

Uppdragsledare/Handläggare
 Viktor Asking
 Telefon
 +46 10 505 41 78
 E-post
 Viktor.asking@afry.com

Datum
 2023-02-08
 Projekt-ID
 209621
 Mottagare
 Uppsala Arenor och Fastigheter

Intern granskare
 Oscar Lindén

Riskutredning Uppsala Event- och upplevelsearena och Simhall, Uppsala kommun

Titel: Riskutredning Uppsala Event- och upplevelsearena och Simhall, Uppsala kommun
 Författare: Viktor Asking
 Språk: Svenska

Version	Status	Datum
1.0	Utkast	2022-02-15
2.0	Slutgiltig version	2022-02-22
3.0	Slutgiltig version – Rev A	2022-05-04
4.0	Slutgiltig version – Rev B	2022-05-31
5.0	Slutlig version – Tillgänglighetsanpassad för samråd	2022-05-31
6.0	Slutgiltig version – Rev C	2022-12-07
7.0	Slutgiltig version – Rev D	2022-12-27
8.0	Slutgiltig version – Rev E	2023-02-08
8.1	Slutgiltig version – Rev E Tillgänglighetsanpassad	2023-02-08

Sammanfattning

AFRY har fått i uppdrag av Uppsala Arenor och Fastigheter att genomföra en riskutredning för detaljplan för Gränby 11:37 m.fl. vid Edith Södergrans väg i området Gränby i Uppsala kommun.

Planförslaget syftar till att bygga en ny arena samt ett intilliggande simhall på idag framförallt obebyggd mark. Även befintligt hotell i området planeras att byggas ut.

Parallellt med områdets norra del angränsar den primära farligt gods-leden väg 55, vilken tillsammans med den planerade simhallen, ställverk och batterilager utgör utredningens riskobjekt.

Riskutredningens syfte är att redovisa lämpligheten av planförslagets lokalisering av bebyggelse avseende riskexponering för farligt gods, batterilagring, ställverk och klorhantering inom simhallen samt att redovisa eventuella riskreducerande skyddsåtgärder som kan krävas för att möjliggöra planförslaget.

I utredningen har personrisker avseende transport med farligt gods på väg 55 undersökts genom beräkning av individ- och samhällsrisk. Bedömning av risker från simhallen, ställverk och batterilager har gjorts kvalitativt.

Beräkningsresultatet visar att individrisknivån för den planerade utbyggnaden av ny arena med simhall befinner sig inom ALARP-området. Detta betyder att inom detta avstånd ska åtgärder vidtas vars riskreduktion står i proportion till dess kostnad.

Samhällsriskberäkningen från farligt gods-leden visar att utvecklingsalternativet innebär en ökning i risknivåerna jämfört med nollalternativet. Effekterna från de övriga riskkällorna har kumulativt adderats till en sammanlagd samhällsrisk. Likt för individrisken befinner sig även samhällsrisken inom området för ALARP och riskreducerade åtgärder ska vidtas likt de för individrisken.

På grund av att de beräknande risknivåerna är inom ALARP-området för individ- och samhällsrisk bedöms planerad utökad bebyggelse inom området kunna uppföras om ett antal riskreducerande skyddsåtgärder införs. Skyddsåtgärderna bedöms krävas för att säkerställa att en acceptabel risknivå uppnås för människors säkerhet inom undersökt område. Dessa krav bedöms stå i proportion till dess kostnad. En del av de riskreducerande åtgärder som föreslås är följande:

- Befintlig vall längs farligt gods-leden med buskage behålls till viss del. Gränsen till ALARP-område minskar då från 82 meter till 60 meter. Det får inte uppmuntras till stadigvarig vistelse inom området där vallen inte skyddar. Om vallen tas bort ska motsvarande skyddsplank installeras.
- Friskluftsintag inom 82 meter (60 meter med vall/skyddsplank) från väg 55 bör placeras högt och i riktning som inte vetter mot farligt gods-leden (Väg 55).
- Ventilationen inom 82 meter (60 meter med vall/skyddsplank) från väg 55 bör vara avstängningsbar.
- Byggnader inom 82 meter (60 meter med vall/skyddsplank) från väg 55 bör utföras så att det är möjligt att säkert utrymma i riktning mot söder, bort från farligt gods-leden (Väg 55).
- Friskluftsintag på byggnader ska placeras bort från batterilager och plats för lossning av klor till simhall (utom 50 meter).

RISKUTREDNING



- Fönster som vetter mot farligt gods-led ska inom 40 meter uppfylla brandteknisk klass EW 30.

Efter vidtagande av föreslagna skyddsåtgärder bedöms utformning av detaljplanen uppfylla acceptabel risknivå. Markanvändningen avseende föreslagen bebyggelse bedöms därmed som lämplig beaktat påverkan på människors liv och hälsa.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund och syfte.....	6
1.2 Mål och avgränsningar	6
2 Metod	8
2.1 Programvara.....	9
3 Styrande lagstiftning och riktlinjer	10
3.1 Riktlinjer	10
4 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering	12
4.1 Kvantitativa riskmått	12
4.1.1 Individrisk	12
4.1.2 Samhällsrisk.....	12
4.2 Riskvärdering	13
4.3 Riskkriterier.....	13
5 Skyddsobjekt.....	15
6 Områdesbeskrivning	15
6.1 Planområdet idag	15
6.2 Planområdet enligt föreslagen detaljplan	16
6.3 Personbelastning.....	17
6.3.1 Personbelastning nollalternativ	18
6.3.2 Personbelastning utvecklingsalternativ.....	19
7 Riskobjekt	20
7.1 Simhall	20
7.2 Batterilagring.....	21
7.3 Ställverk	21
7.4 Drivmedelsstation	21
7.5 Vattenverk	22
7.6 Väg 55.....	22
7.6.1 Farligt gods	22
7.6.2 Trafikflöde.....	23
7.6.3 Uppskattning av olycksfrekvens farligt gods	23
7.6.4 Fördelning mellan ADR-klasser.....	24
7.7 Olycksscenario	25
7.7.1 Sammanfattning olycksscenario farligt gods	29
8 Riskanalys	30
8.1 Kvantitativ analys: Farligt gods	30
8.1.1 Individrisk.....	30

8.1.2	Samhällsrisk.....	31
8.2	Kvalitativ analys: Simhall.....	32
8.2.1	Erfarenhet från inträffade olyckor.....	32
8.3	Kvalitativ analys: Batterilagring	33
8.4	Kvalitativ analys: Ställverk	33
8.5	Sammanvägd analys av samhällsrisk	33
9	Känslighets- och osäkerhetsanalys	35
9.1	Känslighetsanalys.....	35
9.2	Osäkerhetsanalys.....	35
10	Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	38
10.1	Åtgärder med avseende på farligt gods	38
10.2	Åtgärder med avseende på hantering av klorgas i simhall	39
10.3	Åtgärder med avseende på batterilagring	40
10.4	Riskreducerande skyddsåtgärder	40
11	Slutsatser.....	42
12	Referenser.....	44
1	Bilaga A – Frekvensberäkning	46
1.1	Väderdata	46
1.1.1	Vindhastighet	46
1.1.2	Stabilitetsklass.....	47
1.1.3	Vindriktning.....	49
1.2	Trafikolycka väg.....	50
1.2.1	Trafikolycka E45	50
2	Bilaga B – Konsekvensberäkning	61
2.1	Generella skadekriterier	61
2.2	Olycka med explosiva ämnen.....	61
2.3	Olycka brandfarlig gas	65
2.4	Olycka giftig gas	66
2.5	Olycka brandfarlig vätska	67
2.6	Olycka med oxiderande ämne	68

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

AFRY har fått i uppdrag av Uppsala Arenor och Fastigheter att genomföra en riskutredning för detaljplan för Gränby 11:37 m.fl. vid Edith Södergrans väg i området Gränby i Uppsala kommun. Det är en byggherredriven detaljplaneprocess och detaljplanen syftar till att möjliggöra exploatering i form av en arena för olika typer av evenemang samt en simhall och tillbyggnad för hotell. Vid inledningen av projektet görs en riskinventering för att säkerställa att samtliga riskkällor som kan påverka området ingår i utredningen.

Planområdets norra del avgränsas av väg 55 som är en primär led för transport av farligt gods. I och med att planområdet ligger inom 150 meter ifrån farligt gods-led ska riskerna avseende dessa transporter beaktas. Även personrisker avseende batterilager, ställverk samt klorhantering inom det planerade simhallen beaktas. Inom närliggande område ligger även en bensinstation vilken beaktas.

Syftet med denna riskutredning är därmed att undersöka risker kopplat till människors säkerhet inom planområdet med avseende på transport av farligt gods på väg 55, batterilager, ställverk och den eventuella hanteringen av klor i planerad simhall. Vid behov föreslås åtgärder för att reducera riskerna. Riskanalysen för farligt gods genomförs kvantitativt med individ- och samhällsriskberäkningar. För batterilager, ställverk och simhall genomförs en kvalitativ riskanalys.

1.2 Mål och avgränsningar

För att uppfylla riskutredningens syfte har följande frågeställningar identifierats. Målet med riskutredningen är att besvara dessa:

- Hur ser transporten av farligt gods ut idag och i framtiden på väg 55 invid området?
- Givet den transport av farligt gods som sker och den exploatering som planeras, är individrisk och samhällsrisk på acceptabla nivåer inom planområdet?
- Om risken för transport av farligt gods bedöms överstiga acceptabla nivåer, vilka åtgärder kan vara aktuella för att reducera risken?
- Hur ser risken för hantering av klorgas ut i simhallen och finns det risker kopplat till detta? Vilka riskreducerande åtgärder kan vara aktuella?
- Hur ser risken för batterilagringen ut i planområdet och finns det risker kopplat till detta? Vilka riskreducerande åtgärder kan vara aktuella?
- Hur ser risken för ställverket ut intill planområdet och finns det risker kopplat till detta? Vilka riskreducerande åtgärder kan vara aktuella?
- Hur ser risken för drivmedelsstationen ut intill planområdet och finns det risker kopplat till detta? Vilka riskreducerande åtgärder kan vara aktuella?
- Hur ser risken för vattenverket ut intill planområdet och finns det risker kopplat till detta? Vilka riskreducerande åtgärder kan vara aktuella?

Riskutredningen avgränsas till att endast undersöka påverkan inom planområdet Gränby 11:37 m.fl. vid Edith Södergrans väg i Uppsala. För att samhällsriskberäkningen för farligt gods ska vara representativ måste den göras på en sträcka av en (1) kilometer. Därför betraktas även personbelastningen i området intill aktuell exploatering. Påverkan avgränsas till olyckor med farligt gods på väg 55 samt spridning av giftiga gaser från simhall, ställverk, drivmedelsstation, vattenverk och batterilager med avseende på plötsligt inträffade händelser. Dessa riskkällor utreds

även utifrån kumulativa effekter. Därmed utreds inga övriga riskobjekt i omgivningen i denna riskutredning.

Riskutredningen utreder 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. Med olyckor åsyftas i denna rapport de händelser som resulterar i negativ påverkan på människors hälsa, men där det inte funnits avsikt att åsamka skada. Händelseförlopp där istället avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av utredningen. 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).

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.

