



RISKUTREDNING

Uppdragsledare
Erika Robertsson
Tel
010-505 75 67
E-post
Erika.robertsson@afconsult.com

Datum
2019-06-27
Projekt-ID
767204
Beställare
Stadsbyggnadskontoret,
Jönköpings kommun

Kompletterande Riskutredning för kv. Maden och kv. Sömnaden

Med avseende på Grännavägen utöver E4

Uppdragsledare: Erika Robertsson
Kvalitetssäkring: Amanda Hult

Version	Status	Datum
0.1	Granskningshandling	2019-04-17
1.0	Slutversion	2019-04-28
2.0	Rev efter granskningskommentarer	2019-06-27



RISKUTREDNING

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1 Inledning.....	5
1.1 Syfte och bakgrund	5
1.2 Metod	5
1.3 Mål och Avgränsningar.....	6
1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	7
2 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering	7
2.1 Kvantitativa riskmått	8
2.1.1 Individrisk.....	8
2.1.2 Samhällsrisk.....	8
3 Riskvärdering.....	9
3.1 Riskkriterier.....	9
4 Skyddsobjekt.....	11
5 Områdesbeskrivning	11
5.1 Kv. Maden.....	11
5.2 Kv. Sömnaden	12
6 Grovriskanalys från befintlig riskutredning	12
6.1 Drivmedelsstation – Preem Huskvarna, Grännavägen 20.....	12
6.2 Brandfarlig vara – Induf AB, Grännavägen 22	13
6.3 Farligt gods	13
7 Riskobjekt och riskkällor.....	14
7.1 Farligt gods	14
7.2 Grännavägen.....	15
7.2.1 Trafikflöde nuläge	15
7.2.2 Trafikflöde känslighetsanalys	16
7.2.3 Fördelning ADR-klasser nuläge.....	16
7.2.4 Fördelning ADR-klasser känslighetsanalys	16
7.3 Olycksscenario	18
7.3.1 Sammanfattning olycksscenario farligt gods	21
8 Riskanalys	23
8.1 Individrisk nuläge.....	23
9 Känslighetsanalys.....	24
9.1 Individrisk känslighetsanalys	24
9.2 Kvalitativ känslighetsanalys	25
10 Osäkerhetsanalys	25
11 Riskbedömning och riskreducerande åtgärder	27



RISKUTREDNING

12	Slutsatser	27
13	Referenser	28
	Bilaga A – Frekvensberäkning	30
	Trafikolycka Grännavägen	30
	Olycka explosiva ämnen (känslighetsanalys)	31
	Olycka brandfarlig gas	32
	Giftig gas (känslighetsanalys)	34
	Olycka brandfarlig vätska	34
	Olycka med oxiderande ämne (känslighetsanalys)	35
	Bilaga B – Konsekvensberäkning	36
	Olycka explosiva ämnen (känslighetsanalys)	36
	Olycka brandfarlig gas	39
	Olycka giftig gas (känslighetsanalys)	40
	Olycka brandfarlig vätska	43
	Olycka oxiderande ämne	45
	Bilaga C - Plankarta kv. Maden	47



Sammanfattning

Denna riskutredning är en kompletterande del till en redan befintlig riskutredning som 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. Mellan E4 och fastigheterna löper Grännavägen vilken riskbedöms i denna utredning.

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.

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

- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand

Ytterligare inkluderas följande i en känslighetsanalys:

- Olycka med explosiva ämnen
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Oxiderande ämnen: explosion och brand

Enligt den kvantitativa riskanalysen är individrisken tolerabel för hela området. Risknivåerna jämfördes med de av DNV framtagna riskacceptanskriterierna.

Givet de olycksscenario som identifierades och att åtgärder ska övervägas för att sänka risken bedöms inga ytterligare riskreducerande åtgärder nödvändiga utöver de som angetts vara lämpliga i befintlig riskutredning:

- 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.

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



RISKUTREDNING

1 Inledning

1.1 Syfte och bakgrund

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 har Jönköping tagit fram en fördjupad översiktsplan för kv. Maden och en detaljplan för kv. Sömnaden.

Jönköpings kommun har sedan tidigare låtit utföra en riskutredning för kvarteret Maden och kv. Sömnaden i Huskvarna beläget i norra Jönköpings tätort med avseende på risker kopplat till farligt gods från E4. Länsstyrelsen vill nu se en uppdaterad riskutredning som stödjer vald inriktning i detaljplanen för Sömnaden 6 m.fl. Befintlig utredning föreslog 20 m avstånd från Grännavägen som säkerhetsåtgärd.

Fokus ligger därför på riskvärdering utifrån åtgärdsförslag och riskberäkning för bostadshus inom kv. Sömnaden på 15 m avstånd från Grännavägens kant, samt detsamma för hus på 10 m avstånd från gata, vilket är vad den fördjupade översiktsplanen för Maden föreslår.

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

Denna riskutredning är att ses som en komplettering till redan utförd riskutredning: Riskutredning kv. Maden och kv. Sömnaden (ÅF Infrastructure AB, 2018), hädanefter benämnd befintlig riskutredning.

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.

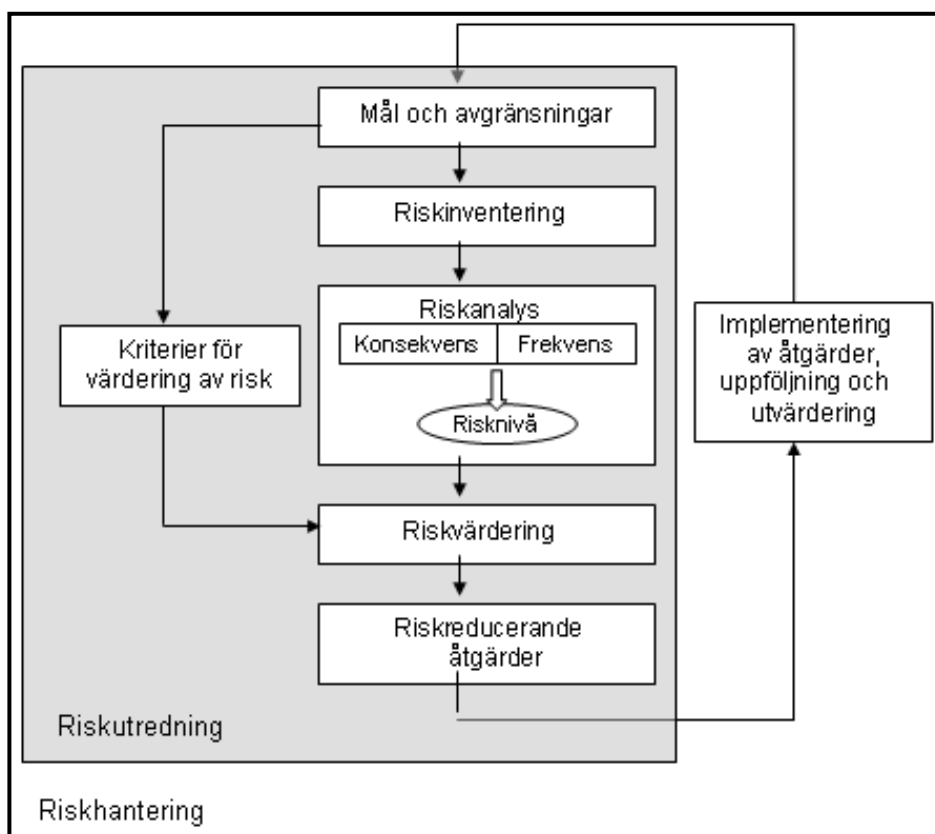
Därefter tar **riksinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenario presenteras i en så kallad olyckskatalog.

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

1.3 Mål och Avgränsningar

Riskutredningen avgränsas till att endast omfatta påverkan för planärendet för kv. Maden och kv. Sömnaden.

