

RISKUTREDNING



Uppdragsledare
Joel Rödström
Tel
072-221 65 74
E-post
joel.rodstrom@afconsult.com

Datum
2017-05-30
Projekt-ID
737182
Beställare
Plankontoret
Stadsbyggnadsförvaltningen,
Eskilstuna kommun

Riskutredning Skiftinge handelsområde

Uppdragsledare Joel Rödström
Handläggare Anders Starborg
Kvalitetssäkring Sohrab Nassiri

Version	Status	Datum
0.1	Interngranskad handling	2017-05-15
1.0	Utkast till beställare	2017-05-18
1.1	Slutgiltig version	2017-05-30



Inledning

Syftet med denna riskutredning är att utreda risker kopplat till transport på primär farligt gods-led E20 invid fastigheten Skiftinge 1:1 m.fl. i nordöstra Eskilstuna. Fastigheten används idag för sällanköpshandel, men det detaljplanearbete som nu genomförs syftar till att dels medge fler byggnader på tomten, dels att medge även detaljhandel. Detta innebär att man överstiger de skyddsavstånd som Länsstyrelsen i Södermanland anger för mark avsedd för detaljhandel invid led för farligt gods.

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

Utifrån tillgänglig statistisk rörande transport av farligt gods identifierades följande olycksscenarioer med påverkan på planområdet:

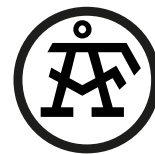
- Olycka med explosiva ämnen: explosion
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand

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 olycksscenarioer 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 E20, på fastighetens högsta punkt och längsta avstånd från väg E20. Gäller fastigheter i första raden mot väg E20.
- Fasaden närmast väg E20 utförs i obrännbart material. Fönster i riktning mot farligt gods-led utförs så de klarar minst 300°C i 30 minuter.
- I fastigheter närmast väg E20 ska nödutrymning bort från väg E20 alltid vara möjligt.

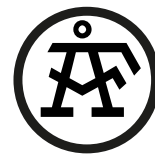
Sammanfattningsvis bedöms att byggnation enligt angivna förutsättningar bör vara acceptabel ur ett riskperspektiv, förutsatt att de riskreducerande åtgärder som föreslås i denna riskutredning genomförs vid byggnation.



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
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.....	12
4	Beskrivning av fastigheten.....	12
4.1	Individtäthet.....	13
5	Riskinventering	15
5.1	Farligt gods	15
5.2	Olycksscenarion farligt gods	16
5.2.1	Explosiva ämnen (klass 1).....	17
5.2.2	Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)	17
5.2.3	Kondenserad giftig gas (klass 2.3)	18
5.2.4	Brandfarlig vätska (klass 3).....	18
5.2.5	Brandfarligt fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen (klass 4)	18
5.2.6	Oxiderande ämne (klass 5)	19
5.2.7	Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)	19
5.2.8	Radioaktiva ämnen (klass 7)	19
5.2.9	Frätande ämne (klass 8)	19
5.2.10	Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)	19
5.3	Sammanfattning olycksscenarion	20
6	Resultat kvantitativ analys.....	21
6.1	Individrisk.....	21
6.2	Samhällsrisk.....	22
6.3	Omkomna per scenario	22
6.4	Samhällsrisk efter riskreducerande åtgärder	24
7	Osäkerhet- och känslighetsanalys.....	26
7.1	Känslighetsanalys.....	26
7.2	Osäkerhetsanalys.....	26
8	Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	28
9	Slutsatser.....	28

RISKUTREDNING



10 Referenser.....	29
Bilaga A – Frekvensberäkning	30
Trafikolycka väg	30
Olycka explosiva ämnen	31
Olycka brandfarlig gas	32
Olycka giftig gas.....	34
Olycka brandfarlig vätska	35
Bilaga B - Konsekvensberäkning	37
Olycka med explosiva ämnen	37
Olycka brandfarlig gas	40
Olycka giftig gas.....	41
Olycka brandfarlig vätska	44



1 Inledning

1.1 Syfte och bakgrund

Eskilstuna kommun har gett ÅF i uppdrag att utföra en riskutredning inom ramen för detaljplanearbete för fastigheten Skiftinge 1:1 m.fl. i nordöstra Eskilstuna. Syftet med den nya detaljplanen är att utveckla området för handel och möjliggöra både sällanköpshandel och volymhandel.

Enligt samrådsversionen av detaljplanen kommer marken intill väg E20 markerad som H-Handel. Enligt Länsstyrelsen i Södermanlands riktlinjer för markanvändningen intill led för farligt gods, anges för sådan markanvändning krävas minst 70 meter säkerhetsavstånd. Enligt riktlinjerna ska en riskutredning genomföras om de säkerhetsavstånd som föreslås i riktlinjerna inte kan hållas, vilket är fallet för denna detaljplan då byggnader placeras på minsta avstånd av 30 meter från väg E20.

Föreliggande riskutredning behandlar därför transporter av farligt gods förbi planområdet samt dess eventuella påverkan på planområdet.

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.

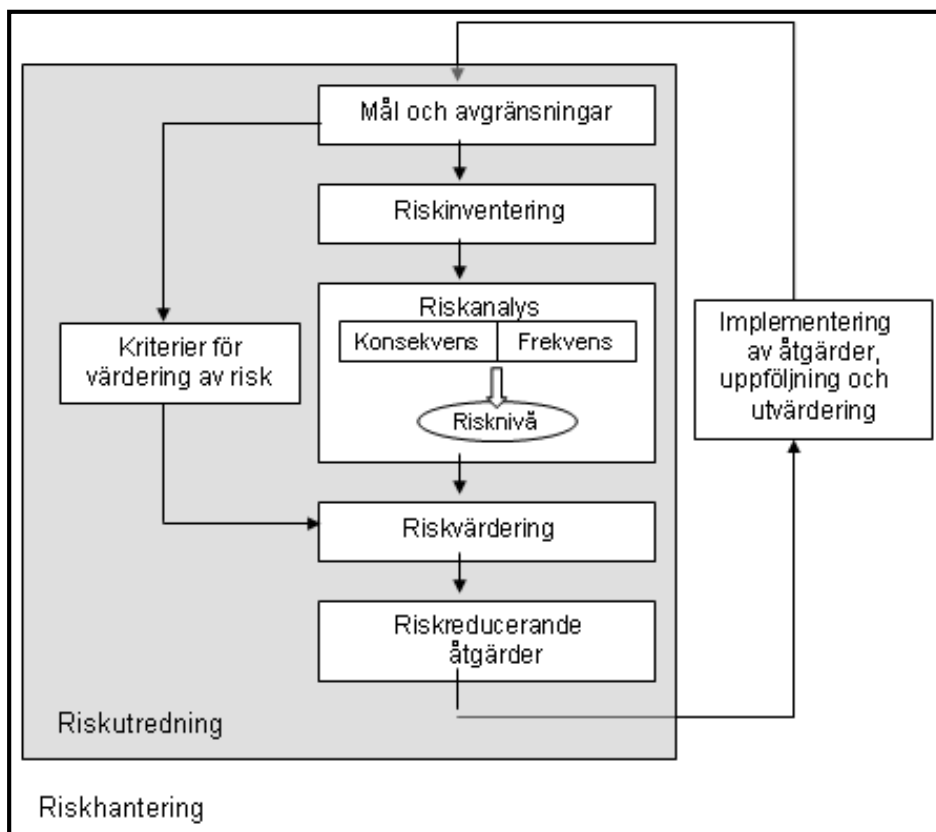
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenarioerna 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 farligt gods
- Olycksscenarion
- Analys av olycksscenarion (kvalitativ resp. kvantitativ)
- Beskrivning av osäkerheter och känslighet
- Riskvärdering utifrån aktuella riktlinjer
- Eventuella förslag på riskreducerande åtgärder för byggnader inom planområdet

1.3 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planområdet för fastigheten Skiftinge 1:1 m.fl. i nordöstra Eskilstuna.

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

Riskenivåer 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 (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2015).