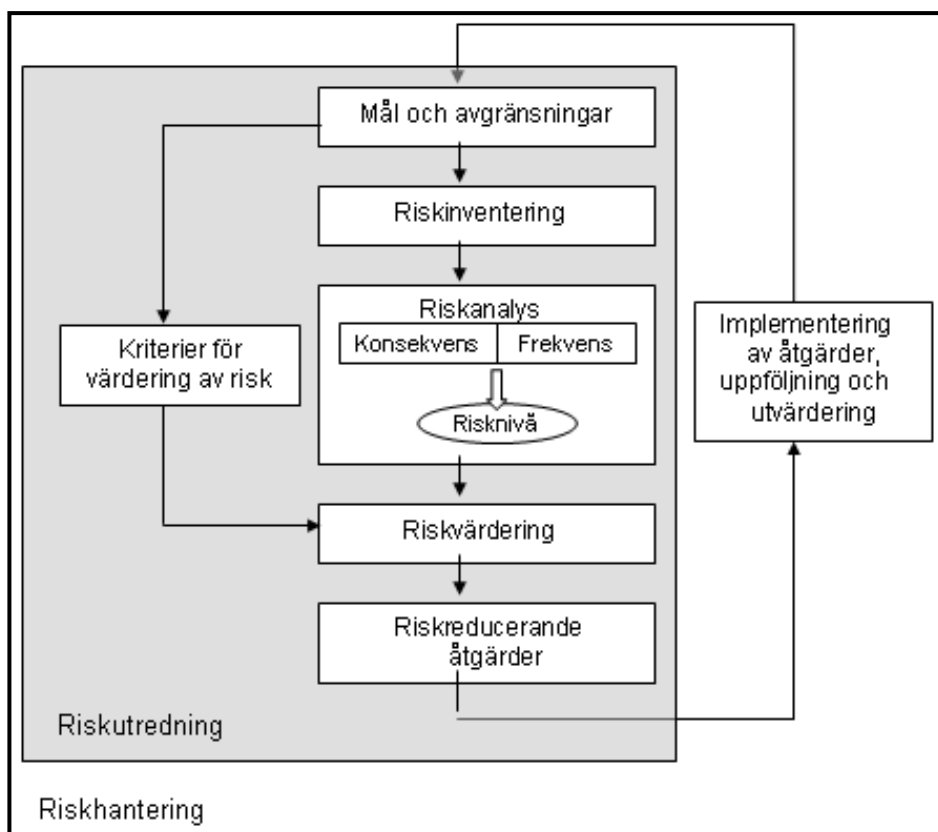
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella området. Aktuella olycksscenarion presenteras i en så kallad olyckskatalog.

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

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

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

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelsen Stockholm tagit fram (2016).



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

I denna riskutredning innebär delmomenten i Figur 1 följande steg:

- Bestämning av mål och avgränsningar genom identifiering av frågeställningar.
- Beskrivning av gällande lagstiftning, riskmått samt riskkriterier.
- Områdesbeskrivning genom att beskriva området och dess omgivning idag samt enligt de planerade förändringarna.
- Inventering av riskobjekt och riskkällor samt beskrivning av dessa.
- Identifiering av olycksscenario kopplade till riskkällor.
- Kvantitativ riskanalys genom beräkning av individ- och samhällsrisknivåer.
- Beskrivning av osäkerheter och känslighet.
- Riskbedömning avseende planerad markanvändning i kombination med framtagande av eventuella riskreducerande åtgärder.

2.1 Programvara

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i Riskcurves använder vetenskapliga spridnings- och effektmodeller enligt 'Yellow Book' (TNO, 2005a) samt vägledande riktlinjer för kvantitativ riskanalys från 'Purple book' (TNO, 2005b).

3 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras. I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska 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 val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

Det anges inte i detalj i lagtext 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. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika typer av markanvändning som kan användas vid fysisk planering.

3.1 Riktlinjer

I denna utredning används Länsstyrelsen Stockholms dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* (Länsstyrelsen Stockholm, 2016). Länsstyrelsen Stockholm anger att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt gods-led. Vidare används en zonindelning utifrån avståndet mellan riskkällan och olika typer av markanvändning. En mer detaljerad beskrivning kring vilken markanvändning som rekommenderas beroende på avstånd presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Avstånd från transportled för farligt gods (väg) för typbebyggelse. Avstånd räknas från närmsta väggkant (Länsstyrelsen Stockholm, 2016).

Avstånd [m]	Markanvändning	Exempel av bebyggelse
<40	Ej stadigvarande vistelse	Odlingar, trafikytor, ytparkeringar och friluftsområden.
40-75	Låg persontäthet, personer alltid i vaket tillstånd	Bilservice, industrier, mindre handel, tekniska anläggningar, övrig parkering och lager.
75-150	Mellan till låg persontäthet eller ej utsatta personer	Bostäder i högst 2 plan, mindre samlingslokaler, handel, mindre kontor (inte hotell), kultur- och idrottsanläggningar utan betydande åskådarplats.
>150	Inga restriktioner	Bostäder med mer än 2 plan, vård, kontor i flera plan, hotell, skolor, större samlingslokaler, kultur- och idrottsanläggningar med betydande åskådarplats.

Ovan angivna avstånd är generella rekommendationer för markanvändning utan vidare säkerhetshöjande åtgärder eller analys. Om skyddsavstånd till farligt gods-led enligt Länsstyrelsen Stockholm (2016) inte kan upprätthållas ska en riskanalys genomföras för det aktuella området. Riskanalysen syftar till att utreda om risknivåer är acceptabla

på avstånd som avviker från riktlinjerna och om det krävs särskilda skyddsåtgärder för att säkerställa acceptabla risknivåer.

Markanvändning som ska möjliggöras i området i och med den nya detaljplanen ska, enligt riktlinjerna från Länsstyrelsen Stockholm i Tabell 1, ligga minst 150 meter från väg med farligt gods-trafik, då kultur- och idrottsanläggningar med betydande åskådarplats bedöms hamna under denna kategori. I detta fall upprätthålls ej länsstyrelsens riktlinje och därmed behöver denna riskutredning genomföras.

4 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs i avsnitt 3.1 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 beaktas både individrisk och samhällsrisk.

4.1 Kvantitativa riskmått

4.1.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ som kontinuerligt befinner sig på en plats ska omkomma på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus (Räddningsverket, 1997). Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

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 riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

4.1.2 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 personbelastning. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att personbelastningen 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.

Samhällsriskens redovisas normalt i F/N-kurvor.

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

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.

4.2 Riskvärdering

Som allmän utgångspunkt 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.

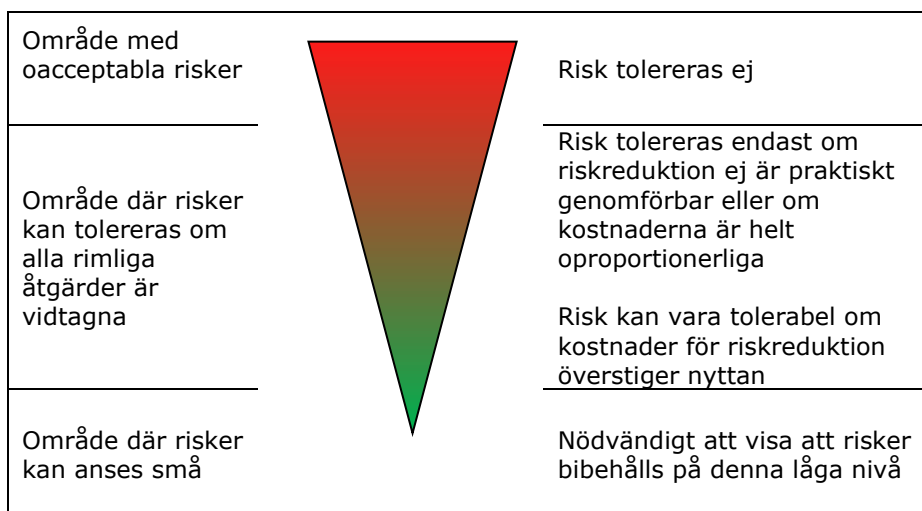
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

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.

4.3 Riskkriterier

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel 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, 1997) 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. Fri tolkning från Räddningsverket (1997).

Följande förslag till tolkning föreslås:

- 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-/nyttoanalys (CBA).
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

Förslagen till kriterier för värdering av risk för industrier och transportleder har med tiden blivit vedertagna vid riskutredningar i Sverige. De liknar de kriterier som finns i flera andra länder i Europa. Kriterierna utformas som ett intervall 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. Dessa kvantitativa kriterier har blivit praxis för vilka risker som samhället tolererar och används därför normalt i denna typ av riskutredningar.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

- 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 för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

- 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

I motsats till individrisk beräknas samhällsrisk med avseende på de personer i undersökt område som faktiskt utsätts för risken. För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket (Räddningsverket, 1997) gälla för en sträcka av 1 km.

5 Skyddsobjekt

Denna riskutredning undersöker risker för människors hälsa (liv). Skyddsobjekt är därmed personer som vistas inom det studerade området, både i och utanför byggnader. Dock kommer i beräkningen av samhällsrisk även människor som vistas utanför aktuellt detaljplaneområde inkluderas. Anledningen är att skadeområdet i vissa scenarier är större än det studerade området, vilket gör att samhällsrisk inte blir rättvisande om endast människor som befinner sig inom området beaktas.

6 Områdesbeskrivning

6.1 Planområdet idag

Planområdet ligger i nordöstra delen av Uppsala, i Gränby och omfattar flera fastigheter. Planområdet är placerat i anslutning till väg 55, där transportleden löper norr om området. Se Figur 3 för placering.



Figur 3. Planområdets placering i Uppsala, markerad med lila. © 2022 Google.

Planområdet är idag delvis obebyggt och består främst av grönområden. Den bebyggelse som finns i området är i form av en BMX-bana, se Figur 4 för bild i planområdet. Omgivande bebyggelse består främst av idrottsanläggningar och köpcentrum.



Figur 4. Bild tagen i planområdet mot väg 55.