Riskutredningen undersöker endast olyckor som har påverkan på människor så att de förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks därmed inte, då det saknas vedertagna acceptanskriterier för andra utfall än dödsfall. Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området (om inte dessa i sin tur kan innebära en personrisk).

Eftersom denna riskutredning är att ses som ett komplement till befintlig riskutredning, antas samma förutsättningar för området gälla. I och med att



RISKUTREDNING

beräkningar redan är utförda på samhällsrisk kommer resultatet av denna utredning enbart presenteras som en individrisk.

1.4 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, dessa 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. 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. I Tabell 1 visas de basavstånd som Länsstyrelsen i Hallands län anger i sina riktlinjer. För aktuella områden bör Väg-Låg användas, eftersom Grännavägen rimligtvis klassificeras som en lågt trafikerad väg och inte heller är utpekad som en rekommenderad led för farligt gods.

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

2 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs i avsnitt 1.4 inte finns eller om sådana riktlinjer på något sätt frångås. En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmåttarna är individrisk och samhällsrisk. Riskmåttarna skiljer sig på så sätt att individriskkriterier syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker. Samhällsrisk å andra sidan syftar till att säkerställa att ett område (allt ifrån ett bostadsområde till samhället i stort) som en helhet inte utsätts för oacceptabla risker. I denna riskutredning kommer enbart individrisk beaktas då samhällsrisk beaktas i befintlig riskutredning.



RISKUTREDNING

2.1 Kvantitativa riskmått

2.1.1 Individrisk

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.

2.1.2 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området, i form av persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk kan även hänsyn tas till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsrisk är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera. Samhällsrisk 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. Samhällsrisk 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

3 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.

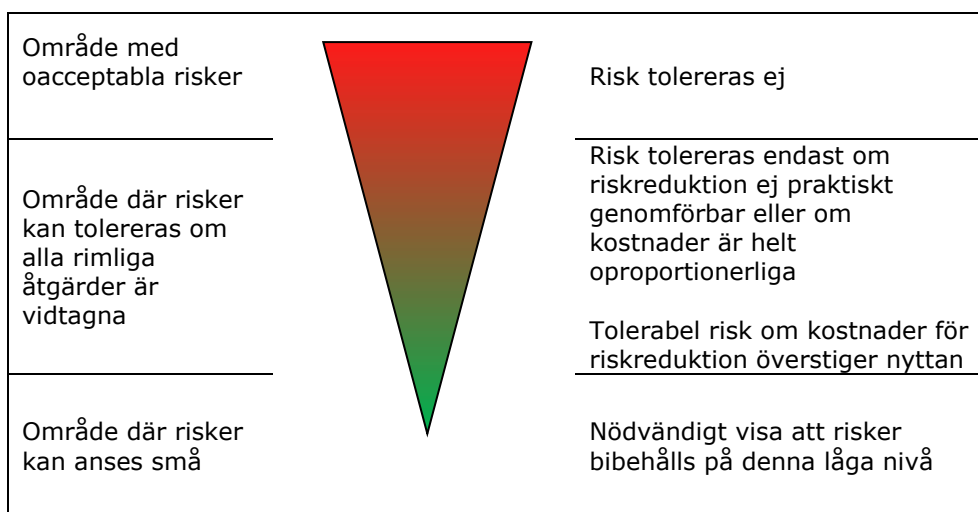
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

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

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

3.1 Riskkriterier

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för tolerabel risk. 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



RISKUTREDNING

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 tolerabla. 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.



RISKUTREDNING

4 Skyddsobjekt

Denna riskutredning undersöker risker för människors säkerhet. Skyddsobjekt är därmed personer som vistas inom det studerade området, både i och utanför byggnader.

5 Områdesbeskrivning

Figur 3 visar en översiktsbild över kv. Maden och kv. Sömnaden. Längs med väg Grännavägen är områdena tillsammans ungefär 400 m långt. I frekvensberäkningarna används dock en sträcka på 1km, på grund av att vissa olycksscenario kan ha längre konsekvensavstånd än 400m.



Figur 3: Översiktsbild över kv. Maden (orange) och kv. Sömnaden (lila). Grundkarta från Eniro.se (2017).

5.1 Kv. Maden

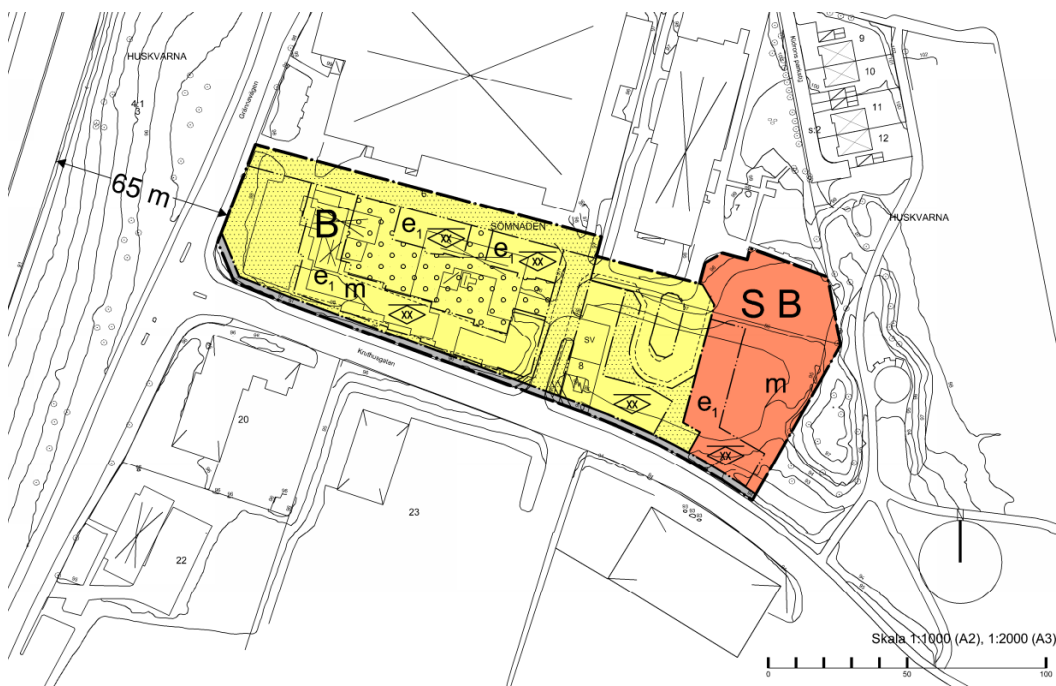
Kv. Maden ligger i norra Huskvarna, och har en area av 11 hektar. I väster återfinns väg E4 och Grännavägen och på lite längre avstånd ligger Vättern. Området söder och öster om kv. Maden karakteriseras av villakvarter. I norr återfinns kv. Sömnaden, vilket i dagsläget nyttjas av lättare industriföretag, men som i en nära framtid planeras för utveckling till bostadsområde. Maden kommer bestå till stor del av bostäder men också en förskola och en yta avsedd för verksamheter och centrumfunktion. Förskolan är placerad i östra delen av området och därmed på avstånd (>200m) från Grännavägen. Se plankarta i Bilaga C.



RISKUTREDNING

5.2 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 4. Kv. Sömnadens totala yta är ungefär 12 600 m².



Figur 4: Karta över området från detaljplaneförslaget. Kv. Sömnaden delas in i område B och område SB.

I området närmast vägen förväntas ingen stadigvarande vistelse ske. I område B kommer endast bostäder uppföras, medan i område SB i öster kommer både bostäder och skola uppföras. Höjden på husen i området kommer variera mellan 4 till 8 våningar.