1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer

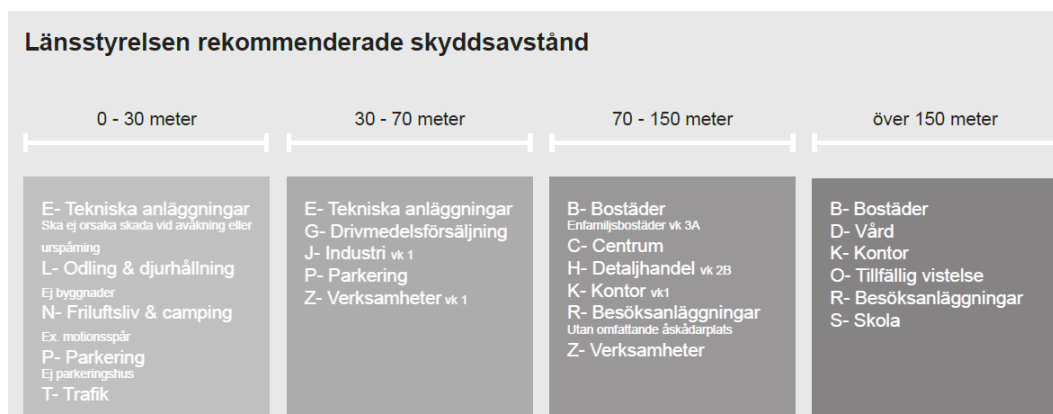
Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, är Plan- och bygglagen (2010:900) och miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den



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. I denna utredning används Länsstyrelsen i Södermanlands läns riktlinjer *Farlig gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods* (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2015).

Länsstyrelsen i Södermanlands län bedömer att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid detaljplanering genom att man anger ett skyddsavstånd beroende på vilken typ av verksamhet som är aktuell. Inom 150 meter från led från farligt gods anger man vilken markanvändning (enligt Boverkets BFS 2014:5) som anses lämplig enligt vad som anges i Figur 2.



Figur 2: Rekommenderade skyddsavstånd för respektive markanvändning (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2015).

Om skyddsavstånd till farligt gods-led inte kan hållas ska en riskanalys genomföras, för att utreda om det krävs särskilda skyddsåtgärder för att säkerställa acceptabla risknivåer.

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.

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.

Samhällsrisken 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.

Samhällsrisken 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.



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.

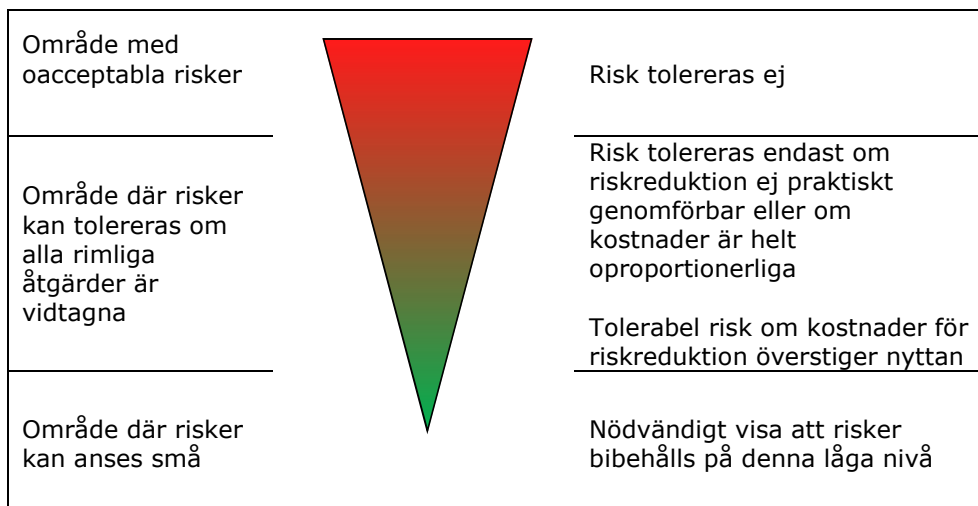
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

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

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiseras 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 3.



Figur 3: 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



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.

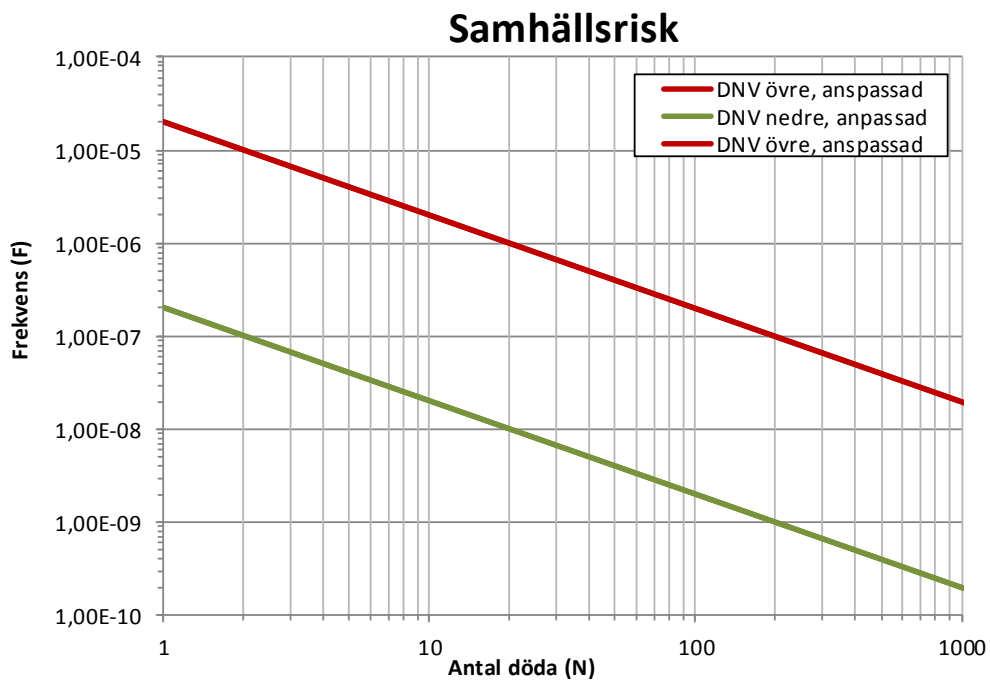
Kriterierna för samhällsrisk enligt Räddningsverket beskrivs av ett intervall i ett logaritmiskt diagram med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock 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 gälla för påverkan på båda sidor om en 1000 m lång sträcka (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

Samhällsriskberäkning tar hänsyn till om individerna som befinner sig inom konsekvensområdet befinner sig utomhus eller inomhus.

Kriterierna anpassas med hänsyn till att undersökt sträcka endast är 400 m lång och att berört område endast beläget på ena sidan av farligt gods-led. De justerade kriterierna illustreras i Figur 4.



Figur 4: Justerade kriterier för bedömning av samhällsrisken.



3 Skyddsobjekt

I riskutredningen utgörs skyddsobjekten av de människor som vistas inomhus och utomhus i detaljplanens område.

4 Beskrivning av fastigheten

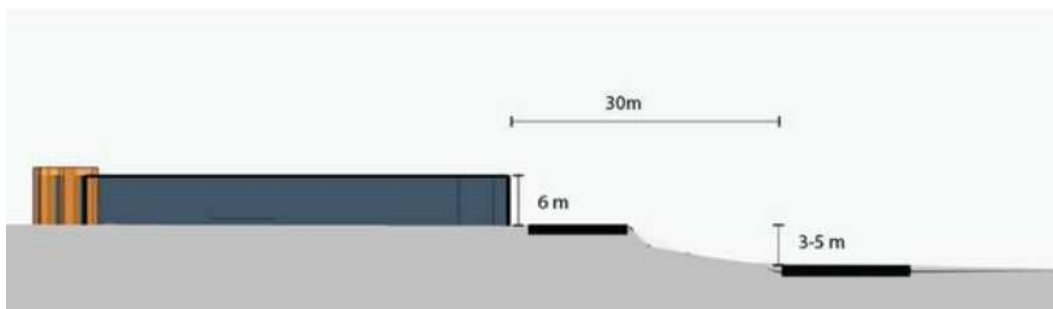
Skiftinge 1:1 är lokaliserad i nordöstra Eskilstuna, mellan Skiftinge och väg E20. Avståndet 30 m från E20 illustreras i Figur 5. Den nya detaljplanen inbegriper fem nya huskroppar, område för bil- och cykelparkering. Handeln som avses bedrivs på fastigheten är både sällanköps- och detaljhandel. I riskberäkningen sätts områdets längd till 400 meter.