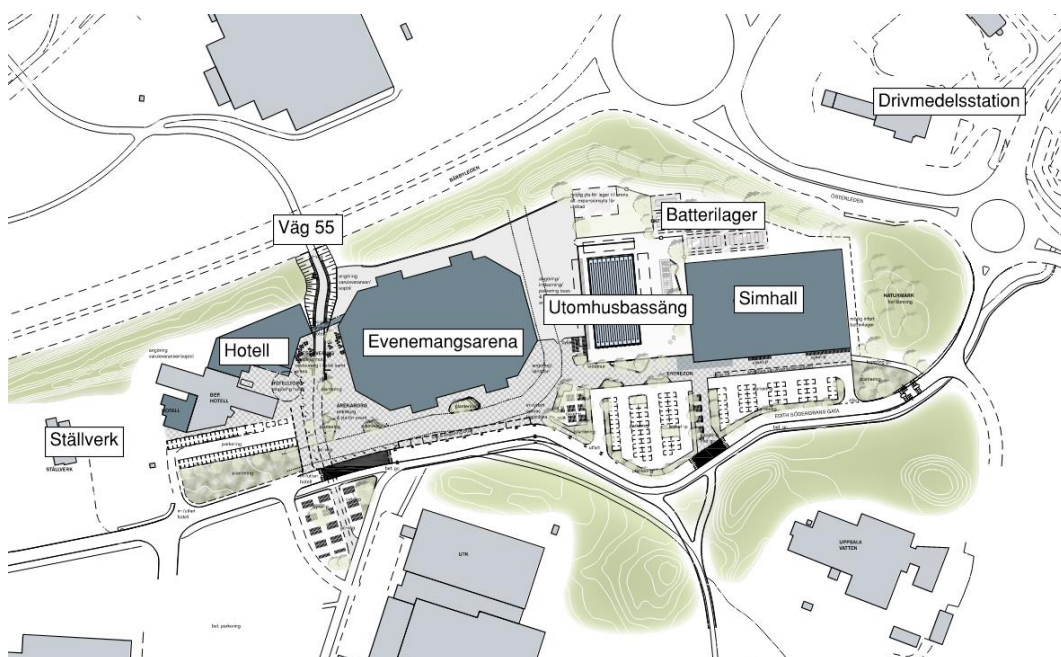
I området närmast väggkant finns det träd och buskar på en byggd jordvall längs hela planområdet, undantaget en GC-väg som passerar under vägen. Väg 55 är placerad i nivå med planområdet, dock lägre än vällen, se Figur 5.



Figur 5. Foto över område närmast väg 55 tagen vid planområdets norra kant i östlig riktning. © 2022 Google.

6.2 Planområdet enligt föreslagen detaljplan

Den nya detaljplanen syftar till att medge bebyggelse av evenemangsarena med kapacitet för 6000 besökare samt intilliggande simhall med utomhusbassäng och batterilagring i form av 16 stycken containers inom planområdet. Även det befintliga hotellet planeras att byggas ut. Planerad utformning och placering av bebyggelse kan ses i Figur 6.



Figur 6. Skissförslag över planområdet. Källa: White, daterad 22-11-24.

I figuren ovan visas ungefärlig placering av de olika byggnaderna och närheten till väg 55. Minsta avstånd mellan evenemangsarenan och väg 55 är ca 30 meter. Avståndet mellan väg 55 och utomhusbassängen är ca 72 meter. I figuren är även placeringen av batterilager utmärkt. I anslutning till området finns även ett ställverk som är placerat direkt väster om befintligt hotell. Placeringen av byggnaderna inom planområdet är ungefärliga och regleras inte av detaljplanen.

Området närmst trafikleden sköts av Trafikverket och här ska finnas möjlighet för breddning av vägen i framtiden. Skyddsavstånden som anges i avsnitt 10.1 avser därför mått från vägkant med nuvarande utformning.

Den befintliga vallen längs väg 55 kommer till viss del att tas bort i anslutning till undergången för gång och cykel. Detta beror på att undergången av trygghetsskäl behöver god sikt.

6.3 Personbelastning

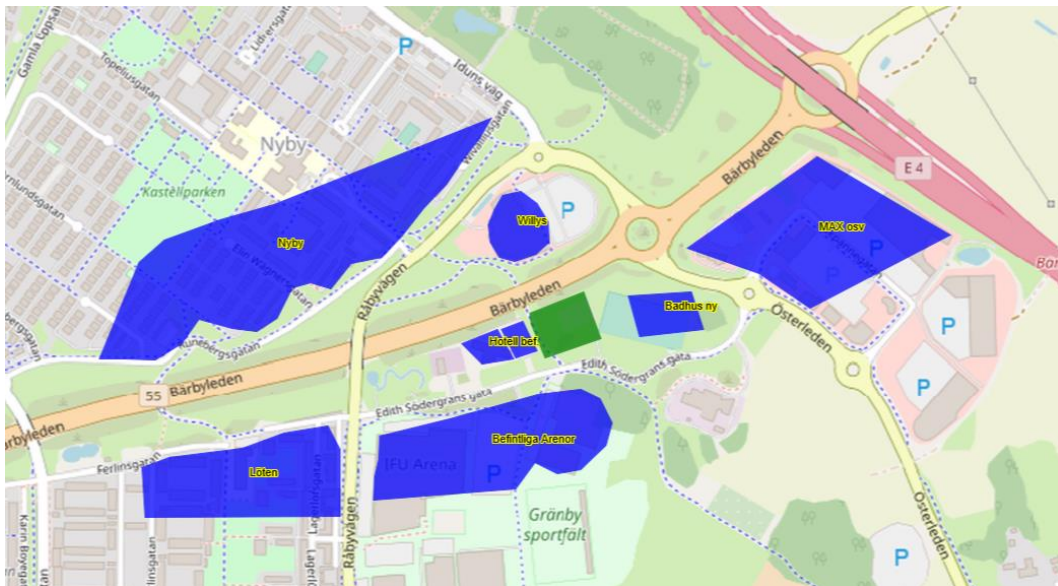
Samhällsrisknivåer beror, till skillnad från individrisken, på hur många som exponeras för den undersökta risken. För att ge en representativ bild av samhällsrisknivå behöver därav även omgivande bebyggelse som kan påverkas av olyckor med farligt gods inkluderas.

I utredningen kommer samhällsrisken att beräknas för två olika scenarier för att visa på vilken skillnad i risknivå som utformning enligt detaljplanen medför. Samhällsrisken beräknas därmed för befintlig utformning innan utbyggnad enligt detaljplan (härefter kallat nollalternativ), och enligt detaljplan med planerad och befintlig bebyggelse (härefter kallat utvecklingsalternativ).

I detta fall inventerades personbelastningen för ett område på 150 m från den beräknade sträckan som avser den närmsta 1 km av farligt gods-leden. Detta område består för närvarande av bostäder, hotell, idrottsanläggningar och handelsområde och detta område och presenteras i Figur 7.



Figur 7. Illustration av området som undersöks med avseende på personbelastning.



Figur 8. Befolkningspolygonerna från beräkningen. Utklipp från RiskCurves.

6.3.1 Personbelastning nollalternativ

Tabellen nedan visar på personbelastningen idag. Nollalternativ tas fram för att se hur riskbilden ser ut utan ny bebyggelse.

Tabell 2. Personbelastning för nollalternativ. Uppskattning har gjorts tillsammans med beställare.

	Område	Person- belastning, dag	Person- belastning, natt	Fraktion dag inom- /utomhus	Fraktion natt inom- /utomhus
1	Boende befintliga bostäder (Löten, Nyby)	400 personer	600 personer	0,93/0,07	0,99/0,01
2	Hotell befintligt	300 personer	620 personer	0,93/0,07	1/0
3	Idrottsanläggningar (Befintliga arenor)	400 personer	0 personer	0,8/0,2	N/A
4	Willys	150 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A
5	Handelsområde (MAX osv)	500 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A

6.3.2 Personbelastning utvecklingsalternativ

Den nya detaljplanen ska tillåta byggnation av ny evenemangsarena med simhall samt batterihall och utbyggnad av hotell. I Tabell 3 presenteras den uppskattade personbelastningen efter byggnation enligt detaljplan. Tabellen presenterar antagen personbelastning i området samt den fraktion av personerna som antas befinna sig inom-/utomhus, för dagtid respektive nattid. Den nya arenan förväntas användas 50 dagar per år. Personbelastningen är baserad på data från kommunen samt beställare. Byggnaden/området för batterilagring betraktas som teknikutrymme och förväntas inte ha någon personbelastning.

Tabell 3. Personbelastningen för området som är inkluderad i utredningen. Uppskattning har gjorts tillsammans med beställare.

	Område	Person- belastning, dag	Person- belastning, natt	Fraktion dag inom- /utomhus	Fraktion natt inom- /utomhus
1	Boende befintliga bostäder (Löten och Nyby)	400 personer	600 personer	0,93/0,07	0,99/0,01
2	Hotell befintligt	300 personer	620 personer	0,93/0,07	1/0
3	Hotell tillbyggnad	200 personer	450 personer	0,93/0,07	1/0
4	Idrottsanläggningar (Befintliga arenor)	400 personer	0 personer	0,8/0,2	N/A
5	Ny evenemangsarena	6200 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A
6	Simhall (badhus och utomhusbassäng)	500 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A
7	Willys	150 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A
8	Handelsområde	500 personer	0 personer	0,9/0,1	N/A

7 Riskobjekt

I detta kapitel beskrivs riskobjekt med riskkällor som kan orsaka olyckor med konsekvenser för det aktuella området. De identifierade riskobjekten i denna utredning är väg 55, den planerade simhallen, ställverk, drivmedelstation, vattenverk samt batterilagret.

7.1 Simhall

Inom det studerade planområdet planeras en simhall och en utomhusbassäng, se Figur 6. Vid rening av vattnet i simhall används vanligtvis klor. Detta lagras generellt inte i form av rent klor, utan som saltsyra eller svavelsyra och hypokloritlösning. Dessa ämnen blandas under kontrollerade former varpå klor bildas som tillsätts vattnet. Utsläpp av dessa ämnen kan ske inom anläggningen, vid påfyllning eller vid transport till anläggningen. Personer förväntas dock inte skadas på längre avstånd men de som befinner sig vid utsläppet kan få frätande vätska på sig. Vidare är ämnena dessutom miljöfarliga och kan skada miljö och vatten om de kommer ut i naturen. Det har även skett flera olyckor där ämnena av misstag blandats och klorgas läckt ut i omgivningen. Klorgas är en mycket giftig gas och ett okontrollerat utsläpp kan resultera i allvarliga konsekvenser.

Bedömning:

Utsläpp av saltsyra, svavelsyra och hypokloritlösning bedöms inte kunna påverka planområdet då konsekvensavstånden begränsas kring närheten av olyckan. Utsläpp av klorgas från simhallen bedöms dock kunna påverka planområdet och analyseras därför vidare.

7.2 Batterilagring

Vi normal användning utgör inte litiumjonbatterier någon miljö- eller hälsofara. Farlig exponering kan endast inträffa när produkten värms upp eller på något sätt skadas.

Vid kortslutning eller uppvärmning kan en litiumjoncell hamna i termisk rusning. Det innebär att cellen frigör batteriets kemiskt lagrade energi okontrollerat med kraftig uppvärmning som följd. Termisk rusning är en exoterm process som är självgenererande och den går inte att stoppa genom att koppla ifrån batteriet. Termisk rusning leder normalt till brand som är explosionsartad. Branden är mycket svårsläckt och kräver stora mängder släckvatten.

Risken för termisk rusning ökar ju högre laddning batteriet har. Ett litiumjonbatteri blir sällan helt urladdat eftersom det stänger ner sig själv innan det blir fullständigt urladdat. Normalt finns det därför kvarvarande spänning i ett "urladdat" batteri.

Gaser som bildas vid brand är bland annat fluorvätesyra/vätefluorid (HF), kربonylfluorid och förbränningsgaser från brand i kolväten och karbonater som dimetylkarbonat och dietylkarbonat. Vid en brand kan rök från området innehålla svaveldioxid och förbränningsprodukter från brand i plaster.

Beroende på ämne i batterierna kan släckvatten innehålla olika typer av föroreningar. Om elektrolyten i litiumjonbatteriet kommer i kontakt med vatten bildas vätefluorid som är extremt frätande. Elektrolyten är lättantändlig (Battery Pack Engineering Department, 2019).