6 Grovriskanalys från befintlig riskutredning

I befintlig riskutredning utfördes en grovriskanalys där resultatet visar på att det är i samband med transport av farligt gods som det föreligger störst risk (ÅF Infrastructure AB, 2018). 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. I och med att Grännavägen löper mellan E4 och planområdena samt används för transport av farligt gods till närliggande verksamheter kommer denna tas vidare i denna utredning. Kruthusgatan som löper mellan de planlagda områdena har en medeldygnstrafik på ca 7000 fordon. Vägen inkluderas ej i riskutredningen då den ej är rekommenderad led för farligt gods, varken primär eller sekundär. De transporter med farligt gods som går till närliggande verksamheter förväntas gå via Grännavägen. (Trafikverket, 2018; Sylvan, 2019). Grovriskanalysen återfinns i befintlig riskutredning.

6.1 Drivmedelsstation – Preem Huskvarna, Grännavägen 20

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



RISKUTREDNING

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.

6.2 Brandfarlig vara – Induf AB, Grännavägen 22

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.

6.3 Farligt gods

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.



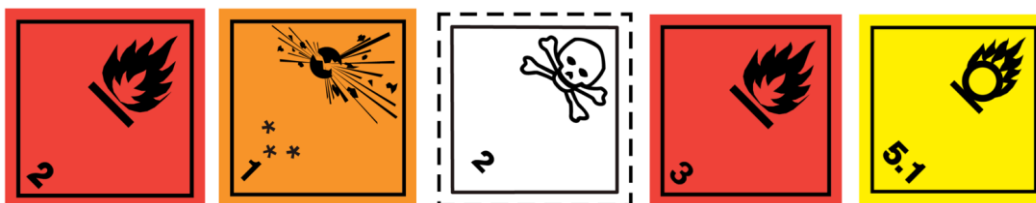
RISKUTREDNING

7 Riskobjekt och riskkällor

I detta kapitel görs en inventering av de riskobjekt med riskkällor som kan orsaka olyckor med konsekvenser för det studerade området. De identifierade riskobjekten i denna utredning är Grännavägen som löper längs med fastigheterna. Riskkällan är transport av farligt gods på vägen.

7.1 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 (ADR) och järnväg (RID) delas in i nio olika klasser (beroende av art och vilken risk som ämnet förknippas med, se exempel på skyltning för vissa klasser i Figur 5). Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport.



Figur 5. Exempel på skyltning för några ADR-klasser: 2.1 Brandfarlig gas, 1 Explosiva ämnen, 2.3 Giftig gas, 3 Brandfarlig vätska, 5.1 Oxiderande ämnen.

I Tabell 2 beskrivs de olika klasser av ämnen som tillhör farligt gods och som kan transporteras på väg.



RISKUTREDNING

Tabell 2. Beskrivning av ADR-klasser.

ADR-klass	Typ	Exempel på ämnen
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, fyrverkerier, ammunition.
2.1	Brandfarlig gas	Gasol, vätgas.
2.2	Icke brandfarlig, icke giftig gas	Inerta gaser såsom kväve, argon, helium.
2.3	Giftig gas	Ammoniak, klor, svaveldioxid.
3	Brandfarlig vätska	Bensin, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel.
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	Metallpulver, karbid, vit fosfor.
4.2	Självantändande ämnen	Aktivt kol, natriumsulfid.
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	Aluminiumkiseljärnpulver, kalium.
5	Oxiderande ämnen/ Organiska peroxider	Natriumklorat, syrgas, persyra. Organiska peroxider.
6	Giftiga ämnen/ Smittförande ämnen	Arsenik, bly och kvicksilversalter, cyanider. Smittförande avfall.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest, gödningsmedel.

7.2 Grännavägen

Grännavägen, väg 132, löper mellan Huskvarna och Gränna, till stora delar parallellt med E4an. Ca 400 meter av Grännavägen löper längs med planområdet i väst. Hastigheten är på den sträckan 60 km/h och vägen består av en fil i vardera riktning.

Det svenska vägnätet för transport av farligt gods består av två delsystem; dels det primära vägnätet där de största mängderna och de flesta typerna av farligt gods transporteras och som används för genomfartstrafik, och dels det sekundära vägnätet som är tänkt som ett lokalt vägnät som inte bör användas för genomfartstrafik. Grännavägen är inte inkluderad i det prioriterade vägnätet i Sverige, varken som primär eller sekundär led. Därav framförs endast begränsad mängd gods på denna sträcka i form av leveranser till och från närliggande verksamheter. För att ta höjd för eventuella ytterligare transporter har en känslighetsanalys utförts i denna utredning.

7.2.1 Trafikflöde nuläge

Statistik rörande vägflöden tillhandahålls av Trafikverket. Medeldygnstrafiken på Grännavägen längs området är enligt Trafikverkets vägtrafikflödeskarta (2017) 11 061 fordon.



RISKUTREDNING

I utredningen baseras statistik för transport av farligt gods på leveranser till och från de verksamheter som är lokaliserade i närhet av planområdet, Preem Huskvarna och Induf AB. Preem uppskattas årligen ha ca 260 transporter (Hultberg, 2019) och Induf AB ca 570 transporter (Carlsson, 2019). En del av det farliga gods som levereras till och från Induf AB transporteras som begränsad mängd. En ökning av antal transporter kommer därför tas hänsyn till i utförd känslighetsanalys.

7.2.2 Trafikflöde känslighetsanalys

I och med att Grännavägen inte är en rekommenderad led för transport av farligt gods beror trafikflödet på intilliggande verksamheters leveranser. Därav har inte någon årlig trafikökning antagits. För att ändå ta höjd för en eventuell ökning av transporterad mängd farligt gods till verksamheter och övrigt ökad trafik på vägen antas att transporterna ökar med 1% årligen i känslighetsanalysen. Värdet på ökningen är hämtad från Trafikverkets basprognos för godstransporter som anger en årlig ökning på 1,8% för transportarbete av samtligt gods på väg men ökningen justeras i riskutredningen till 1% (Trafikverket, 2018). Justeringen görs då detta värde anger ett riksgenomsnitt, vilket inte är representativt för den aktuella vägsträckan utan snarare representerar större vägar med kapacitet för en stor ökning av trafikmängder. Transportarbetet antas här vara ekvivalent med antal transporter. I beräkningarna räknas därför antal transporter upp med 1% från 2019 till 2040.

7.2.3 Fördelning ADR-klasser nuläge

En fördelning mellan ADR-klasserna används sedan för att få fram en olycksfrekvens för respektive olycksscenario. Även fördelning av ADR-klasser baseras på information från Preem Huskvarna och Induf AB. Fördelningen återfinns i Tabell 3 nedan.

Tabell 3: Uppskattad fördelning av ADR-klasser.

ADR	Typer	Fördelning [%]	Mängder [liter]
1	Explosiva ämnen	0	0
2.1	Brandfarlig gas	1	2 300
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	0	0
2.3	Giftig gas	0	0
3	Brandfarlig vätska	98	4 340 500
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0	0
5	Oxiderande ämnen	0	0
6.1	Giftiga ämnen	0	0
6.2	Smittförande ämnen	0	0
7	Radioaktiva ämnen	0	0
8	Frätande ämnen	0	100
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1	700

7.2.4 Fördelning ADR-klasser känslighetsanalys

En del av det farliga gods som levereras till och från Induf AB transporteras som begränsad mängd. Fördelningen kan därmed variera, detta kommer därför tas hänsyn



RISKUTREDNING

till i utförd känslighetsanalys. En andel adderas till de klasser som anses kunna medföra konsekvenser in i det studerade området, klass 2.1, 2.3 och 5. Se fördelningen som använts i känslighetsanalysen i Tabell 4. Detta medför att den nya fördelningen kan antas vara konservativ. Ytterligare kan det gods som transporteras som begränsad mängd innebära ökat antal transporter, vilket hanteras i känslighetsanalysen enligt 167.2.2.

