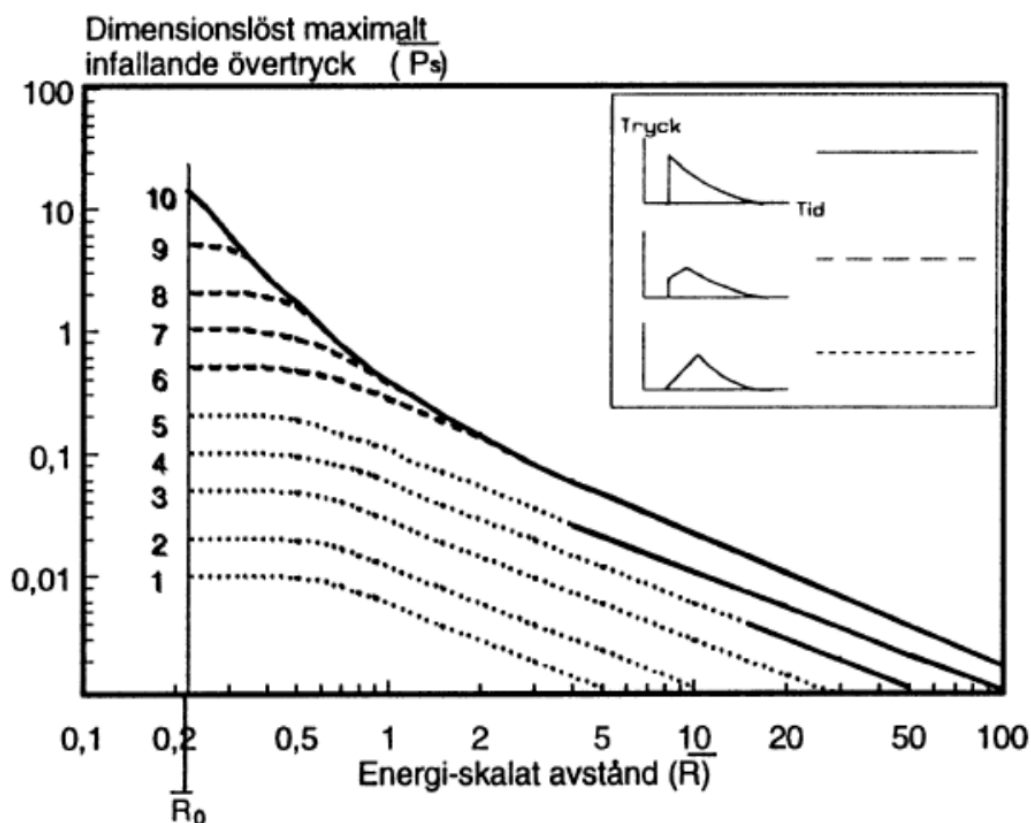
E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 18 nedan (FOA, 1998).



RISKUTREDNING



Figur 18. Maximalt dimensionslöst tryck. För beräkningarna har den högsta detonationsklassen (10) antagits för liten mängd TNT och detonationsklass 9 för den stora mängden TNT, då de olika underklasserna i klass bäst stämmer överens med dessa utseenden i tryck-tidsambandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 18 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 respektive avstånd vilket ger avstånd till kritiskt tryck enligt Tabell 11.

Tabell 11. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplosivt ämne.

Massa TNT [kg]	Avstånd till dödsfall [m]
20	8
16 000	65

Antalet döda i olycka med explosivämnen kan nu bestämmas genom att jämföra personbelastningen med de aktuella övertrycken i området, Tabell 11 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 8.



RISKUTREDNING

Avståndet till 50% döda för 20 kg explosivämne sätts till 10 m för individrisken, medan nivån för 16 000kg beräknas till 40 m .

Tryck över 10 kPa antas få glas/fönsterrutor att gå sönder, tryck över 20 kPa antas få bärverk att kollapsa generellt. Byggnadsdelar som först exponeras för explosion antas absorbera en del av energin. För att få fler datapunkter har gränsvärdet för 1% döda (180 kPa) istället antagits ge 10 % döda.

Olycka brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i ett släp antas vara ca 40 ton. Beräkningarna anses vara giltiga för både järnväg och olycka på motorväg. För motorväg bedöms detta vara ett konservativt antagande, och mer rimligt för transport på järnväg.

Vidare antas att det är tryckkondenserad gasol som transporteras eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

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

- Litet - punktering (hålstorlek 20 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 50 mm)

För respektive scenario beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol*, konsekvenserna av de möjliga följdhändelserna vid tankbilsolycka med brandfarlig gas:

- jetflammas längd vid omedelbar antändning
- det brännbara gasmolnets volym

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckage-storlek, 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 Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Vindhastighet: 3 m/s

Vid bedömningen av antalet omkomna antas 100% av de som vistas utomhus och befinner sig inom skadeområdet att omkomma. Av de individer vistas inomhus och är



RISKUTREDNING

inom skadeområdet antas 25% omkomma då byggnaden utgör strålskydd, men några antas omkomma eftersom byggnaden antas börja brinna.