Bedömning:

Giftig brandrök kan spridas till omgivningen och närliggande verksamheter kan vid en brand på batterilagret behöva inrymmas. Batterierna kan innehålla ett ämne som kategoriseras som Giftigt för vattenlevande organismer med Långtidseffekter (H411). Det är inte säkert att batterierna innehåller ämnet och inte heller exakt mängd. Detta då litiumjonbatterier kan utformas med olika ämnen och olika mängder av respektive ämne. Det bedöms dock endast vara en risk att detta ämne läcker ut vid en brand. En brand innebär även att giftigt släckvatten kan spridas till mark och vatten. Detta analyseras ej vidare.

7.3 Ställverk

Ställverk utgör starkströmsanläggning vilka kan ge mycket kraftiga stötar vid direkt kontakt men även via luften. Ställverk genererar också ett magnetfält vilka på lång sikt kan vara skadliga. Hanterar ställverk olja finns det också risk för brand.

Bedömning:

Då ställverk är placerat mycket nära befintligt hotell kommer denna riskkälla analyseras vidare.

7.4 Drivmedelsstation

Öster om planområdet finns det en drivmedelsstation. Avståndet mellan stationen och samhallen är som kortast 75 meter.

En av de mest riskfyllda situationerna kring drivmedelsstationer involverar lastning/lossning av drivmedel då en förhöjd brand- och explosionsrisk föreligger. Det är dock mycket ovanligt att olyckor som involverar brand och explosioner inträffar vid drivmedelsstationer. En av de vanligaste olyckshändelserna som uppkommer vid

drivmedelsstationer är istället olika former av spill. Spill av brandfarliga vätskor kan ske från pumpmunstyckena som kunderna använder. Dessa kan leda till utsläpp vid lossning på grund av exempelvis otäta kopplingar, slangbrott, överfyllning med mera och då bilda en pöl varifrån förångning kan ske. Relativt vanligt förekommande är att kunder glömmar handtaget från terminalen kvar i bilen och kör iväg vilket leder till spill inom området. Det finns risk för att ångorna antänds i kontakt med tändkällor såsom heta ytor, statisk elektricitet eller öppna lågor. Eftersom ångorna är tyngre än luft sker en ansamling i lågpunkter i utsläppets omgivning.

Bedömning:

Då avståndet är över 50 meter och verksamheterna i planområdet inte betraktas som mycket känslig analyseras därför detta riskobjekt inte vidare.

7.5 Vattenverk

Vattenverk bedöms vara en typ av verksamhet som behandlar viss mängd kemikalier för rening av dricksvatten samt bränsle för reservkraft. Transport av kemikalier och bränsle till anläggningen sker också på vägen som ansluter väg 55 och anläggningen.

Bedömning:

Då avståndet är över 50 meter och verksamheterna i planområdet inte betraktas som mycket känslig analyseras därför detta riskobjekt inte vidare.

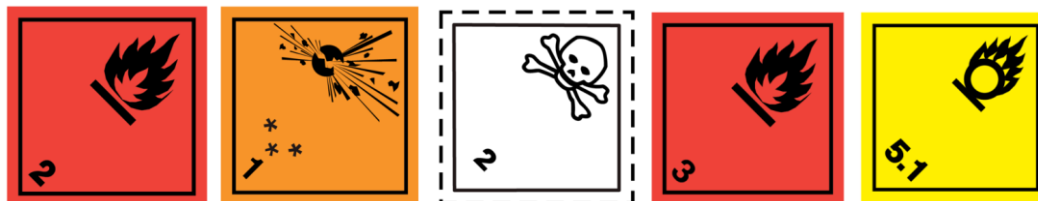
7.6 Väg 55

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.

Väg 55 är en riksväg som börjar i Norrköping och slutar i Uppsala. I den här riskutredningen studeras endast den sträcka som löper utmed planområdets norra del. Väg 55 som passerar planområdet är primär rekommenderad väg för farligt gods. På sträckan som löper förbi det aktuella planområdet är hastighetsbegränsningen 90 km/h och antal körfält är 4 stycken, två i varje riktning med avskiljning i form av dike och mitträcke.

7.6.1 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 delas in i nio olika klasser (ADR) beroende av art och vilken risk som ämnet förknippas med, se Figur 9 för exempel på skyltning av farligt gods. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporter in i dessa klasser även i denna rapport.



Figur 9. 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.

En förklaring på de klasser som finns och exempel på vilka ämnen som tillhör klassen presenteras i Tabell 4.

Tabell 4. Förklaring på ADR-klasser och exempel på ämnen som tillhör respektive klass.

ADR	Typ	Exempel
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, krut
2.1	Brandfarlig gas	Gasol, vätgas
2.2	Icke giftig gas	Kväve, Helium
2.3	Giftig gas	Ammoniak, klorgas
3	Brandfarlig vätska	Bensin, alkoholer
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	Metallpulver, aktivt kol
4.2	Självantändande ämnen	Självantändande metallpulver
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	Natrium, kalcium, kalium
5.1	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, natriumklorat
5.2	Organiska peroxider	Acetonperoxid
6.1	Giftiga ämnen	Arsenik, bly, kadmium
6.2	Smittförande ämnen	Vaccin, patientprover
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat, mätinstrument, kärnavfall
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Magnetiska material, batterier, fordon, asbest

7.6.2 Trafikflöde

Statistik rörande antal fordon, både tung trafik och total trafik (ÅDT), som passerar på vägen förbi planområdet tillhandahålls av Trafikverket genom Nationell vägdatas (Trafikverket, 2020).

Total ÅDT (total trafik) på väg 55 förbi planområdet var 21 236 fordon/dygn år 2019 och tung ÅDT (tung trafik) var 1 997 fordon/dygn år 2019. Enligt Trafikanalys (2009-2018) utgjorde transporter med farligt gods ca 4 % av de totala antalet transporter med lastbilar (tung trafik).

7.6.3 Uppskattning av olycksfrekvens farligt gods

Prognosår för beräknade trafikflöden är år 2045 för att resultatet av riskutredningen även ska vara giltigt i framtiden. För att ta höjd för en eventuell ökning av transporterad mängd farligt gods och i övrigt ökad trafik på vägen antas att transporterna ökar med totalt 18% fram till år 2045. Värdet på ökningen är hämtat från Trafikverkets trafikuppräkningsstatistik för EVA och manuella beräkningar 2014-2040-2060 för godstransporter som anger ett riksgenomsnitt för ökning av transportarbete för samtligt gods på väg (Trafikverket, 2018). Transportarbetet antas här vara

ekvivalent med antal transporter. I beräkningarna räknas därför ÅDT total och ÅDT tung trafik upp med 32% från 2015 till 2040. Värden för ÅDT total, ÅDT tung trafik och ÅDT farligt gods för respektive år redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Värden för ÅDT år 2015 samt år 2040 för E45 förbi planområdet (Trafikverket, 2020).

År	ÅDT total [antal fordon/dygn]	ÅDT tung trafik [antal fordon/dygn]	ÅDT farligt gods [antal fordon/dygn]
2019	21 236	1 997	80
2040	33 178	3 124	125

Frekvensen för olycka med farligt gods på sträckan förbi området beräknas enligt metod som beskrivs i beräkningsbilaga. Enligt metoden uppskattas en olycka med farligt gods på en sträcka av 1 km på väg 55 inträffa $3,01 \cdot 10^{-2}$ gånger per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär vart 33:e år.

7.6.4 Fördelning mellan ADR-klasser

En fördelning mellan ADR-klasserna används sedan för att få fram en olycksfrekvens för respektive olycksscenario. Gällande fördelningen av farligt godsklasser finns olika källor att tillgå. Dels finns statistik framtagen av myndigheten Trafikanalys som beskriver den genomsnittliga fördelningen i landet som helhet (Trafikanalys, 2009-2018) och dels finns platsspecifik statistik framtagen av Räddningsverket (Räddningsverket, 2006). Kartläggningen av farligt gods som genomfördes av Räddningsverket i september 2006 beskriver således fördelningen på platsen, men är å andra sidan äldre. Kartläggningen innehåller också osäkerheter, t.ex. behandlas inte säsongvariationer och samtliga företag som transporterar farligt gods deltog inte i kartläggningen.

Statistik rörande transport av farligt gods på vägsträckan presenteras i Tabell 6 i form av regional statistik (Räddningsverket, 2006) respektive medelvärde av nationell statistik (Trafikanalys, 2009-2018).

Tabell 6. Fördelning av ADR-klasser för vägen (Räddningsverket, 2006) (Trafikanalys, 2009-2018). ADR-klass 2, gaser, är inte uppdelad av Trafikanalys utan har gjorts med en erfarenhetsmässig bedömning.

ADR-klass	Typer	Fördelning [%] (Räddningsverket, 2006)	Fördelning [%] (Trafikanalys, 2009-2018)
1	Explosiva ämnen	0,15	0,56
2.1	Brandfarliga gaser	3,84	4,0
2.2	Icke giftig gas	9,39	7,9
2.3	Giftig gas	0	0,1
3	Brandfarlig vätska	35,21	62,0
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,58	0,61
4.2	Självantändande ämnen	0	0,20
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0	1,53

5.1	Oxiderande ämnen	1,05	2,52
5.2	Organiska peroxider	0	0,38
6.1	Giftiga ämnen	0,19	4,33
6.2	Smittförande ämnen	0,30	0,01
7	Radioaktiva ämnen	0	0,14
8	Frätande ämnen	24,75	11,0
9	Övriga farliga ämnen och föremål	24,54	4,72
Totalt	-	100	100

I beräkningarna används medelvärdet för den nationella statistiken eftersom statistiken från Räddningsverket är över 10 år gammal samt innehåller ett flertal osäkerheter såsom att den endast baseras på insamlad data under en månads tid. Då väg 55 är en primär led för farligt gods är vägen också föremål för genomfartstrafik, vilket medför att nationell statistik kan vara mer pålitlig. Medelvärdet av den nationella statistiken från de senaste nio åren skiljer sig dessutom endast något från Räddningsverkets lokala statistik. Den nationella statistiken är dock mer konservativ gällande klasser som kan ge påverkan på planområdet, vilket följer metodiken för riskbedömningen. En jämförelse mellan nationella statistiken och den platsspecifika statistiken från Räddningsverket genomförs för att säkerställa att den nationella är rimlig för det aktuella området. Då Trafikanalys inte redovisar en fördelning för de olika underklasserna för klass 2 antas att klass 2.1, 2.2 och 2.3 utgör 4; 7,9 respektive 0,1 procentenheter vardera av den totala fördelningen i beräkningarna, vilket är konservativt för de klasser som kan ge påverkan på planområdet.

7.7 Olycksscenario

Nedan presenteras de klasser för farligt gods som transporteras på väg 55 förbi planområdet enligt inventeringen i avsnitt 7.6.4 samt vilka olycksscenario de kan ge upphov till. Varje avsnitt avslutas med en bedömning av ifall vidare analys är nödvändig för respektive klass. Frekvensberäkningar redovisas i Bilaga A och konsekvensberäkningar redovisas i Bilaga B.