Tabell 4. Uppskattad fördelning av ADR-klasser i känslighetsanalys.

ADR	Typer	Fördelning [%]
1	Explosiva ämnen	1
2.1	Brandfarlig gas	2
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	0
2.3	Giftig gas	2
3	Brandfarlig vätska	93
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0
5	Oxiderande ämnen	5
6.1	Giftiga ämnen	0
6.2	Smittförande ämnen	0
7	Radioaktiva ämnen	0
8	Frätande ämnen	0
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1



RISKUTREDNING

7.3 Olycksscenario

Nedan presenteras de klasser av farligt gods (ADR) och olycksscenario som kan uppstå på Grännavägen enligt inventeringen i föregående avsnitt. Varje avsnitt avslutas med en bedömning av ifall vidare analys är nödvändig för respektive olycksscenario. Se sammanfattning av olycksscenario och konsekvensområden för klasser med potential att orsaka olyckor med påverkan in i området i Tabell 5.

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 meter. 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 och dels till värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dylikt som flyger iväg från olycksplatsen (VTI, 1994).

Bedömning: Explosiva ämnen transporteras inte förbi området. Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt, bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg, men explosiva ämnen kan ge upphov till stora konsekvenser vid en olycka. Risker kring denna klass undersöks därför vidare i känslighetsanalysen.

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. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning (FOA, 1998).

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i de flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria gasmolnsexplosioner är ovanliga. En



RISKUTREDNING

gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom både till följd av värmestrålning och direkta samt indirekta skador av tryckvågen.

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 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, gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks därför i vidare i riskanalysen.

Kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot området 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 men ammoniakgas beter sig initialt som en tung gas varför spridning initialt sker längs med marken. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende bl.a. på mängden gas och rådande väderförhållanden. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, koncentration där befolkningen, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död) på 2700 ppm under 10 minuter exponering (EPA, 2016). Att använda en exponeringstid på 10 minuter kan antas vara tillräckligt i de flesta fall, dock kan det finnas scenarier där exponeringstiden är längre än så t.ex. vid olycka på natten. Att använda AEGL-3 som exponeringskriterium är dock konservativt i jämförelse med t.ex. LC₅₀ eftersom AEGL-3 inkluderar de känsligaste individerna. Det betyder att ett konservativt resultat erhålls för beräkningar av individrisk och samhällsrisk.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som i denna analys anges som exempel på gas som kan drabba området. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 på 50 ppm under 10 minuter exponering (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

Beräkningar för ammoniak och klor utförs avseende konsekvenskriteriet AEGL-3 tillsammans med olika temperaturer samt vindhastigheter för att erhålla en möjlig jämförelse. I beräkningarna av individrisk används sedan konsekvensområdet som utgör det värsta scenariot.

Bedömning: Kondenserad giftig gas transporteras inte förbi området. En olycka med kondenserad giftig gas kan dock ha konsekvenser in i planområdet, varför ovan nämnda olycksscenarion undersöks vidare i känslighetsanalysen, där både ammoniak och klorgas undersöks vidare.



RISKUTREDNING

Brandfarlig vätska (klass 3)

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand. Människor kan påverkas av en sådan på flera sätt, genom strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig samt inandning av giftiga brandgaser.

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: Brandfarlig vätska står för den högsta andelen transporter på väg förbi området, och en olycka med ämnet kan ha konsekvenser som sträcker sig in på området. Klassen undersöks därmed vidare.

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

Exempel 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 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: Klass 4 transporteras inte förbi området och har enbart lokal påverkan. Därför analyseras detta scenario inte vidare.

Oxiderande ämne (klass 5)

Klass fem består av underklasserna 5.1 Oxiderande ämnen och 5.2 Organiska peroxider. I detta fall är det klass 5.1 som är aktuellt.

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 förvärpa en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Bedömning: Klass 5.1 oxiderande ämnen transporteras inte förbi det aktuella området. För att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa krävs dessutom att en serie av händelser ska inträffa vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna i känslighetsanalysen.

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.



RISKUTREDNING

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: Denna klass transporteras inte förbi studerat område och konsekvenserna begränsas till närområdet kring olyckan. Risken undersöks därför inte vidare.

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 klass 8 inte transporteras förbi området samt att konsekvenserna begränsas till område precis kring olyckan analyseras detta scenario inte vidare.

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.

7.3.1 Sammanfattning olycksscenario farligt gods

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenario bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenario ytterligare bör beaktas i känslighetsanalysen.

- Olycka med explosiva ämnen
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas
- Olycka med oxiderande ämnen: explosion och brand

I bilaga A och B redogörs för sannolikhets- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenario.



RISKUTREDNING

Tabell 5. Olycksscenario och konsekvensavstånd för klasser med potential att orsaka olyckor med påverkan in i området. För mer detaljerad beskrivning av olycksscenarioerna se Bilaga A och B.

ADR/RID-klass	Typ av ämne	Olycksscenario	Konsekvensområde (längd x bredd, [m])
1	Explosiva ämnen	Explosion 16000kg	65 x 65
		Explosion 20kg	8 x 8
2.1	Brandfarlig gas	Jetbrand (litet hål)	18 x 16
		Gasmolnsbrand (litet hål)	18 x 12
		Gasmolnsexplosion (litet hål)	18 x 12
		Jetbrand (stort hål)	92 x 80
		Gasmolnsbrand (stort hål)	21 x 25
		Gasmolnsexplosion (stort hål)	21 x 25
		BLEVE	200 x 200
2.3	Giftig gas	Utsläpp klorgas (litet, hög vind)	920 x 50
		Utsläpp klorgas (litet, låg vind)	1200 x 170
		Utsläpp klorgas (stort, hög vind)	2200 x 100
		Utsläpp klorgas (stort, låg vind)	2400 x 400
		Utsläpp ammoniakgas (litet, hög vind)	200 x 14
		Utsläpp ammoniakgas (litet, låg vind)	248 x 62
		Utsläpp ammoniakgas (stort, hög vind)	460 x 40
		Utsläpp ammoniakgas (stort, låg vind)	570 x 170
3	Brandfarlig vätska	Pölbrand (liten)	15 x 15
		Pölbrand (stor)	30 x 30
5	Oxiderande ämnen	Explosion	8 x 8
		Brand	15 x 15