I bedömningen har hänsyn tagits till varierande individtätthet dag- och nattetid, samt att individtättheten varierar beroende på avstånd till järnväg.

Tabell 12: Skadeområdets area inom aktuellt planområde vid olycka med brandfarlig gas.

Händelse	Läckagestorlek	Antändning	Skadeområdets area (längd x bredd, meter x meter)
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (20mm)	Jetflamma	18 x 16
		Fördröjd gasmolnsexplosion	18 x 12
	Stort hål (100mm)	Jetflamma	92 x 80
		Fördröjd gasmolnsexplosion	21 x 25

Olycka giftig gas

Spridningsberäkningar för giftiga gasmoln har gjorts i programvaran ALOHA (EPA & NOAA, 2016).

Spridningssimuleringar har gjorts för giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor) för de två vindhastigheterna. Simuleringar har även gjorts för två olika temperaturer, då temperatur också är en väderparameter som har stor betydelse för dispersion och därmed spridning av gasmoln. Två temperaturer, 0° C respektive 15° C har valts, som bedöms vara representativa för de olika årstiderna. Samma läckagestorlekar har använts som för brandfarliga gaser.

För att beräkna konsekvensområdets utbredning jämförs erhållna koncentrationer med LC50 värden för 10 minuters exponering för ammoniak. LC50 för ammoniak är 10 800 ppm (HHS1, 2004). Förutom LC50 finns andra exponeringskriterier. AEGL-1-3 avser en exponeringsnivå av luftburna partiklar där en individ (inklusive känsliga individer) kan uppleva besvär, kan få irreversibla hälsoeffekter och drabbas av livshotande skador/död. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma. AEGL-3 för ammoniak avseende 10 minuters exponering är 2700 ppm (EPA, 2016). Beräkningar utförs avseende båda konsekvenskriterierna för att erhålla en möjlighet till jämförelse.

Varaktigheten är avgörande för dosen, d.v.s. kort utsläppstid medför hög koncentration men kort påverkanstid. Detta är relevant för framförallt de stora utsläppen. Ett stort utsläppt betyder att en hög koncentration uppnås i ett väldigt stort område. Men det är under kort tid, ibland inte ens under de 10 minuter som det använda gränsvärdet förutsätts vara rådande.

Påverkan inomhus bedöms reduceras med en faktor tio, enligt vad som anges i Purple Book (Haag & Ale, 2005). Om friskluftsintag placeras vid fasad bort från vägen uppskattas påverkan inomhus reduceras ytterligare med en faktor tio.

I ALOHA har beräkningarna gjorts för tankläckage med utsläpp nära marknivå. Detta blir konservativt eftersom utsläppet då sker i vätskefasen.



RISKUTREDNING

Indata och resultat från simuleringarna visas i tabellerna nedan. För respektive scenario väljs värsta scenario för respektive vindklass som indata i beräkningen. Valt konsekvensområde markeras med fet text i tabeller nedan.

Litet ammoniakläckage

Tabell 13: Indata och resultat av simulering för litet läckage av ammoniak.

Händelse	Litet läckage			
Källstorlek/Källflöde	10*20 mm			
Utsläppshöjd	0,25 m			
Väder	Klart		Klart	
Temperatur	15	15	0	0
Vindhastighet	2	7	2	7
Stabilitetsklass	B	D	B	D
Utsläppets varaktighet	60 min	60 min	60 min	60 min
Utsläppt mängd	12 260 kg	12 260 kg	9 140 kg	9 140 kg
Gasspridningsmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell
LC ₅₀ (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	40x120	10x85	30x80	10x70
AEGL-3 (10 min)	62x248	14x200	53x204	13x165

Stort Ammoniakläckage

Tabell 14: Indata och resultat av simulering för stort läckage av ammoniak.

Händelse	Stort läckage			
Källstorlek/Källflöde	10*100 mm			
Utsläppshöjd	0,25 m			
Väder	Klart		Klart	
Temperatur	15	15	0	0
Vindhastighet	2	7	2	7
Stabilitetsklass	B	D	B	D
Utsläppets varaktighet	60 min	60 min	60 min	60 min
Utsläppt mängd	45 508 kg	45 508 kg	44 408 kg	44 408 kg
Gasspridningsmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell
LC ₅₀ (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	120x250	25x175	100x220	25x160
AEGL-3 (10 min)	170x570	40x460	145x470	30x380



RISKUTREDNING

Litet klorläckage

Tabell 15: Indata och resultat av simulering för litet läckage av klor.

Händelse	Litet läckage			
Källstorlek/Källflöde	10*20 mm			
Utsläppshöjd	0,25 m			
Väder	Klart		Klart	
Temperatur	15	15	0	0
Vindhastighet	2	7	2	7
Stabilitetsklass	B	D	B	D
Utsläppets varaktighet	60 min	60 min	60 min	60 min
Utsläppt mängd	16 400 kg	16 400 kg	12 555 kg	12 555 kg
Gasspridningsmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell
LC ₅₀ (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	100x380	25x310	85x320	25x250
AEGL-3 (10 min)	170x1200	50x920	150x1000	43x785

Stort klorläckage

Tabell 16: Indata och resultat av simulering för stort läckage av klor.