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 m.m. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels från direkta tryckskador och dels från 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 förväntas transporteras i mindre mängder på vägen förbi planområdet enligt det inventerade underlaget, dock innehåller underlaget osäkerheter. Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt, bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna då det för primära leder inte finns några restriktioner för vad som får transporteras samt att explosiva ämnen kan ge upphov till stora

konsekvenser vid en olycka. Risker kring denna klass undersöks därför vidare i beräkningarna.

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 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 förväntas transporteras förbi området, och om en olycka skulle ske kan det leda till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

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 då den inledningsvis är mycket kall efter att ha förångats. Därav sker spridning initialt 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. Vid beräkningarna används ämnets probitfunktion för toxicitet, se beräkningsbilaga.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som i denna analys anges som exempel på gas som kan drabba området. 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 mycket giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Klor har ett AEGL-3 på 50 ppm under 10 minuter exponering (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010). Beräkningar utförs med ämnets probitfunktion för toxicitet, se beräkningsbilaga.

Bedömning: Kondenserad giftig gas förväntas transporteras förbi området och om en olycka sker kan den ha konsekvenser in på området, varför ovan nämnda olycksscenarion undersöks vidare i den kvantitativa analysen. Både ammoniak och klorgas undersöks.

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: strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig samt inandning av giftiga brandgaser.

Bedömning: Brandfarlig vätska står för en stor andel av transporter på vägen och förbi området, och en olycka med ämnet kan ha konsekvenser som sträcker sig in på planområdet. Klassen undersöks därmed vidare i den kvantitativa analysen.

Brandfarliga 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 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 den absoluta närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

Oxiderande ämne (klass 5)

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

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan de 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.

Organiska peroxider innehåller förutom oxidationsmedel även ett bränsle, vilket adderar ett extra riskelement till denna delklass. Ämnena kan reagera med flertalet metaller, syror, baser och andra kemiska föreningar.

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska verkställas under transporten. Den så kallade kontrolltemperaturen är ca 10-20 grader under ämnets självaccelererade sönderfallstemperatur SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature). Transport av dessa organiska peroxider måste därför ske under kylda förhållanden, i form av kylcontainrar eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion i meningen att den frigjorda energin underhåller sig själv. Kraftiga och svårstoppade brand- och explosionsförlopp kan då bli följden. För dessa ämnen finns därför också en så kallad nödtemperatur på ca 5-10 grader under SADT som innebär att nödåtgärder då måste sättas in under transporten (PLASTICS, 2017; MSB, 1996; MSB, 1999; MSB, 2014).

Bedömning: Klass 5.1 oxiderande ämnen kan transporteras förbi det aktuella området men 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. Scenariot inkluderas ändå i beräkningarna då konsekvenserna kan bli allvarliga.

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 förtär dem. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Identifierade olycksscenarion bedöms inte vara relevanta i aktuell utredning då eventuella konsekvenser begränsas till område precis intill olyckan, därmed är det inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

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

Frätande ämne (klass 8)

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

Frätande ämnen som sprids i luften förväntas inte uppnå dödliga koncentrationer utanför den lokala olycksplatsen.

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

Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

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

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

7.7.1 Sammanfattning olycksscenario farligt gods

Enligt riskidentifieringen beaktas följande olycksscenario i den kommande kvantitativa riskanalysen:

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

I beräkningsbilagorna, Bilaga A och Bilaga B, redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för de olika scenarierna.

8 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen. Där så är relevant jämförs resultat med vedertagna riskkriterier.

8.1 Kvantitativ analys: Farligt gods

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits från den kvantitativa riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier från DNV. Den kvantitativa analysen består av beräkningar för både individ- och samhällsrisk för transport av farligt gods. Resultatet presenteras i termer av individriskkonturer och samhällsrisker för det sammantagna riskbidragen avseende farligt gods-olyckor. Samtliga individ- och samhällsriskberäkningar har inte beaktat att några skyddsåtgärder införs, eller att områdets topografi spelar in eller att byggnader i sig kan ge skydd på ett sätt som kan fördröja eller minska konsekvensen av en olycka. Detta beaktas istället i riskbedömningen, se avsnitt 10.

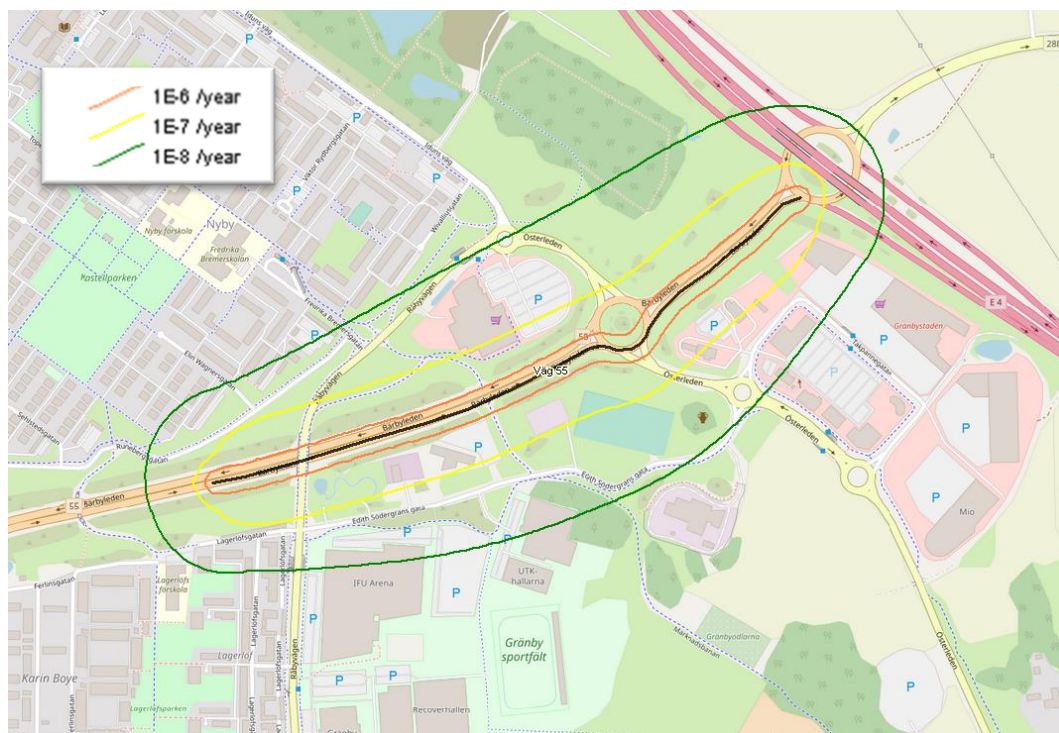
8.1.1 Individrisk

Individrisken beräknas med avseende på transport av farligt gods på väg 55 förbi planområdet i Uppsala enligt prognos för år 2045.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

Acceptabel risk < 10^{-7} per år < **ALARP** < 10^{-5} per år < **Oacceptabel risk**

I Figur 10 nedan redovisas individrisknivåerna för olycka med transport av farligt gods.



Figur 10. Individriskkonturerna (markerade i orange, gult och grönt) för transport av farligt gods på väg 55 år 2045 tillsammans med Det Norske Veritas (DNV) riskkriterier.

Figur 10 ovan visar att risken för transport av farligt gods är på acceptabel nivå bortom ca 82 meter norr och söder om vägen, räknat från befintlig väggkant. Detta visualiseras som den gula konturen i Figur 10, som representerar den undre gränsen av ALARP-området (10^{-7} per år) enligt DNV. Inom 82 meter hamnar risken därmed i

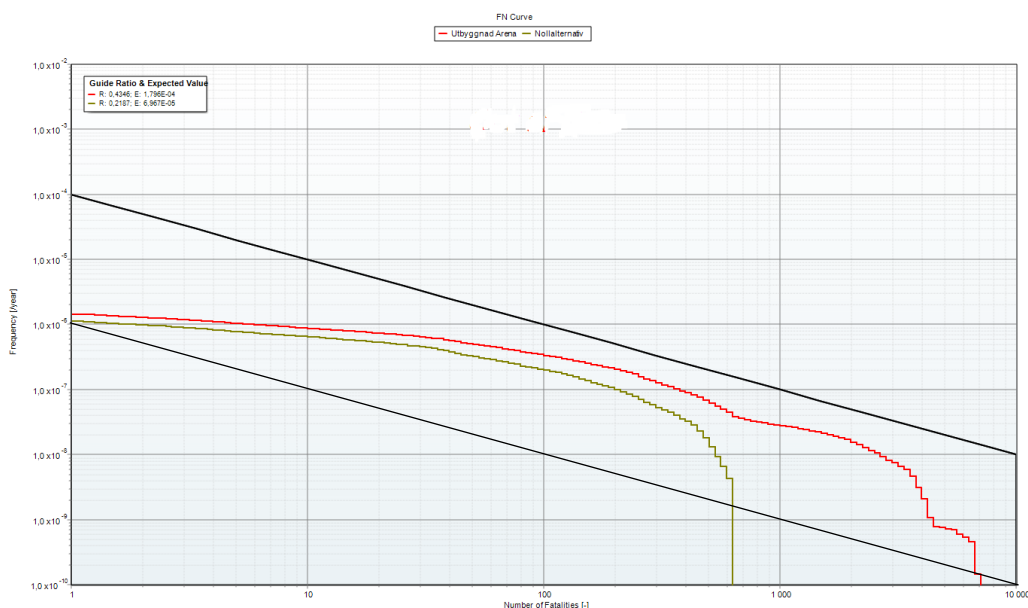
den undre halvan av ALARP-området. Inom 19 meter hamnar risken inom den övre halvan av ALARP-området, där högre krav ställs på riskreducerande åtgärder. Detta har markerats med orange i figuren. Oacceptabel risknivå erhålls inte för planområdet. Nästan hela det studerade området omfattas dock av det undre området av ALARP avseende individrisk, se det gula fältet i Figur 10.

En stor anledning till att individrisknivån för stora delar av hotellet, arenan och simhallen ligger inom det lägre ALARP-området är på grund av stora trafikmängder och transporter av giftiga och brandfarliga gaser som kan generera stora konsekvensavstånd.

8.1.2 Samhällsrisk

Samhällsriskens har beräknats för en sträcka på 1 km av väg 55 längs planområdet med avseende på transport av farligt gods.

Beräkningen av samhällsriskens baseras på personbelastningen som presenterats i Figur 7 och Tabell 3. Samhällsriskens beräknas för nuvarande personbelastning samt den personbelastning som uppkommer i området efter exploatering. Resultatet av samhällsriskens presenteras i Figur 11 nedan.



Figur 11. F/N-kurva för samhällsriskens med avseende på farligt gods-leden tillsammans med DNV:s riskkriterier.

I Figur 11 noteras att både samhällsriskkurvan för nollalternativet, d.v.s. dagens personbelastning för trafikprognos år 2045, och samhällsriskkurvan efter utbyggnad, d.v.s. personbelastning inklusive föreslagen exploatering för trafikprognos år 2045, befinner sig under DNV:s övre acceptanskriterium. Det innebär att föreslagen exploatering med ökad personbelastning inom området kan bedömas som acceptabel enligt tillämpade riskkriterier vid installation av adekvat vidtagna riskreducerande åtgärder.