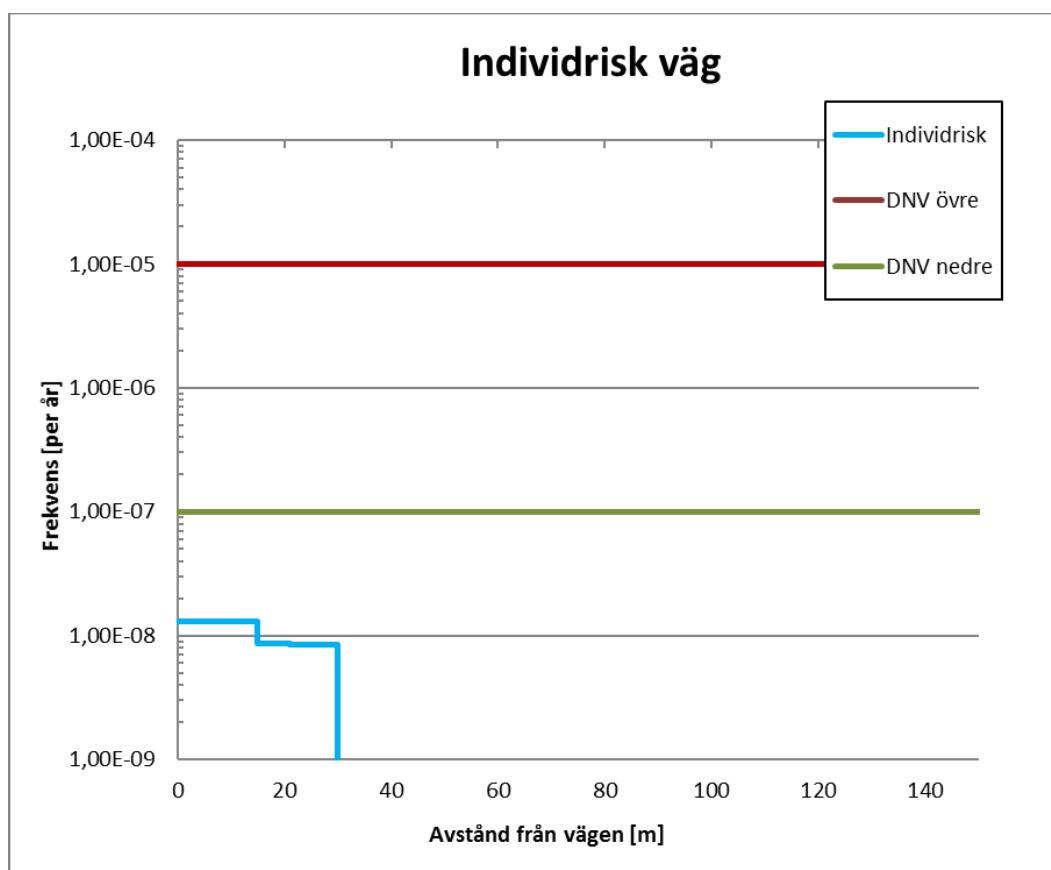
RISKUTREDNING

8 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen. Värderingen av risken består av en jämförelse med vedertagna kriterier (Räddningsverket, 2006) för vad som kan anses vara tolerabel risk. Den kvantitativa analysen består av beräkningar av risker kopplat till transport av farligt gods på Grännavägen i form av individrisk. Eftersom förutsättningarna är oförändrade jämfört med ursprunglig riskutredning förändras inte resultatet av samhällsrisk. Beräkningar och resultat av samhällsrisk återfinns därför i befintlig utredning.

8.1 Individrisk nuläge

I Figur 6 nedan presenteras beräknad individrisk i området härstammande från transport av farligt gods på Grännavägen framför området utifrån given statistik från Preem Huskvarna och Induf AB.



Figur 6: Resultat av individriskberäkningar. Individrisken avser oskyddad individ på platsen.

Figur 6 visar att individrisknivåerna med avseende på transport av farligt gods ligger under DNV:s undre gräns för individrisk på alla avstånd intill Grännavägen.



RISKUTREDNING

9 Känslighetsanalys

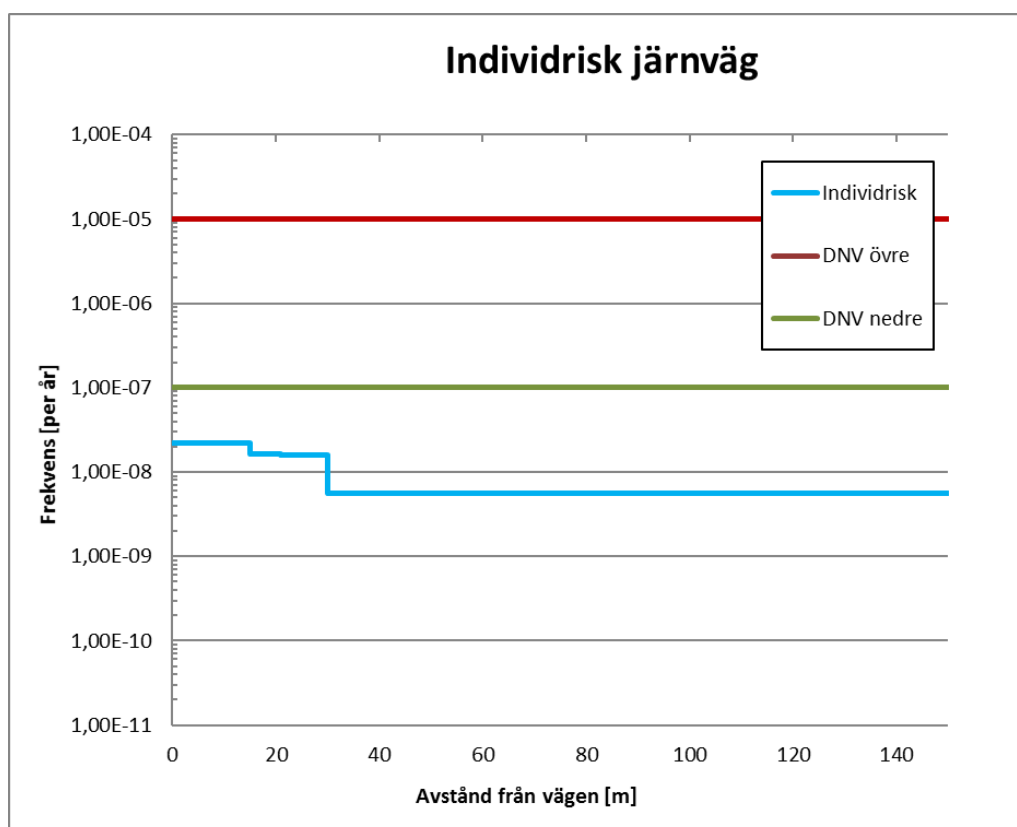
Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Antal transporter samt årlig trafikökning
- Konsekvenser vid studerade scenarion
- Fördelning av transporterat farligt gods

9.1 Individrisk känslighetsanalys

Antal transporter per dygn multiplicerats med 3 för att ta höjd för det gods som transporteras som begränsad mängd. I detta antagande finns dessutom utrymme för att verksamheterna ökar sina transporter och/eller ytterligare transporter på Grännavägen utöver de som är direkt kopplade till Preem Huskvarna och Induf AB. Antal transporter har därefter även räknats upp med en årlig ökning på 1% mellan 2019 och 2040. I fördelningen av farligt gods har klass 1, 2.3 och 5.1 adderats då de kan komma att ha en inverkan på planområdet om de i framtiden skulle transporteras förbi området.

I Figur 7Figur 6 nedan presenteras beräknad individrisk i området beräknad med förändrade förutsättningar enligt ovan och fördelningar givet i 7.2.4 från transport av farligt gods på väg Grännavägen framför området.



Figur 7. Resultat av individriskberäkningar. Individrisken avser oskyddad individ på platsen.

Figur 7Figur 6 visar att individrisknivåerna med avseende på transport av farligt gods fortfarande ligger under DNV:s undre gräns för individrisk på alla avstånd intill Grännavägen även med förändrade förutsättningar, dock något förhöjd jämfört med ursprungsresultatet.



RISKUTREDNING

9.2 Kvalitativ känslighetsanalys

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett samband mellan resultatet och förändringar i såväl antal transporter som mängd farligt gods. Det innebär att en förändring av dessa parametrar även kan ge en variation av resultatet. Beräkningarna avseende trafiken som trafikerar vägen som ligger till grund för individrisken i känslighetsanalysen har dock endast gjorts för år 2040. Detta val bygger på att ny bebyggelse även ska vara hållbar för en framtida förändring av transporterna på sträckan förbi området. Ju fler transporter som passerar, desto högre blir riskerna, vilket innebär att riskerna som presenteras i denna analys är högre än vad som är aktuellt i dagsläget.

Riskanalysens resultats känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarion bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar i form av bränder och utsläpp av gaser och syror är beroende av en rad olika parametrar, bland annat hållstorlek, vindstyrka och utetemperatur. Varierande väderparametrar (såsom vindstyrka, vindriktning och stabilitetklass) har hanterats i analysen, likaså varierande hållstorlekar. 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.