Mellan E20 och huskropparna planeras en lokal transportgata och lastzoner. I detaljplaneförslaget anges att publika entréer placeras i riktning från E20, och att bländningsskydd uppförs på transportgatan för att minska risken för bländningssituationer mellan trafikanter på E20 och transportgatan.



Figur 5: Karta över handelsområdet. Avståndet 30 meter mellan väg och huskropp illustreras med rött område. Notera transportgatan och lastzonerna som befinner sig i detta område.

Området har inga stora eller tvära höjdskillnader, men planområdet ligger 3-5 meter högre än väg E20. Figur 6 visar en principsektion av detta förhållande.



Figur 6: Principsektion över höjdskillnaden mellan väg och planområde.



4.1 Individdtäthet

Hur många som vistas i området kommer variera över dygnet och över veckan. Flest människor torde vistas i området på vardagskvällar alternativt helgdagar. För en del av dygnets timmar är det inte troligt att någon vistas på Skiftinge. I beräkningarna antas att under 40 % av dygnets timmar vistas ingen på Skiftinge, medan under resterande 60 % är individdtätheterna enligt vad som anges nedan.

Individdtätheten kommer också variera geografiskt. Närmast vägen vid lastområdet kommer antagligen några få vistas som sysselsätts med att lasta av inkommande lastbilar. Ett steg längre bort från vägen, inomhus, placeras lagerverksamhet med relativt låg individdtäthet. Ett steg längre in i butiken på försäljningsytan vistas troligtvis fler individer än i lagerytan. Här är det också troligt att individdtätheten kommer variera en hel del över dygnet. Ännu ett steg längre bort från vägen återfinns parkeringsplatser utomhus. Figur 7 visar de zoner som används i beräkning av områdets risk.



Figur 7: De fem olika zonerna. Zonerna delar in området i delar beroende på avstånd från vägen, belastning och om de som vistas där är inomhus eller utomhus. Observera att indelningen är en generalisering av verkligheten, men att den bedöms vara konservativ eftersom vissa av byggnaderna antas ligga på kortare avstånd från vägen än vad de i själva verket gör.

Zon 1 (röd) är ungefär 20 meter bred och utgörs av området mellan vägen och transportgatan. Här bedöms ingen vistas.

Zon 2 (gul) är ungefär 15 meter bred. Här antas att det vistas 15 individer som arbetar med att lasta av de lastbilar som anländer Skiftinge. Detta ger en individdtäthet enligt Tabell 1.

Zon 3 (grön) är ungefär 10 meter bred och antas utgöras av lagerutrymmen inomhus, där individdtätheten är lägre än övriga inomhusytor. Här antas individdtätheten vara 25 % av individdtätheten i Zon 4.

Zon 4 (blå) är ungefär 45 meter bred och utgörs av yta inomhus avsedd för försäljning. Individdtätheten i Zon 4 beräknas genom att utgå från antalet parkeringsplatser, som beräknades till ungefär 500 st. Konservativt antas att i

RISKUTREDNING



genomsnitt 80 % av parkeringsplatserna är upptagna när butikerna är öppna. I varje bil anländer 4 personer. Dessutom antas 25 cyklister i genomsnitt besöka handelsområdet. Av den totala tiden man spenderar på köpcentret antas att 90 % spenderas i butikerna, resterande 10 % spenderas på parkeringen. Detta innebär att 1463 individer antas befinna sig i Zon 4. Resterande 163 individer befinner sig på parkeringsplatsen. Detta ger en individtätthet enligt Tabell 1.

Zon 5 (lila) är ungefär 60 meter bred och utgörs av parkeringsytor för bil och cykel utomhus. Enligt Figur 5 finns uppskattningsvis 500 parkeringsplatser för bil inom området. Enligt resonemang ovan antas 163 individer i genomsnitt befinna sig på parkeringsplatsen, vilket ger en individtätthet enligt Tabell 1.

På avstånd över 150 meter undersöks inte risknivåerna, eftersom det på så långa avstånd från led för farligt gods inte längre finns några skyddsavstånd angivna, se Figur 2.

Sammanlagt ger ovanstående antaganden när dygnets variationer tagits i beaktande de genomsnittliga individtätheter som presenteras i Tabell 1.

Tabell 1: Individtäthet för respektive område. Tabellen anger också om zonen klassas som utomhus respektive inomhus.

Zon	Individtäthet [pers/m²]	Inomhus/ utomhus
1	0	Utomhus
2	$1,27 \cdot 10^{-3}$	Utomhus
3	$1,03 \cdot 10^{-2}$	Inomhus
4	$4,14 \cdot 10^{-2}$	Inomhus
5	$3,46 \cdot 10^{-3}$	Utomhus



5 Riskinventering

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

5.1 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.

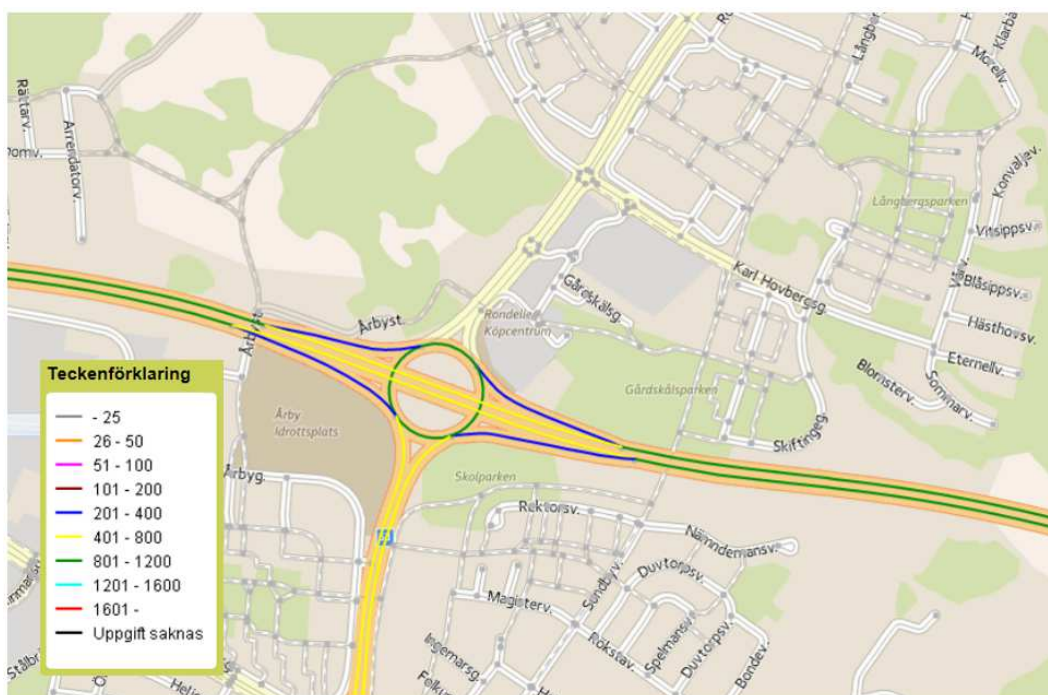
Enligt den inventering som gjordes 2006 av dåvarande Räddningsverket (2006), transporterades farligt gods på E20 förbi Skiftinge handelsområde. Enligt Trafikanalys (Trafikanalys, 2012) har transporten av farligt gods sedan början av 2000-talet minskat då mer och mer transport går på järnväg. Mellan 2000 och 2010 anger man att transportarbetet (total körd sträcka) 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. Den överskattar bidraget av de klasser som brukar anses ha konsekvenser i riskutredningar. Dessa klasser presenteras i avsnitt 5.2.