Genom att, för samtliga olycksscenarier summera produkten av konsekvens och frekvens, samt beräkna respektive scenarions andel av den totala riskbilden framkommer att brandfarlig gas utgör ca 94,5 % av samhällsriskens för undersökt område. I övrigt bidrar utsläpp av giftig gas med ca 1,5 % av samhällsrisknivån. Det kan vidare konstateras att pölbränder till följd av utsläpp av brandfarlig vätska är den

vanligaste skadehändelsen. Dock avtar värmestrålningen relativt snabbt med avståndet till pölen, vilket innebär att dessa pölbrandsscenarion inte medför några omkomna inom planområdet.

8.2 Kvalitativ analys: Simhall

För att driva en simhall måste vattnet vara rent och hygieniskt. Vid rening av vatten används klor som skapas under kontrollerade former genom blandning av kemikalier, vanligtvis saltsyra och natriumhypoklorit. Klorer är inte skadliga när de är lösta i vatten. Om blandningen däremot sker okontrollerat finns risk att klorgas bildas. Klorgas är att betrakta som mycket skadligt och potentiellt dödligt för människor.

8.2.1 Erfarenhet från inträffade olyckor

I närtid har det skett ett antal händelser där klorgas spridits från badhus och simhallar. En relativt vanlig orsak har varit att entreprenören råkat blanda komponenterna i fel tank vid påfyllning.

I Arvidsjaur, 2018, drabbades tre personer av ett utsläpp och omkring 100 meter kring badhuset spärrades av (SVT, 2018). I Hagfors spilldes 2018 en liten mängd klor ut i ett rum utanför badhuset, badhuset utrymdes men ingen kom till skada (Expressen, 2018). En person skadades i Mariestad 2017 efter en felblandning av saltsyra och natriumhypoklorit (Göteborgs-Posten, 2017).

AFRY-Safety har studerat tre olyckor närmare som relaterar till utsläpp av klorgas från simhall:

- Vanadisbadet, 1993
- Arvika simhall, 2011
- Borgholms badhus, 2016

Vid Vanadisbadet användes natriumhypoklorit (NaClO) som blandat med syra skulle frisätta klorgas till badvattnet. När transporten anlände för att fylla på natriumhypoklorit förväxlades ämnena i transporten och fosforsyra fylldes på istället. En okontrollerad kemisk reaktion skedde med syran och beräknat 5 m^3 klorgas bildades. Misstaget upptäcktes efter att ca 10-15 liter syra hade fyllts på. Ingen människa kom till allvarlig skada men ett 30-tal personer fick föras till sjukhus.

I Arvika simhall skedde rening och återställande av pH-värdet i bassängen genom blandning av de två kemikalierna natriumhypoklorit (NaClO) och 34% saltsyra. Vid detta tillfälle blandades kemikalierna felaktigt då personal på simhallen hade tagit fel dunk. Eftersom dunkarna liknade varandra råkade personal fylla på ungefär 25 l natriumhypoklorit i en behållare med 35 l saltsyra. Resultatet blev en okontrollerad reaktion där klorgas bildades och spreds inom byggnaden. Efter utsläppet uppsökte 17 personer Arvika sjukhus.

I Borgholms badhus var förloppet liknande. I normalfallet renas bassängen genom att saltsyra och hypokloritlösning blandas under kontrollerade former. Vid detta tillfälle skulle hypoklorittanken fyllas. I normalfallet sker påfyllning tillsammans med en fastighetsskötare som bl.a. låser upp dörren till tankrummet, men denna gång låstes tankrummet upp av personal i receptionen. Därefter påbörjade föraren fyllning av hypokloritlösning direkt ner i syratanken. Resultatet blev kraftig utveckling av klorgas och föraren och den anställde fick backa ut ur rummet och stänga dörren. En del av klorgasen som kom ut sögs in i friskluftsintaget och spreds via ventilationssystemet i hela badhuset. Totalt blev 19 personer lindrigt skadade och 2 bedömdes som allvarligt

skadade och transporterades med ambulans till akuten i Kalmar. (Räddningstjänsten Öland, 2016)

Gemensamt för alla de tre olyckorna är att klorgasen bildats till följd av okontrollerad blandning av kemikalier. I ett ändamålsenligt system där människor, organisation och teknik samverkar bör systemet utformas med både organisatoriska och tekniska barriärer så att det i systemet inte ska kunna gå att blanda på fel sätt. I de tre beskrivna händelserna saknades tyvärr denna utformning av systemen. Så länge kemikalierna blandas rätt ska klorgasen lösas i vatten, istället för att utgå som klorgas, och då är processen helt ofarlig för människor. Det kan också konstateras att spridning av klorgas utanför byggnaden är ovanlig, i de flesta fall påverkas inte intilliggande bebyggelse av ett utsläpp.

8.3 Kvalitativ analys: Batterilagring

Vid brand i batterilagring finns det risk för att giftiga gaser sprider sig till närområdet tillsammans med brandgaserna. Eftersom simhall och arena planeras att byggas i anslutning till lagringen finns det därför risk för att personer som rör sig vid dessa byggnader kan påverkas. Det finns även en risk för att brandrök sprider sig till byggnadernas luftintag och kan på så sätt påverka personer som även befinner sig i byggnaderna.

Då spridning sker i luft kan denna bli stor beroende på väderförhållanden. Kraftig vind späder å ena sidan ut gaserna men skapar också en större spridning. Stabila vindförhållanden kan däremot ge en större koncentration av farliga ämnen och på så sätt vara farligare.

Det har i närtid skett bränder i batterilager och riskbilden är inte helt klar då detta är en relativt ny teknik. Ett stort ansvar ligger därför på leverantören och brukaren av batterilagret för att säkerhetssystemet är intakt.

8.4 Kvalitativ analys: Ställverk

Då det finns risk för kraftiga stötar både i direkt kontakt och via luften krävs installationer som säkrar upp att allmänheten inte kommer inom den riskfyllda zonen. Dessutom ska det från verksamhetens sida säkerställas att obehöriga inte kan utföra sabotage på anläggningen.

Detta uppfylls i form av stängsel runt hela ställverket. Enligt uppgift från verksamheten som driver ställverket förväntas inhägnat område utgöra tillräckligt skyddsavstånd för allmänheten (Vattenfall, 2022).

Det magnetfält som ställverk kan skapa förväntas endast kunna påverka personer som är i närheten under mycket lång tid. Då personer endast vistas här under kortare tid (hotellverksamhet) förväntas dessa inte skadas av detta.

8.5 Sammanvägd analys av samhällsrisk

Samhällsrisk innebär den totala risken mot ett befolkat område. Med avseende på detta görs en kvalitativ analys av de risker som tagits upp i föregående kapitel; Farligt gods på väg 55, Simhall, Ställverk och Batterilagring.

För Farligt Gods på väg 55 har beräkningar gjorts och ett F/N-diagram har tagits fram som tydligt visar samhällsrisk för just denna riskkälla, se Figur 11. I diagrammet illustreras kurvor, nollalternativ och utvecklingsalternativ, som båda ligger inom det området som betraktas som ALARP. Däremot överstiger inte någon av kurvorna på

något ställe gränsen för oacceptabel risk, vilket gör utförandet acceptabelt om åtgärder vidtas. För simhallen och batterilagringen har kvalitativa analyser gjorts och inga diagram har tagits fram.

Vid den sammanvägda analysen kan risken som batterilagringen, ställverket och simhallen adderas till illustrationen av utvecklingsalternativet i F/N-diagrammet för Farligt Gods. Detta diagram avser frekvensen av antalet dödsfall och därför analyseras antalet dödsfall även för batterilagret, ställverket och simhallen.

I dessa analyser tas inga dödsfall upp från tidigare olyckor men man bör ändå inte utesluta att en olycka i dessa två verksamheter kan leda till dödsfall. Däremot förväntas antalet dödsfall inte överstiga ett 10-tal eftersom det inte tidigare hänt.

Att addera denna frekvens av dödsfall till F/N-kurvan är svårt men även om det skulle adderas på den punkt där utvecklingsalternativet ligger som närmast oacceptabel risk skulle detta göra mycket liten skillnad för resultatet. Därför betraktas även den sammanvägda samhällsrisk som acceptabel.

9 Känslighets- och osäkerhetsanalys

9.1 Känslighetsanalys

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

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Personbelastning
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett samband mellan resultatet och förändringar i såväl antal transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en ökning av dessa parametrar höjer risknivån.

Individ- och samhällsriskerna har i denna utredning beräknats för år 2045 med motiveringen att ny bebyggelse även ska vara hållbar för en framtida förändring av transporterna på vägnätet förbi området. Det kan konstateras att ju fler farligt gods-transporter på sträckan, desto högre blir riskerna, vilket innebär att riskerna som presenteras i denna utredning är högre än vad som är aktuellt i dagsläget.

Beräkningarna avseende personbelastning inom det studerade området har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individrisken. En allmän ökning av personbelastningen 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 personbelastning innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger. Detta kan observeras i den beräknade samhällsriskerna, då samhällsriskerna för nollalternativet är lägre än samhällsriskerna för utredningsalternativet.

Vidare förändras resultatet om fördelningen mellan ADR-klasserna av det farliga godset förändras. Beräkningen baseras i detta fall på Trafikanalys nationella inventering av sträckan mellan åren 2009-2018. Med tanke på att inventeringen inte är platsspecifik för det aktuella området kan det se annorlunda ut i verkligheten.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser 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.

9.2 Osäkerhetsanalys

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet,

exempel på detta är vindhastigheter och -riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

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

- Mängd farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Antal transporter
- Personbelastning
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende fördelningen mellan farligt gods-klasser som transporteras förbi området är underlaget i denna utredning baserat på nationell statistik från Trafikanalys (2009-2018) där ett medelvärde från transporten mellan 2009 och 2018 används. På grund av att inventeringen inte är platsspecifik finns det osäkerheter gällande resultatet. Dock har osäkerheten hanterats till viss del genom att använda ett medelvärde från statistik under tio år. Trafikmängderna har dessutom beräknats för år 2045 med en total ökning av trafiken på 18%, vilket också bör reducera osäkerheter i resultatet. En jämförelse med den platsspecifika men gamla statistiken från Räddningsverket (2006) har även utförts med slutsatsen att skillnaderna inte är så stora men att det nationella genomsnittet är mer konservativt.

Det finns osäkerheter avseende personbelastningen för området då uppskattningen av personantalet i verksamheterna bygger på en del antaganden. Detta har hanterats genom att ta ett normvärde för antalet personer inom respektive verksamhet. Normvärdet bedöms vara ett konservativt men samtidigt rimligt värde på den dagliga personbelastningen.

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

Något som påverkar både sannolikheten för en olycka och eventuella följder i form av konsekvenser av olyckan är till exempel följande aspekter:

- Föraren ska genomgå grund- och repetitionsutbildning avseende farligt gods och trafiksäkerhet och ha ett godkänt intyg utfärdat av behörig myndighet
- Att det i lastbilen ska finnas minst en handbrandsläckare (där antal, typ och storlek är beroende på typ av ämne)
- Beroende på ämne ska det även finnas anordningar för tätning av brunn/avlopp, uppsamlingskärl och personlig skyddsutrustning samt två fristående varningsanordningar

Samtliga av ovannämnda faktorer tas det inte hänsyn till i genomförda beräkningar.