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

10 Osäkerhetsanalys

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

- Mängd farligt gods
- Antal transporter
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende fördelningen mellan farligt godsklasser som transporteras förbi området är underlaget i denna utredning baserat på statistik från närliggande verksamheter. Analysen för farligt gods är därför baserad på data av försäljning och leveranser för ett enda år, vilket betyder att fördelningen mellan klasserna i framöver kan se annorlunda ut och innehåller därför stora osäkerheter. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att göra en känslighetsanalys och beräkna ökade antal transporter och ökade andelar för de mer "farliga" klasserna och minska klass 3. Trafikmängderna har dessutom beräknats för 2040 i känslighetsanalysen för att markanvändningen ska vara tolerabel ur risksynpunkt även för framtida förhållanden genom att anta en årlig ökning på Grännavägen.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarion bedöms vara beroende av scenariobeskrivningarna. Osäkerheten avseende representativa scenarion är stora då det inte finns underlag som beskriver exakt vilka ämnen och mängder som transporteras på sträckan. Samtidigt finns det en betydande osäkerhet inför så kallade



RISKUTREDNING

extremhändelser såsom transporter av 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.

Resultatet visar på tolerabla risknivåer på alla avstånd, dock ska det noteras att avåkning inte är en risk som inkluderas i denna utredning.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande genom en utförd känslighetsanalys. Därmed konstateras att det presenterade resultatet, framförallt i känslighetsanalysen, troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller. Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Den trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser på Sveriges vägar sedan framtagandet av den använda modellen har inte beaktats (Trafikanalys, 2017). 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 (klass 1, 2.1, 2.3, 3 samt 5) på grund av att de anses vara farliga samt har ett konsekvensområde som innebär påverkan på planområdet, och således kan innebära konsekvenser för människors säkerhet, har de klasser som i dagsläget inte transporteras på sträckan ändå tagits med i känslighetsanalysen.
- Vid beräkning av antal omkomna vid olycka med giftig gas används konsekvenskriteriet AEGL-3, vilket är koncentrationen vid vilken känsliga individer kan omkomma.
- Trafiken antas ha ökat med 1 % per år fram till år 2040 som väljs som prognosår i känslighetsanalysen.



11 Riskbedömning och riskreducerande åtgärder

I riskutredningen analyseras påverkan från farligt gods på Grännavägen och presenteras som individrisk. Resterande riskbedömningar och resultat hänvisas tillbaka till ordinarie riskutredning med avseende på farligt gods transporterat på väg E4.

Resultatet av riskanalysen för nuläget visar att individrisknivån ligger på tolerabla nivåer utan behov av riskreducerande åtgärder på alla avstånd från vägen. En känslighetsanalys har utförts, även dessa beräkningar visar på tolerabla nivåer, trots ökat antal transporter och ytterligare klasser med farligt gods adderat.

Förutsättningarna gäller dock som komplement till befintlig utredning och hänsyn bör tas till de övriga risker som föreligger med transport av farligt gods på E4 och rekommenderade åtgärder som angivits i den utredningen bör vidtas, se nedan:

- 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.

12 Slutsatser

Förutsatt att de åtgärder som föreslagits i ordinarie riskutredning införs vid byggnation av kv. Maden och kv. Sömnaden (inklusive skyddsavstånd kring drivmedelsstation) och att riskbilden inte förändras avsevärt, bör byggnation bostadshus inom området (15 m avstånd från Grännavägens kant i kv. Sömnaden samt 10 m avstånd från gata i kv. Maden) anses godtagbar ur riskhänseende.



13 Referenser

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2010). *Toxicological profile for chlorine*. Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services.
- Aronsson, N. (den 11 05 2017). Länsarkitekt, enhetschef. (J. Rödström, Intervjuare)
- Carlsson, T. (2019). Induf AB.
- 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 29 augusti 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Hämtat från EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- EPA. (den 29 augusti 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).
- 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.
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety.
- Hultberg, J. (2019). Preem Huskvarna.
- Länsstyrelsen i Hallands län. (2011). *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*.
- 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). *Värdering av risk*. Karlstad.
- Sylvan, H. (den 21 03 2019). e-mail.
- TNO. (2005). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016 (Statistik 2017:14)*. Trafikanalys.
- Trafikverket. (2017). *Vägtrafikflödeskartan*. Hämtat från TIKK.
- Trafikverket. (2018). *Prognos för godstransporter 2040- Trafikverkets Basprognoser 2018*. Hämtat från https://www.trafikverket.se/contentassets/7e1063efbcbfd4b34a4591b0d4e00f855/2018/prognos_godstransporter_2040_trafikverkets_basprognoser_180417.pdf

RISKUTREDNING



VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg*, VTI-rapport 387:4. Väg- och trafikforskningsinstitutet.

ÅF Infrastructure AB. (2018). *Riskutredning kv Maden och kv Sömnaden*.



RISKUTREDNING

Bilaga A – Frekvensberäkning

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

Trafikolycka Grännavägen

I Räddningsverkets *"Farligt gods - riskbedömning vid transport"* (VTI, 1994) ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka med transport av farligt gods. 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 vägvägsnittet. 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 Vägtrafikflödeskartan (Trafikverket, 2017) är den medeldygnstrafiken på Grännavägen ca 11 000 fordon. Vägsträckan som kan påverka planområdet sätts till 1 km.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 11061 (\text{fordon/dygn}) \times 365 (\text{dygn}) \times 1 (\text{km}) = 4,04 \text{ miljoner fordonskilometer per år}$$

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. Grännavägen utgörs på platsen av väg med ett körfält i varje riktning på landsbygd med hastighetsgräns 60 km/h. Då värden för 60 km/h i timmen inte finns att tillhandahålla används ett medelvärde av de värden som finns för 50 km/h och 70 km/h. Olyckskvoten för dessa förhållanden är antas till 1 olycka per miljon fordonskilometer per år.

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

$$\text{Förväntade fordonsolyckor (O)} = \text{Olyckskvot} \times \text{trafikarbete} = 1 \times 4,04 = 4,04 \text{ olyckor/år}$$

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 vägvägsnittet



RISKUTREDNING

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på Grännavägen beräknas som:

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

ÅDT farligt gods på Grännavägen förbi aktuellt område beräknas till 3 stycken utifrån närliggande verksamheters statistik, ÅDT total enligt ovan.

Andelen farligt gods beräknas till $X = 2,71 \cdot 10^{-4}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för aktuell sträcka av Grännavägen är denna 0,2.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= O \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ per år.}$$

Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är $1,97 \cdot 10^{-3}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 500:de år inom det studerade området.

För att få frekvensen för endast trafikolyckor som orsakar farligt godsolyckor har ett index på 0,07 använts enligt beräkningsmatrisen. Värdet representerar sannolikheten att trafikolyckan orsakar en farligt gods-olycka med hänsyn tagen till vägens utformning. Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är då $1,38 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 7250:e år inom det studerade området.

Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som presenteras i avsnitt 7.2.3.

Olycka explosiva ämnen (känslighetsanalys)

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 kan ske 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 ca 2% av antal transporter har den maximala mängden 16 ton, och resterande har 18.75 kg, 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 0,002. 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.



RISKUTREDNING

Olycka brandfarlig gas

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandat i en olycka innebär inte nödvändigtvis att det uppstår ett läckage. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut.

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

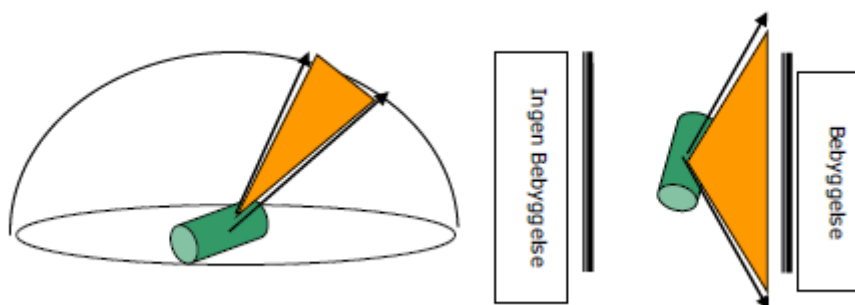
En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande (Purdy, 1993):

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

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°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), Figur 8. 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 8: 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.