Tabell 2: Uppskattad fördelning av ADR-klasser.

ADR	Typer	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen	0,5
2.1	Brandfarlig gas	5
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	6
2.3	Giftig gas	0,5
3	Brandfarlig vätska	66
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	1
4.2	Självantändande ämnen	0
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0
5	Oxiderande ämnen och peroxider	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 8.



Figur 8: Utdrag från NVDB (Trafikverket, 2017). Tung trafik (ÅDT) förbi Skiftinge hamnar inom spannet 801-1200 fordon per dygn i vardera riktning.

I beräkningarna antas konservativt att 1200 tunga fordon passerar varje dag. För att förenkla beräkningarna bortses från trafikplatsens påverkan för sannolikhet för olycka. Sannolikheten för olycka torde öka i trafikplatsen, samtidigt som sannolikheten att en behållare med farligt gods brister minskar, eftersom att energin i en krock minskar med kvadratroten av hastigheten och hastigheten i avfarten är längre än ute på motorvägen. Det antas att dessa två faktorer tar ut varandra

Statistik över total trafik (ÅDT) återfinns också den i NVDB (Trafikverket, 2017), och anges till 4001-8000 i vardera riktning. I beräkningarna antas konservativt att 8000 fordon passerar var dag i varje riktning. För att ta höjd för en eventuell ökning av transporterad mängd farligt gods antas att transporterna ökar med 1 % årligen. I beräkningarna räknas därför ÅDT total och ÅDT tungtrafik upp med 1 % under 24 år (fram till 2030) vilket innebär en ökning med 30 %.

Frekvensen för olycka med farligt gods på sträckan förbi Skiftinge beräknas sen enligt metod som beskrivs i Bilaga A. Enligt metoden uppskattas frekvens för olycka med farligt gods på en sträcka av 400 meter framför Skiftinge inträffa med en frekvens $8,27 \cdot 10^{-3}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka var 120:e år. Frekvensen avser endast olycka med farligt gods, frekvensen för läckage är mindre.

5.2 Olycksscenario 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 transporterna in i dessa klasser även i denna rapport.



5.2.1 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. Scenariot tas ändå med i den kvantitativa riskanalysen.

5.2.2 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 (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

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 är dock mer troligt att givet att gasmolnet driver in på området och området är bebyggt så kommer förbränningen vid antändning att vara turbulent vilket resulterar i en viss grad av övertryck. Det innebär i sin tur att förutom värmestrålning kan även konsekvenser i form av tryckskada uppstå. Därför undersöks konsekvenserna av både värmestrålning (gasmolnsbrand) och övertryck (gasmolnsexplosion).

BLEVE

BLEVE 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 antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under 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, gasmolnsbrand,



gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

5.2.3 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 lättare än luft. 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 är tyngre än luft och 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 olycksscenarioer undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks vidare.

5.2.4 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.

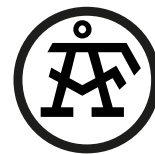
Bedömning: Olyckor med brandfarlig vätska antas transporteras förbi fastigheten, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheten, varför klassen undersöks vidare.

5.2.5 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.

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.



5.2.6 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 och en vidare analys är ej motiverad.

5.2.7 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 olycksscenarioer bedöms inte vara relevanta i aktuellt planerande, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

5.2.8 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.

5.2.9 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.

5.2.10 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.



5.3 Sammanfattning olycksscenarion

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenarion 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

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

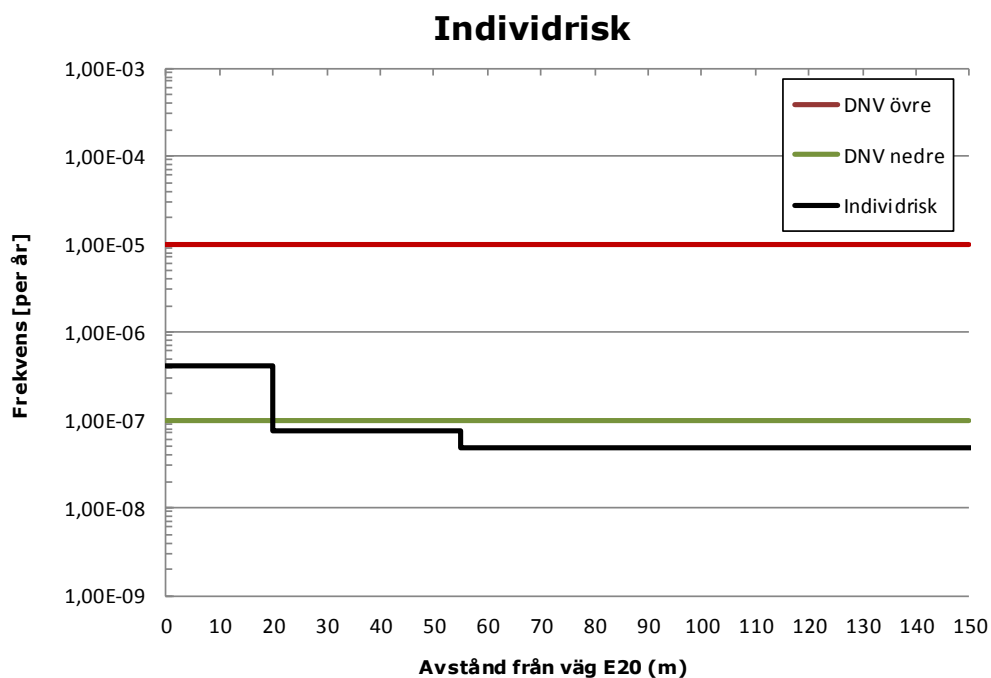


6 Resultat kvantitativ analys

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.

6.1 Individrisk

I Figur 9 nedan presenteras beräknad individrisk i området härstammande från transport av farligt gods på väg E20 framför området.



Figur 9: Resultat av individriskberäkningar. Avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

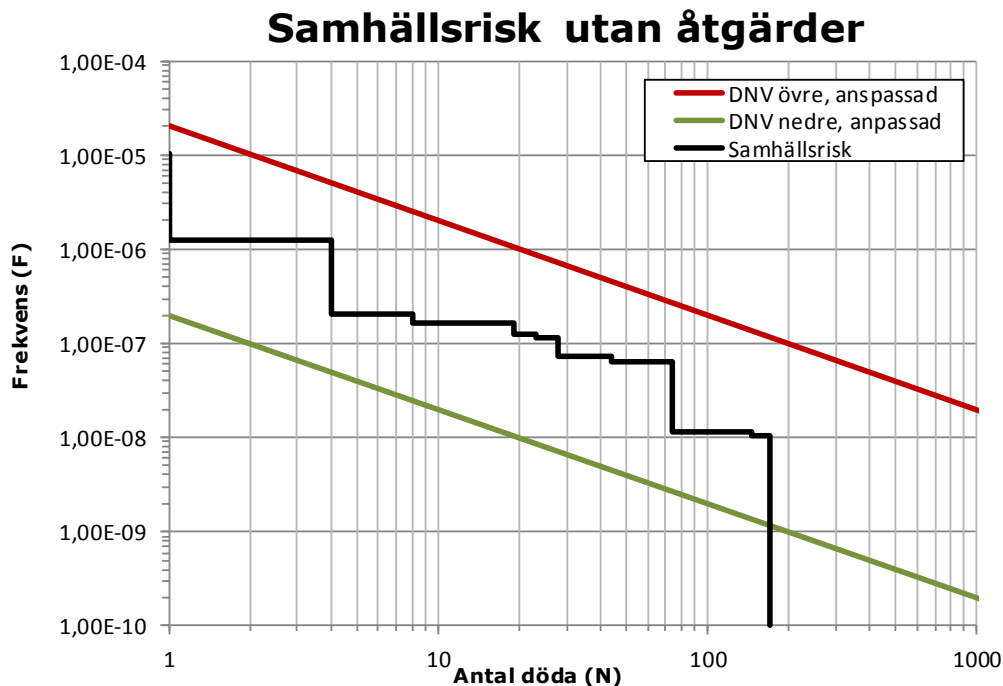
Enligt beräkning ligger individrisken precis inom acceptabla nivåer inom hela området fram till 20 meter från vägen. Utsläpp av giftig gas medför enligt beräkningarna mycket långa konsekvensavstånd, vilket förklarar varför individriskkurvan fortsätter ut mot höger.