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:

- Vägsträckan som studeras vid beräkning av olycksfrekvensen är satt till 1 km, vilket bidrar till att olycksfrekvensen överskattas för scenarion med kortare konsekvensavstånd. Detta eftersom olyckan kan ske var som helst på denna sträcka, men metoden antar att olyckan inträffar på den punkt på sträckan som förorsakar de svåraste följderna.
- ÅDT total trafik samt ÅDT tung trafik väljs som översta gränsen i spannet som redovisas av Trafikverket (2020). Dessutom antas trafiken öka med totalt 18% fram till år 2045 som väljs som prognosår.
- Den trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser på Sveriges vägar sedan framtagandet av den använda modellen har inte beaktats (Trafikanalys, 2017). Istället 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.
- Fördelningen av farligt gods har baserats på Trafikanalys nationella inventering mellan 2009-2018, vilket innebär att inventeringen inte är platsspecifik. Det medför osäkerheter men den använda fördelningen bedöms ändå vara rimlig men konservativ.

10 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I riskutredningen har påverkan från farligt gods på väg 44 förbi detaljplaneområdet Gränby 11:37 m.fl. vid Edith Södergrans väg i området Gränby i Uppsala kommun analyserats och presenterats som individrisk och samhällsrisk. Även simhall, ställverk, drivmedelsstation och batterilagring har analyserats kvalitativt.

10.1 Åtgärder med avseende på farligt gods

Beräkningar för individ- och samhällsrisk avseende transporter av farligt gods har utförts med utgångspunkt i Trafikverkets prognos för trafikökning till 2045 för att resultatet från utredningen även ska vara aktuellt i framtiden. I prognosen antas att det förekommer en ökad godstrafik förbi området jämfört med dagens förhållande. Antal transporter av farligt gods har uppskattats med hjälp av konservativt antagande och fördelningen mellan olika klasser av farligt gods har vidare uppskattats med hjälp av nationell statistik från Trafikanalys, där ett medelvärde mellan 2009-2018 använts. Den kvantitativa analysen beaktar ADR-klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5.

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för olycka med farligt gods ligger på acceptabla nivåer bortom ca 82 meter norr och söder om vägen, räknat från väggkant. På avståndet 19-82 meter norr och söder om vägen är risknivån inom ALARP-områdets nedre del, vilket innebär att vid exploatering inom detta område bör riskreducerande åtgärder beaktas. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårt som i den övre delen, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Åtgärderna bör således vara kostnadseffektiva med hänsyn till den nytta de ger.

Samhällsriskens visar att risknivån höjs för utvecklingsalternativet från nollalternativet. Båda beräkningsscenarierna befinner sig inom ALARP-området baserat på antagen personbelastning. Det är därför intressant att beakta de scenarion som orsakar störst bidrag till nivån på samhällsriskens. De scenarion som ger störst bidrag till risknivån är vid utsläpp av brandfarlig gas (ca 94,5 % av totala risknivån) och olyckor med denna gas kan påverka ett stort antal personer genom att gasen kan spridas i luften. Transport av giftig gas bidrar också till samhällsrisknivån (ca 1,5 %).

Följande rekommendationer föreslås:

- Placering av friskluftsintag/ventilation på motsatt sida av väg 55.
- Tillgång till central avstängning av ventilationen.
- Skyddsvall som avskärmar vägen från planområdet.
- Fönster med brandteknisk klass mot leden.

Eftersom en jordvall med buskar i nuläget finns mellan den planerade nya arenan, hotellutbyggnaden och simhallen och väg 55 bedöms riskbidraget från väg 55 ha överskattats till viss del i beräkningarna. Detta på grund av att hänsyn inte tas till hinder i terrängen, då vallen främst bedöms reducera riskbidraget från väg 55 för en del av möjliga olycksscenarier, d.v.s. att vallen kan ses som en skyddande barriär för människor som befinner sig inom det aktuella området. En vall av denna typ reducerar risken för att tunga brandfarliga eller giftiga gaser ska spridas mot områden i höga koncentrationer. Även för lättare gaser kommer utspädningen i atmosfären skyndas på och snabbare nå ofarliga koncentrationer. Om vallen är kvar, eller byts ut mot motsvarande skydd i form av exempelvis ett skyddsplank, görs bedömningen att riskhanteringsavståndet kan sänkas från de beräknade 82 meterna till 60 meter, räknat från väggkant. Viktigt att beakta på det oskyddade området är att inte

uppmuntra till stadigvarig vistelse i form av exempelvis lekplatser, utegym eller andra mötesplatser.

Placering av friskluftsintag bör ske på motsatt sida från farligt gods-led för att minska risken för farlig gas med hög koncentration att komma in i byggnaden. Genom att flytta ventilationen bort från leden ökas inte bara avståndet, vilket i sin tur minskar koncentrationen, men även byggnaden utgör ett skydd för spridning mot intaget.

Att ventilationen ska kunna stängas av centralt är inte ett krav som är avgörande för detta projekt med beskrivna förutsättningar. Det är däremot ett tekniskt sätt enkel lösning och genom att få igenom åtgärden på ett organisatorisk plan är det starkt rekommenderat. Detta är en åtgärd som kan bli aktuell om robustheten på övriga åtgärder behöver sänkas eller helt frångås.

Då det kan bli aktuellt med fönster mot farligt-godsleden är ska samtliga fönster inom 40 meter från leden installeras i brandteknisk klass EW 30. På längre avstånd än 40 meter förväntas brandfarlig gas inte kunna antändas och därför ställs inga krav här.

10.2 Åtgärder med avseende på hantering av klorgas i simhall

Det har inte skett några större olyckor i Sverige där utsläpp av klorgas resulterat i stora konsekvenser. Sannolikheten för ett större utsläpp med längre konsekvensavstånd (100-tals meter) bedöms vara låg. I de fall som studerats har påverkan endast varit inom byggnaden och inte vid intilliggande bebyggelse.

Hantering och förvaring av brandfarliga och giftiga ämnen lyder under olika typer av lagstiftning och föreskrifter vilket innebär en riskreducering i sig. Att placera förvaring och hantering samt påfyllning av dessa ämnen på säker plats går inte att reglera med planbestämmelser. Det är viktigt att i senare detaljprojektering av dessa i stället ha i åtanke att inte placera dessa så att eventuella giftiga gaser kan läcka ut i närheten av luftintag och/eller ventilation. Placering bör inte heller vara i närheten av där det finns risk att många personer vistas exempelvis nära entré eller plats utomhus avsedd för lek eller annan stadigvarande vistelse. Det förutsätts att den verksamhet som ska hantera eventuella giftiga ämnen har god kunskap om riskerna med dessa samt att byggnaden utformas på ett sådant sätt att risker minimeras. Görs detta bedöms eventuella olyckor kunna hanteras inom verksamheten och sannolikheten för påverkan på intilliggande bebyggelse bedöms som väldigt liten.

Även om sannolikheten för påverkan mot intilliggande bebyggelse bedömts som väldigt låg, anses det ändå rimligt att säkerställa vissa typer av åtgärder. Hotell utgör en känslig verksamhet och erfordrar ett större mått av riskreducerande åtgärder. Denna förväntas placeras mer än 150 meter från simhallen och är därför utanför beaktat riskområde. Ungefär 50 meter väster om simhallen planeras ny arena uppföras. Placering av dessa bedöms också acceptabel om åtgärder för luftintag, utrymningsvägar och entré kan vidtas. Utomhusbassängen som planeras att anläggas i direkt anslutning till simbassängen förväntas kunna ha hög personbelastning. Därför ska de härifrån vara enkelt att antingen inrymma in till badhuset eller utrymma bort från den giftiga gasen. Åtgärder beskrivs vidare i avsnitt 10.1.

Simhall kan innebära att många personer befinner sig inom byggnaden, vilka inte bedöms vara införstådda i hur byggnaden ska utrymmas. Det finns även svårigheter med att utrymma en simhall, exempelvis att det kan finnas många barn inom byggnaden samt att personer som använder anläggningen har sådan klädsel som kan göra en snabb och effektiv utrymning svår. Därför rekommenderas att riskreducerande åtgärder vidtas för att skydda personerna inom byggnaden dels från risken med farligt

gods på väg 55 och för risken att klor sugs in i byggnaden oavsett om klorblandningen görs utomhus eller inomhus. Åtgärder beskrivs vidare i avsnitt 10.1.

10.3 Åtgärder med avseende på batterilagring

För batterilager finns omfattande riskreducerande åtgärder installerade i dagsläget. Till att börja med är lagret uppdelat i 16 olika fristående containrar med ett avstånd på minst 3 meter mellan varandra. Detta minskar risken för brandspridning mellan de olika containrarna och därför anses en brand i hela lagret som osannolikt.

Batterierna i de olika containrarna är också uppdelade i olika grupper vilka är kopplade mellan varandra. Dessa kopplingar bryts automatiskt vid felsignaler och risken för spridning av en termisk rusning inom en hel container minskar därför.

Slutligen finns det möjligheter för räddningstjänsten att vattenfylla hela containern utifrån för att kunna kyla av de överhettade batterierna. Detta är ett av de säkra sätt att få kontroll på en termisk rusning. Den vattenfyllda containern kan sedan på ett säkert sätt transporteras iväg för att rena det kontaminerade vattnet.

Utöver möjligheterna för att begränsa och släcka en brand som uppstår i batterilagret ska räddningstjänsten kunna söka skydd om miljön blir för farlig. Detta görs möjligt både genom närhet till entré till simhall samt till arena och hotell.

Om annan byggnad uppförs i närheten av batterilagret ska denna brandtekniskt avskiljas. Detta görs genom skyddsavstånd eller vägg som uppfyller brandtekniska krav. Kraven beror på avståndet och ska projekteras tillsammans med brandprojektör.

10.4 Riskreducerande skyddsåtgärder

I Tabell 7 beskrivs de riskreducerande skyddsåtgärder och dess riskreducerande effekt kortfattat som rekommenderas för att uppnå en acceptabel risknivå för berörd detaljplan.

Tabell 7. Rekommenderade riskreducerande skyddsåtgärder för planerad bebyggelse.