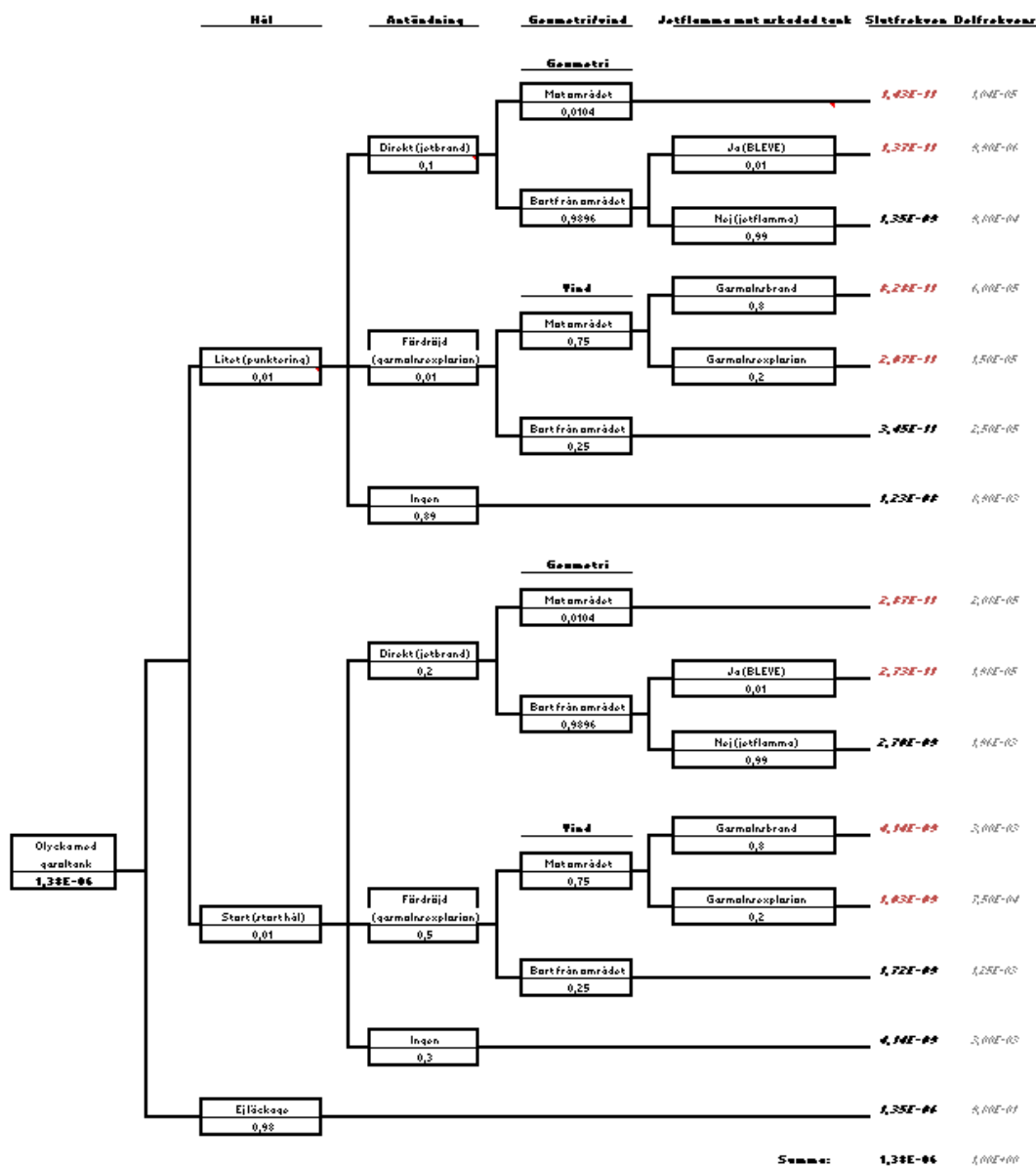
RISKUTREDNING

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 75 % av tiden.

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i Figur 9.



Figur 9: Händelseträd med frekvenser vid olycksscenarion med brännbar gas.



RISKUTREDNING

Giftig gas (känslighetsanalys)

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. Gaserna antas vara klor och ammoniak.

$$S_{\text{läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,5$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,5$$

$$S_{\text{spridning mot området}} = 0,75$$

Sannolikhet för spridning mot området är lika med sannolikheten för vindriktning mot området som i detta fall konservativt ansätts till 0,75.

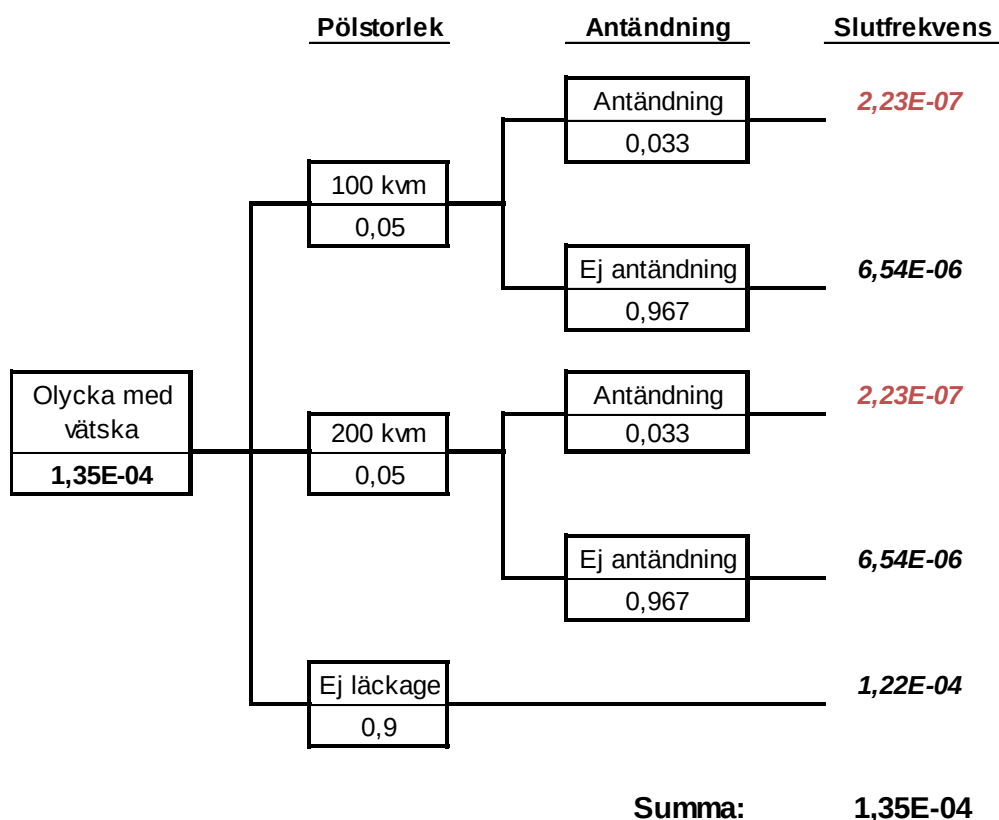
Olycka brandfarlig vätska

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).

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 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 10.



Figur 10: Händelseträd för olycka med brandfarlig vätska.