Frekvenserna har justerats med avseende på konsekvensområdets bredd.



6.2 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.

6.3 Omkomna per scenario

Vid scenarion med gasmolnsbrand respektive pölbrand förväntas få omkomna jämfört med andra scenarion. Flest omkomna kan förväntas vid scenarion med utsläpp av giftig gas. Scenariot med en stor jetflamma förväntas även den orsaka relativt sett många dödsfall.

RISKUTREDNING



nedan presenteras undersökta olycksscenarion, och hur många individer som omkommer i respektive zon. Zon 1 redovisas ej eftersom inga bedöms omkomma där.

Tabell 3: Antal omkomna individer per scenario och zon, utan åtgärder. Zon 1 redovisas ej eftersom ingen beräknas omkomma där.

Händelse	Zon2 (ute)	Zon 3 (inne)	Zon 4 (inne)	Zon 5 (ute)	Totalt omkomna
Urspårning 1-5 m	0	0	0	0	0
Urspårning 5-15 m	0	0	0	0	0
Urspårning 15-25 m	0	0	0	0	0
Urspårning >25 m	0	0	0	0	0
Liten explosion	0	0	0	0	0
Stor explosion	1	7	54	0	62
Klorgas, litet läckage, vind hög	1	1	10	11	23
Klorgas, litet läckage, vind låg	4	2	32	36	74
Klorgas, stort läckage, vind hög	2	2	19	21	44
Klorgas, stort läckage, vind låg	8	5	75	83	171
Ammoniak, litet läckage, vind hög	1	1	3	3	8
Ammoniak, litet läckage, vind låg	2	1	12	13	28
Ammoniak, stort läckage, vind hög	1	1	8	9	19
Ammoniak, stort läckage, vind låg	4	2	32	36	74
Jetflamma mot området, liten	0	0	0	0	0
Jetflamma mot området, stor	1	0	0	0	1
BLEVE	4	6	94	42	146
Gasmolnsbrand, liten	1	1	0	0	2
Gasmolnsbrand, stor	1	1	2	0	4
Gasmolnsexplosion liten	1	1	0	0	2
Gasmolnsexplosion stor	1	1	3	0	5
Liten pölbrand	0	0	0	0	0
Stor pölbrand	1	0	0	0	1

Vid scenarion med gasmolnsbrand respektive pölbrand förväntas få omkomna jämfört med andra scenarion. Flest omkomna kan förväntas vid scenarion med utsläpp av giftig gas. Scenariot med en stor jetflamma förväntas även den orsaka relativt sett många dödsfall.



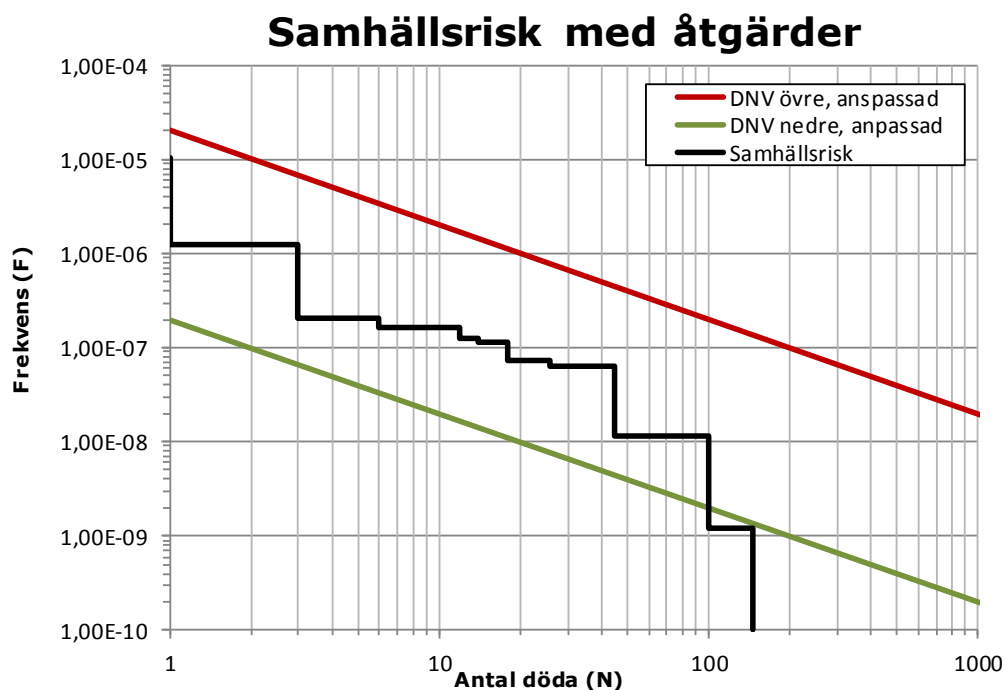
6.4 Samhällsrisk efter riskreducerande åtgärder

Samhällsrisken är inom ALARP där åtgärder ska övervägas. Åtgärder som är brukligt att implementera för bebyggelse invid led för farligt gods för att hantera aktuella olycksscenarioer är var friskluftsintag placeras, och brandklassade fasader och fönster.

Nya beräkningar av samhällsrisken har gjorts för att undersöka vilken riskreducerande effekt sådana åtgärder kan förväntas ha. De åtgärder som inkluderats i beräkningarna är:

- Placering av friskluftsintagen högt och långt bort från E20 förväntas sänka påverkan inomhus med en faktor tio.
- Om fasaden utförs med obrännbara ytskikt förväntas de som vistas i fastigheten kunna utrymma i riktning bort från vägen innan brand utvecklas inom fastigheten.

Andra åtgärder föreslås i avsnitt 8, men dessa inkluderar ej i den nya beräkningen av samhällsrisken.



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

RISKUTREDNING



Tabell 4: Antal omkomna individer per scenario och zon efter att åtgärder tagits i beaktande. I kolumnen "Innan åtgärd" visas omkomna individer som presenterades i Tabell 3.

Händelse	Zon2 (ute)	Zon 3 (inne)	Zon 4 (inne)	Zon 5 (ute)	Totalt omkomna	Innan åtgärd
Urspårning 1-5 m	0	0	0	0	0	0
Urspårning 5-15 m	0	0	0	0	0	0
Urspårning 15-25 m	0	0	0	0	0	0
Urspårning >25 m	0	0	0	0	0	0
Liten explosion	0	0	0	0	0	0
Stor explosion	1	7	54	0	62	62
Klorgas, litet läckage, vind hög	1	1	1	11	14	23
Klorgas, litet läckage, vind låg	4	1	4	36	45	74
Klorgas, stort läckage, vind hög	2	1	2	21	26	44
Klorgas, stort läckage, vind låg	8	1	8	83	100	171
Ammoniak, litet läckage, vind hög	1	1	1	3	6	8
Ammoniak, litet läckage, vind låg	2	1	2	13	18	28
Ammoniak, stort läckage, vind hög	1	1	1	9	12	19
Ammoniak, stort läckage, vind låg	4	1	4	36	45	74
Jetflamma mot området, liten	0	0	0	0	0	0
Jetflamma mot området, stor	1	0	0	0	1	1
BLEVE	4	6	94	42	146	146
Gasmolnsbrand, liten	1	1	0	0	2	2
Gasmolnsbrand, stor	1	1	1	0	3	4
Gasmolnsexplosion liten	1	1	0	0	2	2
Gasmolnsexplosion stor	1	1	1	0	3	5
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand	1	0	0	0	1	1



7 Osäkerhet- och känslighetsanalys

7.1 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 scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar i form av bränder och utsläpp av gaser och syror är beroende av en rad olika parametrar, exempelvis bland annat hålstorlek, vindstyrka och utetemperatur. Varierande väderparametrar (såsom vindstyrka, vindriktning och stabilitetsklass) har hanterats i analysen, likaså varierande hålstorlekar. Dessa är de parametrar som av erfarenhet kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd, tillsammans med en parameter som kallas för ytråhet som kan efterliknas en effektiv amplitud och som beskriver topografin i området. Ett konservativt val av ytråhet har gjorts för att ta höjd för osäkerheter vid spridning av gaser. Andra parametrar som utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har av erfarenhet mindre påverkan på konsekvensavstånd.