Händelse	Stort läckage			
Källstorlek/Källflöde	10*100 mm			
Utsläppshöjd	0,25 m			
Väder	Klart		Klart	
Temperatur	15	15	0	0
Vindhastighet	2	7	2	7
Stabilitetsklass	B	D	B	D
Utsläppets varaktighet	56 min	56 min	60 min	60 min
Utsläppt mängd	42 240 kg	42 240 kg	41 608 kg	41 608 kg
Gasspridningsmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell	Tunggasmodell
LC ₅₀ (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	250x800	60x700	235x733	50x612
AEGL-3 (10 min)	380x2400	100x2200	400x2400	93x1800



RISKUTREDNING

Olycka brandfarlig vätska

Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA (1998). Data har valts för bensin. Detta eftersom bensin har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ. Konsekvenserna för två utsläppsstorlekar har beräknats. Som dimensionerande storlek har valts ett 100 m² stort läckage. I känslighetsanalysen bedöms arean vara fördubblad till 200 m².

Följande data gäller för bensin (FOA, 1998):

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

En cirkulär pöl används i beräkningarna vilket bedöms vara ett konservativt antagande, eftersom pölen snarare kommer anta en mer avlång form då vätskan förväntas röra sig åt sydost. Vid en pölbrand med en cirkulär pöl approximeras flammans geometri med 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 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}$ enligt ovan,

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

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

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

Flamman fluktuerar mycket och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flamhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara cirkulär och flamgeometrin en cylinder är $d_f = d_p$ och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger $d_f = d_p \approx 11$ m för en pölbrand om 100 m² respektive 16 m för en pölbrand om 300 m².

Strålningen per ytenhet från flamman 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 $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ 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:

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad \text{formel C3}$$

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

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

T = temperaturen [K].



RISKUTREDNING

Approximationen med en svart kropp som strålar 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:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12} \quad \text{formel C4}$$

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:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad \text{formel C5}$$

Där α_w = absorptionsfaktorn för vattenånga och

α_c = absorptionsfaktorn för koldioxid.

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, längden som strålningen färdas från den strålande ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur. α_w och α_c bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i (FOA, 1998).

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 rent geometrisk faktor som kan bestämmas för varje ytkonfiguration. Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från figur 11.3 i (FOA, 1998).

Beräkningar utförs vidare utifrån ovanstående förutsättningar för de två olika pölstorlekarna.

Flamhöjd enligt formel C1, utfallande strålning enligt formel C2 och temperatur enligt C3, resultaten samlas i Tabell 17.

Tabell 17: Initial egenskapsberäkning pölbrand

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m^2)	Temperatur på den strålande ytan/flammans mitt (K)
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



RISKUTREDNING

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 $t \cdot P^{4/3}$. 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 11.9 i (FOA, 1998). Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 18 nedan.

För individriskkurvan används de värden som är fetmarkerade i Tabell 18, alltså där 1,5 % respektive 0,2 % förväntas omkomma som konsekvensområde, vilket bedöms som ett mycket konservativt antagande. Här antas 50 % av de som befinner sig i konsekvensområdet omkomma. Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 18. Flamfronten antas infinna sig vid väggkanten.

Tabell 18: Beräkningsresultat strålning och konsekvens pölbrand.

Brand	Avstånd från flamfront (m)	α_w	α_c	τ_a	F_{ma} x	P_{12} (kW/m ²)	$t \cdot P^{4/3} \times 10^6$ (s(W/m ²) ^{4/3})	2:a grad bränn-skada (%)	Andel döda (%)
100 m ²	0 (flamfront)	0,10	0,01	0,89	1	101	47	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 m ²	0 (flamfront)	0,11	0,01	0,88	1	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	3,7	1	0,2
	30	0,20	0,03	0,77	0,08	7,9	1,57	0	0

Sammanfattningsvis kan följande konstateras att det bortom 15 m från flamfronten (väggkant) ej föreligger risk för dödsfall vid händelse av pölbrand med 100 m² stor pöl. Bortom 15 m understiger strålningen dessutom 15 kW/m², vilket är tillåtet gränsvärde enligt förenklad dimensionering i Boverkets rekommendationer (BBRAD).

Olycka med oxiderande ämne

De två konsekvenserna av olycka med klass 5 – oxiderande ämne är pölbrand och explosion. Tillgången på organiskt material som ämnet kan reagera med antas vara begränsat till mängden drivmedel i fordonet, vanligen inte mer än 400 kg.

Pölbrand

Pölbrand antas ge samma konsekvenser som en medelstor pölbrand från farligt gods klass 3. För konsekvensberäkning se konsekvensberäkning för pölbrand ovan.

Explosion

Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1. För konsekvensberäkning se konsekvensberäkning för explosion ovan .