Olycka med oxiderande ämne (känslighetsanalys)

Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen eller organiska peroxider medföra brand eller explosion. Explosion är möjligt vid de fall det oxiderande materialet sammanblandas med organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. Sannolikheten för läckage antas vara samma som vid läckage av farligt gods klass 3, dvs. 0,2. Sannolikheten att lasten vid läckage sammanblandas med organiskt material i form av fordonets bränsle antas vara 0,02. Sannolikheten för antändning sätts till densamma som för att antända en stor pöl av farligt gods klass 3, dvs 0,06.



RISKUTREDNING

Bilaga B – Konsekvensberäkning

Olycka explosiva ämnen (känslighetsanalys)

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

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

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1% 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 11. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa och för byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 7. 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

$$Y = 0.2$$

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

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

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 8.

Tabell 8. 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]

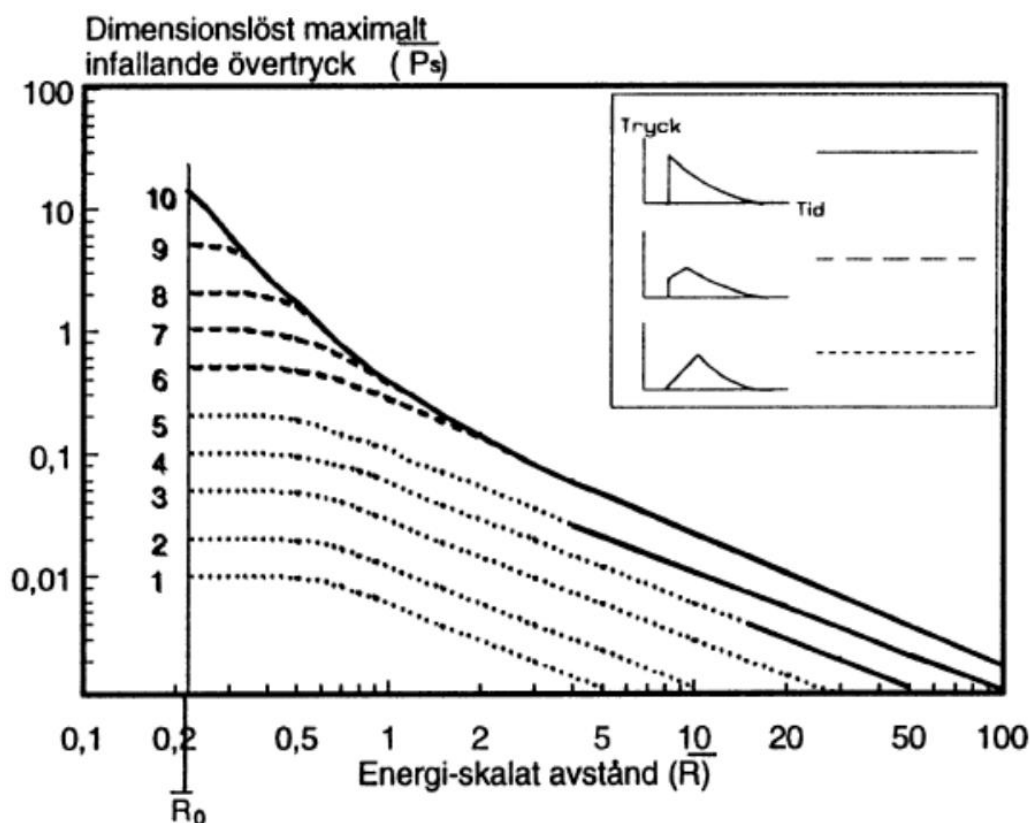
E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 11 nedan (FOA, 1998).



RISKUTREDNING



Figur 11. 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 11 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 9.

Tabell 9. 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 9 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 6.



RISKUTREDNING

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.

I beräkningarna används ett konsekvensavstånd på 65 meter för massan 16 000 kg och 8 meter för massan 20 kg.

Olycka brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i ett släp antas vara ca 40 ton. 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 inom skadeområdet antas 25% omkomma då byggnaden utgör strålskydd, men några antas omkomma eftersom byggnaden antas börja brinna.



RISKUTREDNING

I bedömningen har hänsyn tagits till varierande individtäthet dag- och nattetid, samt att individtätheten varierar beroende på avstånd till väg.

Tabell 10: 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 gasmolnsexplosion	18 x 16 18 x 12
	Stort hål (100mm)	Jetflamma Fördröjd gasmolnsexplosion	92 x 80 21 x 25

Olycka giftig gas (känslighetsanalys)

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 två vindhastigheter. 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. Vidare har två läckagestorlekar använts.

AEGL-1-3 (Acute Exposure Guideline Level) 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 befolkningen, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död. För att beräkna konsekvensområdets utbredning, jämförs erhållna koncentrationer med AEGL-3 värden för 10 minuters exponering för ammoniak respektive för klor. AEGL-3 för ammoniak avseende 10 minuters exponering är 2700 ppm (EPA, 2016). Klor har ett AEGL-3-värde på 50 ppm under 10 minuter exponering (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

Förutom AEGL-3 finns andra exponeringskriterier, t.ex. LC₅₀. Detta värde anger koncentrationen där 50% av befolkningen förväntas dö. Detta skulle kunna vara ett mer lämpligt värde att använda eftersom riskutredningen undersöker scenarier där hela befolkningen förväntas kunna omkomma, inte endast de känsligaste individerna. Dock är AEGL-3 ett mer konservativt värde och används därför i beräkningarna.

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 utsläpp 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 10, 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 10.



RISKUTREDNING

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 11. Indata och resultat av simulering för litet läckage av ammoniak. Fetmarkerade värden används som dimensionerande i beräkningarna av konsekvenser.

Indata	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
AEGL-3 (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrids (b x l)			
	62x248	14x200	53x204	13x165

Stort ammoniakläckage

Tabell 12. Indata och resultat av simulering för stort läckage av ammoniak. Fetmarkerade värden används som dimensionerande i beräkningarna av konsekvenser.

Indata	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
AEGL-3 (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrids (b x l)			
	170x570	40x460	145x470	30x380



RISKUTREDNING

Litet klorläckage

Tabell 13. Indata och resultat av simulering för litet läckage av klor.

Indata	Litett 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
AEGL-3 (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	170x1200	50x920	150x1000	43x785

Stort klorläckage

Tabell 14. Indata och resultat av simulering för stort läckage av klor.

Indata	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
AEGL-3 (10 min)	Område inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider (b x l)			
	380x2400	100x2200	400x2400	93x1800

Vid bedömningen av antalet omkomna antas 100 % av de som vistas utomhus och befinner sig inom skadeområdet att omkomma. Av de individer som vistas inomhus och är inom skadeområdet antas 25 % omkomma då byggnaden utgör skydd mot gasspridning men några antas omkomma eftersom gasen ändå i vissa fall kan ta sig in i byggnader. Detta är ett konservativt antagande eftersom konsekvenskriteriet AEGL-3 innebär att de känsligaste individerna dör vid denna koncentration och tid.



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.

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 strålade 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 15 .

Tabell 15: Initial egenskapsberäkning pölbrand

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m^2)	Temperatur på den strålade 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 16 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 16 nedan.

För individriskkurvan används de värden som är fetmarkerade i Tabell 16, 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 16. Flamfronten antas infinna sig vid väggkanten.

Tabell 16: 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).

Olycka 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 100 m² pölbrand från farligt gods klass 3 och konsekvensområdets längd och bredd sätts därmed till 15 meter. För konsekvensberäkning se konsekvensberäkning för pölbrand enligt ovan.

RISKUTREDNING



Explosion

Explosionsförloppet approximeras till detsamma som för en mindre explosion av farligt gods klass 1 och konsekvensområdet sätts därmed till 8 meter längd och bredd, för konsekvensberäkning av olycka med explosiva ämnen, se nedan.

[illegible]