7.2 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 gällande konsekvenser har till stor del att göra med topografi och hinder inom området. Dessa kan samverka till att leda till lokala effekter (t.ex. ansamling av gaser) som inte tas höjd för i analysen. Likaså kan byggnader i vissa fall agera som ett skydd genom att förhindra spridning av gaser, t.ex. att personer på parkeringsplatsen kan i vissa fall skyddas av byggnaders placering. Dessa är två exempel på hur den lokala utformningen kan påverka en konsekvens som inte kan tas höjd för i analysen, vilket leder till osäkerheter i analysens resultat.

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 säkerställd trenden som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid framtagande av använd modeller, 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 ouppsatligt 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 tung och 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.
- Topografiska effekter tas inte höjd för, spridningsavstånd för till exempel gasutsläpp blir därför konservativt.
- Flera byggnader antas i beräkningar ligga närmre väg E20 än vad de i själva verket gör.



8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

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.

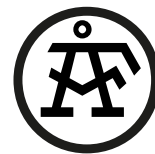
Samhällsrisken är acceptabel men ligger inom området där riskreducerande åtgärder ska övervägas (ALARP). Att samhällsriskenivån ligger inom ALARP kan hänföras till scenarion med giftig gas (ammoniak och klorgas) som har låg sannolikhet att inträffa, men med stora konsekvenser i de scenarion som undersökts. För att reducera konsekvenserna av ett sådant scenario rekommenderas följande:

- Friskluftsintag förläggs på fasad som vetter från väg E20, på fastighetens högsta punkt och längsta avstånd från väg E20. Gäller fastigheter i första raden mot väg E20.
- Fasaden närmast väg E20 utförs i obrännbart material. Fönster i riktning mot farligt gods-led utförs så de klarar minst 300°C i 30 minuter.
- I fastigheter närmast väg E20 ska utrymning bort från väg E20 alltid vara möjligt.

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

9 Slutsatser

Förutsatt att de åtgärder som föreslagits införs vid byggnation av fastigheten och att riskbilden inte förändras avsevärt, bör byggnation av fastigheten Skiftinge 1:1 anses godtagbar ur riskhänseende.



10 Referenser

- Boverket, Räddningsverket. (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport.*
- EPA & NOAA. (2016). ALOHA, version 5.4.7. Office of Emergency Management (EPA) & Emergency Response Division, (NOAA).
- EPA. (den 29 08 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGLS) 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.
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety.
- 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.
- Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen.*
- 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. (2017). Hämtat från NVDB på webb: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>
- VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4.* Väg- och trafikforskningsinstitutet.



Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka på väg E20 på sträckan förbi Skiftinge handelsområde 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 vägnivån. 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).

Trafikolycka med transport av farligt gods på väg E20 vid Skiftinge

Följande ekvation används för att beräkna frekvensen för antal förväntade fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor.

Enligt uppskattningar av Trafikverkets data på NVDB (Trafikverket, 2017) är trafikmängden, ÅDT, på väg E20 öster om trafikplats Årby cirka 16 000 fordon men räknas upp till 20 800 fordon år 2030 enligt antagande om 1 % ökning varje år. Vägsträckan som kan påverka planområdet är cirka 400 meter.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 20800 \text{ (fordon/dygn)} \times 365 \text{ (dygn)} \times 0,44 \text{ (km)} = 3,04 \text{ miljoner fordonskilometer per år}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. Olyckskvoten uttrycks i enheten olyckor/miljon fordonskilometer. Väg E20 utgörs av motorväg på landsbygd med hastighetsgräns 100 km/h. Ingen olyckskvot finns angiven för 100 km/h, varför olyckskvot för 110 km/h används. Olyckskvot för sträckans förutsättningar är 0,26 olyckor per miljon fordonskilometer per år.

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

$$\text{Förväntade fordonsolyckor (O)} = \text{Olyckskvot} \times \text{trafikarbete} = 0,26 \times 3,21 = 0,79 \text{ olyckor/år}$$

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor =

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

RISKUTREDNING



där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägnittet

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på väg E20 beräknas som:

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

ÅDT farligt gods på väg E20 beräknas till 156 stycken (5% av tung trafik, 1 % ökning varje år fram till år 2030), ÅDT total enligt ovan.

Andelen farligt gods beräknas till $X = 7,5 \cdot 10^{-3}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för väg E20 som på aktuellt vägnitt utgörs av motorväg med hastighetsgräns 110 km/h är denna 0,6.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= O \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 8,27 \cdot 10^{-3} \text{ per år.}$$

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 vart 121:de år inom det studerade området.

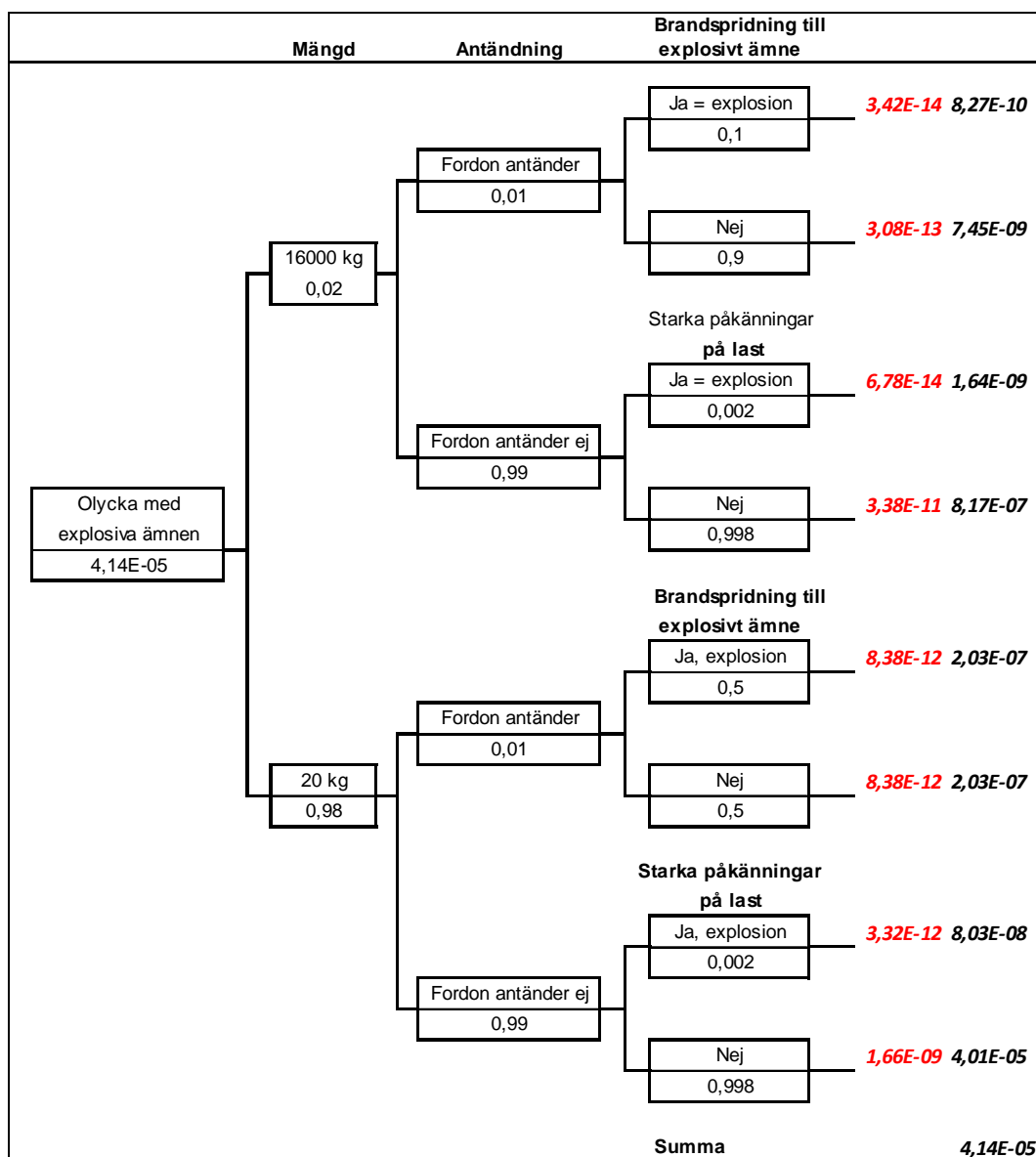
Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antaganden i avsnitt 5.1.

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 1*.



Figur 12: Händelseträ 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

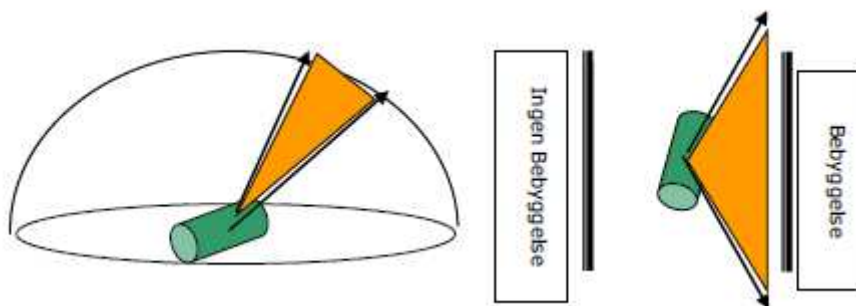


$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$

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.

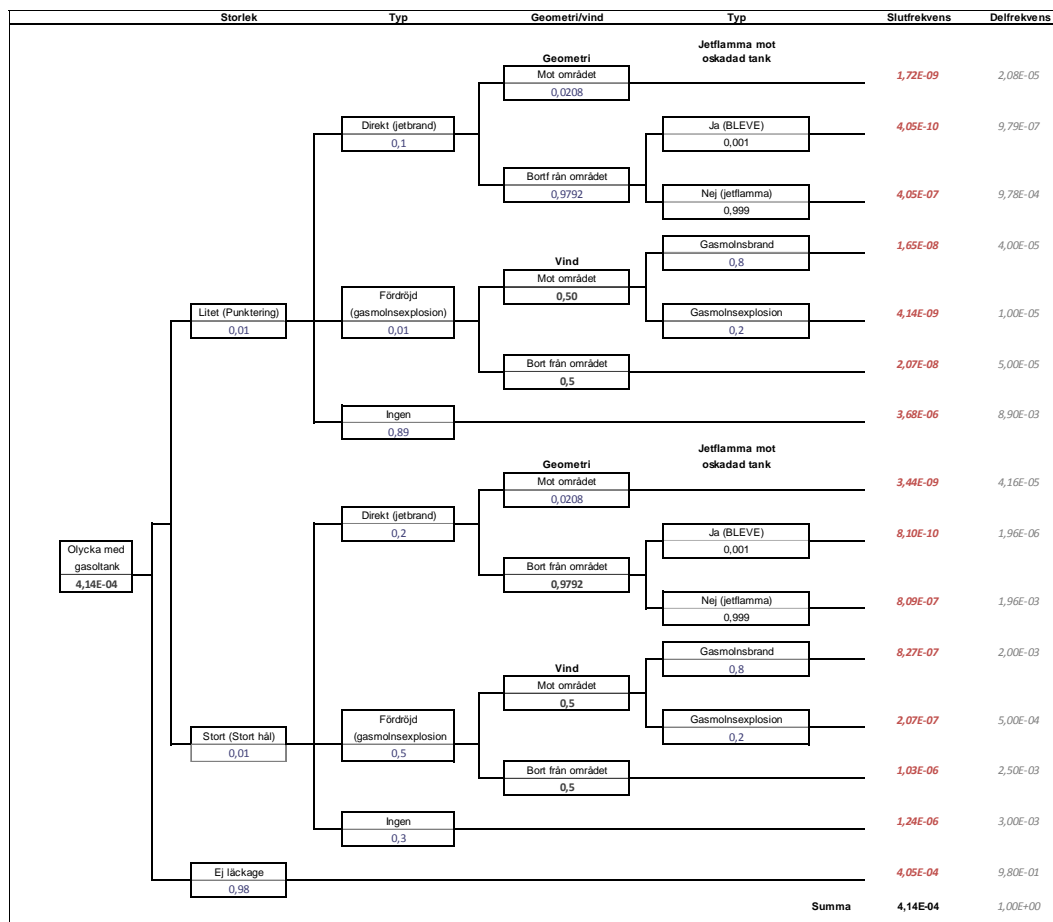
Sannolikheten för sen antändning sätts till:

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

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: Händelsetråd 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 eller klorgas.

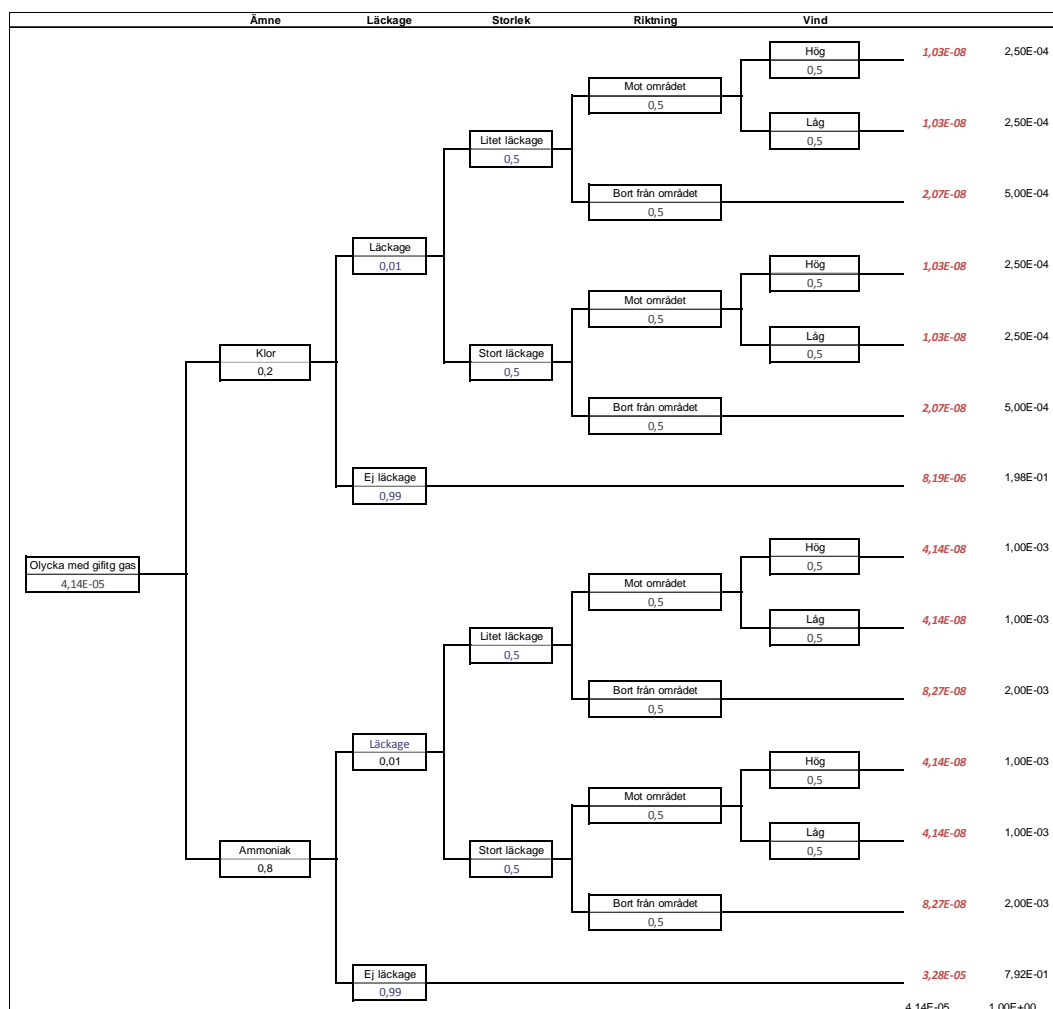
$$S_{\text{läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

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

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



Figur 15: Händelseträ 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 sydost, 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.

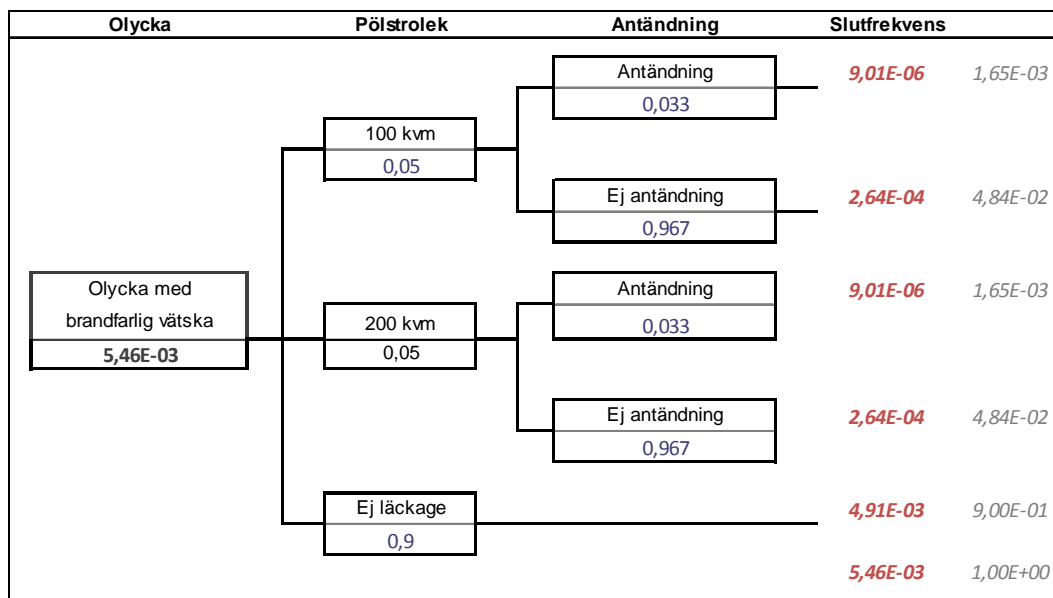
Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas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

RISKUTREDNING



utgörs av, eller antänds lika lätt som, bensen. Vid ett momentant eller större utsläpp är risken stor att ingen åtgärd hinner vidtas innan bensen 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.



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 5 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus (FOA, 1998).

Tabell 5. 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 6. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 6. 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 7.

Tabell 7. 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

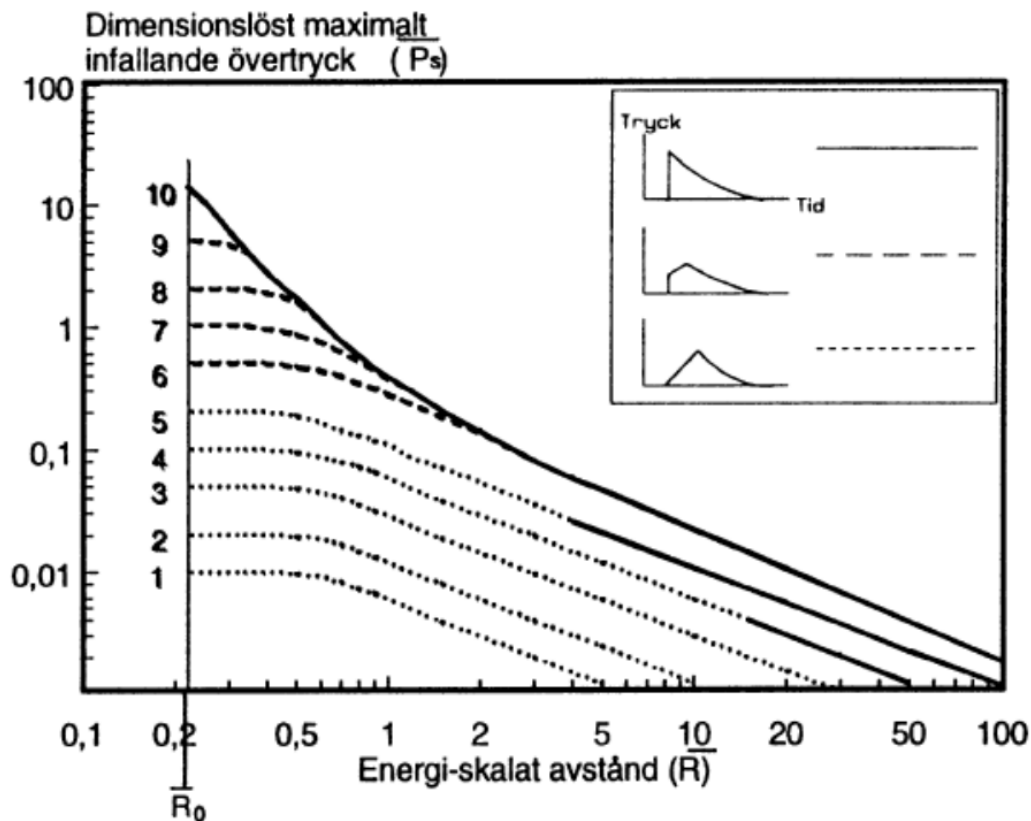
\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

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 17 nedan (FOA, 1998).



Figur 17. 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 17 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 5.

Tabell 8. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplösivt 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 8 och gränsvärden för skador på människor från tabell 5.



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 100 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
- området som påverkas vid en BLEVE

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
- Utströmningskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt 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 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 individtäthet dag- och nattetid, samt att individtätheten varierar beroende på avstånd till järnväg.



Tabell 9: 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 Fördröjd gasmolnsbrand/explosion	18 x 16 42 x 20
	Stort hål (100mm)	Jetflamma Fördröjd gasmolnsbrand/explosion	34 x 20 55 x 10
BLEVE	-	-	300 m radie

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.

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 10: Indata och resultat av simulering för litet läckage av ammoniak.

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 överskrids (b x l)			
	40x120	10x85	30x80	10x70
AEGL-3 (10 min)	62x248	14x200	53x204	13x165

Stort Ammoniakläckage

Tabell 11: Indata och resultat av simulering för stort läckage av ammoniak.

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 överskrids (b x l)			
	120x250	25x175	100x220	25x160
AEGL-3 (10 min)	170x570	40x460	145x470	30x380



Litet klorläckage

Tabell 12: Indata och resultat av simulering för litet läckage av klor.

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 överskrids (b x l)			
	100x380	25x310	85x320	25x250
AEGL-3 (10 min)	170x1200	50x920	150x1000	43x785

Stort klorläckage

Tabell 13: Indata och resultat av simulering för stort läckage av klor.

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 överskrids (b x l)			
	250x800	60x700	235x733	50x612
AEGL-3 (10 min)	380x2400	100x2200	400x2400	93x1800



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

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 $\frac{kg}{m^2s}$ 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 mycket 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 $d_f = d_p \approx 11$ m för en pölbrand om 100 m² respektive 16 m för en pölbrand om 300 m².

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:

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

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

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [\frac{W}{m^2K^4}]$ (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 strålände 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 14 .

Tabell 14: Initial egenskapsberäkning pölbrand

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m ²)	Temperatur på den strålände 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 C4 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 15 nedan.

För individriskkurvan används de värden som är fetmarkerade i Tabell 15, 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 15. Flamfronten antas infinna sig vid väggkanten.

Tabell 15: Beräkningsresultat strålning och konsekvens pölbrand.

Brand	Avstånd från Flamfront (m)	α_w	α_c	τ_a	F_{ma} x	P_{12} (kW/m ²)	$t \cdot P^{4/3} \cdot 10^6$ (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).