Riskobjekt	Skyddsåtgärd	Skyddsåtgärdens riskreducerande effekt
Väg 55	Befintlig vall med buskage behålls. Då den behålls minskar gränsen för ALARP till 60 meter, annars gäller fortsatt 82 meter. Alternativt installeras skyddsplank.	Minskar risken för spridning av tunga gaser till planområdet samt minskar värmestrålning som uppstår vid pölbrand.
	Ventilationen inom 82 meter från väg 55 ska vara avstängningsbar.	Minskar sannolikheten för att utsläppt gas tar sig in i byggnaden.
	Byggnader inom 82 meter från väg 55 ska utföras så att det är möjligt att säkert utrymma i riktning mot söder, bort från farligt gods-leden (Väg 55).	Ökar sannolikheten för människor att fly bort från katastrofscenarier som inträffar på väg 55 och som kan riskera att spridas mot hotell, arena och simhall.
	Friskluftsintag inom 82 meter från väg 55 ska ej riktas åt norr, utan	Minskar sannolikheten för att koncentrationer av giftiga gaser

	bort från farligt gods-leden (Väg 55).	byggs upp inomhus och därigenom orsakar skadlig påverkan på människor som befinner sig där.
	Fönster inom 40 meter ska uppfylla brandteknisk klass EW 30.	Minskar risken för brandspridning in i byggnaden.
	Plan ska inte uppmuntra till stadigvarande uppehåll inom 30 meter.	Minskar risken för att personer befinner sig under en längre tid i området med högre risk.
<u>Simhall</u>	Placering för förvaring av klorgas ska beaktas och bör ske på motsatt sida av entré och inte i anslutning till utrymningsvägar eller utrymningsbassäng.	Minskar risken för spridning av klorgas till intilliggande verksamheter samt ökar chansen för en säker utrymning.
	Byggnader inom 50 meter från simhallen ska ha åtgärder för luftintagsplacering och utrymningsmöjlighet i annan riktning.	Minskar risken för att närliggande byggnader ska påverkas och att personer ska kunna utrymma på ett säkert sätt.
<u>Batterilager</u>	Byggnader inom 50 meter från simhallen ska ha åtgärder för luftintagsplacering och utrymningsmöjlighet i annan riktning.	Minskar risken för att närliggande byggnader ska påverkas och att personer ska kunna utrymma på ett säkert sätt.
	Närhet till byggnad som ger räddningstjänst möjlighet att inrymma.	Om situation skulle uppstå då giftig rök gör omgivning farlig ska räddningstjänst ha möjlighet att inrymma till närliggande byggnad.
	Närliggande byggnader ska brandtekniskt avskiljas.	Minskar risken för att brandspridning sker till närliggande byggnader.

11 Slutsatser

I riskutredningen har risker kopplade till transport av farligt gods på väg 55 utretts för planområdet Gränby 11:37 m.fl. vid Edith Södergrans väg i området Gränby i Uppsala kommun. Den kvantitativa analysen inkluderar både individ- och samhällsriskberäkningar. Beräkningar har utförts enligt ett scenario för år 2045 för att den planerade bebyggelsen enligt detaljplanen även ska vara hållbar ur ett riskperspektiv och för att resultatet ska vara aktuellt för en framtida förändring av transporterna på väg 55 förbi planområdet.

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för olycka med farligt gods ligger på acceptabla nivåer bortom ca 82 meter söder om vägen, räknat från väggkant. På avståndet 19–82 meter söder om vägen är risknivån inom ALARP-områdets nedre del. Det innebär att vid exploatering inom detta område bör riskreducerande åtgärder beaktas. I den nedre delen av ALARP-området bör dock kraven på riskreduktion inte ställas lika hårt som i den övre delen, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas.

Denna riskutredning har även inkluderat samhällsriskberäkningar för olycka med farligt gods på väg 55 förbi planområdet. Det innebär att hänsyn tagits till personbelastning i området och om åtgärder krävs inom planområdet på grund av den personbelastning som tillkommer i och med detaljplanen. Beräkningarna har visat att samhällsrisken är inom den övre delen av ALARP-området. Detta gäller även för nollalternativet även om utvecklingsalternativet visar på större riskbild.

Sammanfattningsvis föreslås följande skyddsåtgärder med hänsyn till farligt gods-led, batterilager och förvaring av klorgas:

- Befintlig jordvall med buskage ska fortsatt vara intakt i den mån det är möjligt. Om detta görs antas avståndet till ALARP-gräns sjunka till 60 meter. Alternativt ska ett skyddsplank installeras som är minst 2 meter högre än vägens nivå.
- Området mellan väg och hotell/arena ska inte uppmuntra till stadigvarig vistelse.
- Friskluftsintag inom 82 meter (60 meter med skyddsvall/plank) från väg 55 bör placeras högt och i riktning som inte vetter mot farligt gods-leden (Väg 55).
- Fönster som vetter mot farligt gods-led ska inom 40 meter uppfylla brandteknisk klass EW 30.
- Ventilationen inom 82 meter (60 meter med skyddsvall/plank) från väg 55 bör vara avstängningsbar.
- Byggnader inom 82 meter (60 meter med skyddsvall/plank) från väg 55 bör utföras så att det är möjligt att säkert utrymma i riktning mot söder, bort från farligt gods-leden (Väg 55).
- Friskluftsintag på byggnader ska inom 50 meter placeras bort från batterilager och plats för lossning av klor till simhall.
- Förvaring av klorgas ska ske med ett avstånd om minst 50 meter från övriga byggnader med annan verksamhet och inte i anslutning till annan verksamhets entré. Byggnader och anläggningar ska utföras så att det är möjliga att utrymma åt motsatt riktning, bort från klogashanteringen.

Givet åtgärder som föreslås i riskutredningen så bedöms markanvändningen enligt detaljplan som lämplig ur risksynpunkt.

RISKUTREDNING



12 Referenser

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2010). *Toxicological profile for chlorine*. Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services.
- EPA. (den 29 08 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Hämtat från EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- Expressen. (den 18 09 2018). *Badhus utryms efter larm om farligt utsläpp*. Hämtat från <https://www.expressen.se/gt/badhus-utryms-efter-larm-om-farligt-utslapp/> den 05 03 2021
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*.
- FOI. (2013). *Osäkerheter i observationer och beräkningar*. FOI-R--3764--SE: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*,. Borlänge: Banverket.
- Göteborgs-Posten. (den 02 05 2017). *Kemolycka på badhus - en till sjukhus*. Hämtat från <http://www.gp.se/nyheter/v%C3%A4stsverige/kemolycka-p%C3%A5-badhus-en-till-sjukhus-1.4260228> den 05 03 2021
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety.
- Länsstyrelsen i Skåne. (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*. Länsstyrelsen i Skåne län.
- Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*.
- MSB. (1996). *SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider*.
- MSB. (1999). *SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid*.
- MSB. (2014). Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen. <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandfarligt--explosivt/Brandreaktiva-varor/Databas-Organiska-peroxider/>.
- PLASTICS. (2017). *Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices*. Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS).
- Purdy, G. (1993). *Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Räddningstjänsten Öland. (2016). *OLYCKSUNDERSÖKNING*. Ärende dnr. 400-2016-00379.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad.
- Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter*. Räddningsverket.

- SMHI. (den 24 01 2022). *Öppna data*. Hämtat från
<http://www.smhi.se/klimatdata/Oppna-data>: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/#>
- SPBI. (2018). Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel. Svenska Petroleum & Biodivmedel Institutet, <https://spbi.se/statistik/volymer/>.
- SVT. (den 12 10 2018). *SVT nyheter*. Hämtat från
<https://www.svt.se/nyheter/nyhetstecken/kemiskt-utslapp-vid-badhus-tre-personer-till-sjukhus> den 05 03 2021
- TNO. (2005a). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- TNO. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. The Hague.
- TNO Green Book. (1992). *Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials Green Book*. Hämtat från <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Purple Book. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. Hämtat från <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Riskcurves. (2018). RISKCURVES 10.1.9.12276. Utrecht, Nederländerna.
- TNO Yellow Book. (2005). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- Trafikanalys. (2009-2018). *Lastbilstrafik 2018*. Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2009-2018). *Lastbilstrafik 2018 Tabellverk*. Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016 (Statistik 2017:14)*. Trafikanalys.
- Trafikverket. (2018). *Prognos för godstransporter 2040*. Trafikverket.
- Trafikverket. (den 09 Januari 2020). *Nationellvägdatas*. Hämtat från [Trafikverket.se: https://nvdb2012.trafikverket.se/](https://nvdb2012.trafikverket.se/)
- VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4*. Väg- och trafikforskningsinstitutet.

1 Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka för de händelser som tidigare identifierats längs aktuell sträcka och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar studerat skyddsobjekt.

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Purple Book, 2005). Där dessa källor frångås nämns detta uttryckligen.

1.1 Väderdata

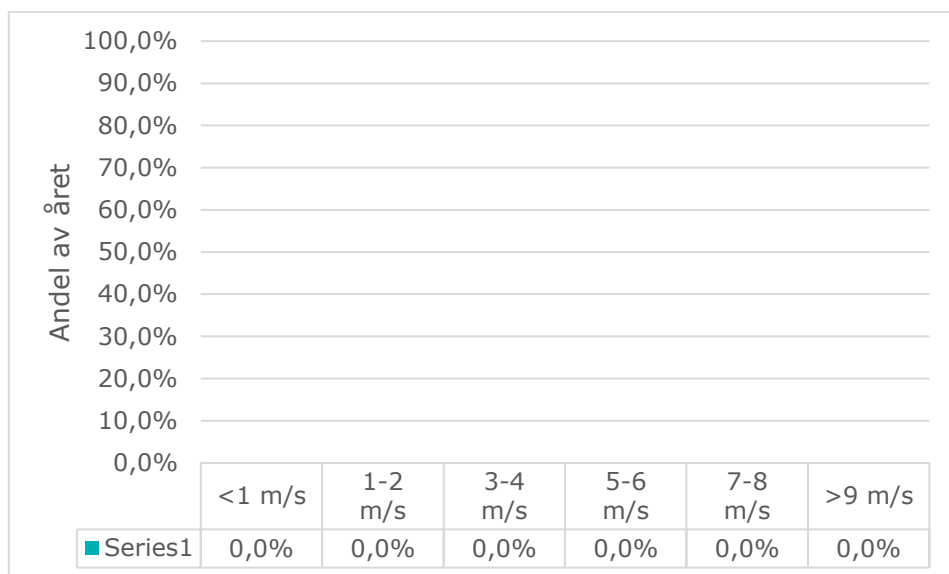
Närmsta aktiva väderstation i förhållande till studerade fastigheter är "Uppsala Aut", se Figur 1-1. Data för vind och temperatur har tagits från mätstationen under åren 1944–2021.



Figur 1-1. Placering av mätstation "Uppsala Aut" i förhållande till studerat område. (SMHI, 2022)

1.1.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningen. Spridningen från en olycka blir mindre och därmed värre i olyckans närhet om ett lägre värde på vindhastighet används. I Figur 1-2 visas fördelningen av vindstyrka mellan 1942–2019. En vindhastighet på 1-4 m/s är mest dominant under denna period. Vindstilla förhållanden råder under ca 16 % av året. I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind och 5,0 m/s för normal och stark vind.



Figur 1-2. Vindhastighet under 1944-2021 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation "Uppsala Aut".

1.1.2 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen kommer Pasquills stabilitetsklasser att användas. Pasquills stabilitetsklasser beskriver hur instabil eller stabil luftmassan närmast jordens yta är, d.v.s. turbulensen. Turbulensen i sin tur har stor påverkan för hur ett utsläpp till luft sprids, framförallt i betydelsen av hur koncentrationen beror av avståndet från utsläppskällan. Ju mindre turbulens/ju mer stabil luftmassa, desto mindre omblandning och utspädning av utsläppet vilket innebär längre konsekvensavstånd. Detta beror främst på mängden solinstrålning, d.v.s. att ju mer solinstrålning desto mer värms luften närmast marken upp och rör sig uppåt och ökar turbulensgraden i luftskiktet. Således är det främst under natten som luften är stabil, d.v.s. när det inte finns någon solinstrålning. I Tabell 1-1 görs en beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser.

Tabell 1-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser (TNO Purple Book, 2005) och (FOI, 2013).

Turbulens	Beskrivning, väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Instabil	Måttlig till mycket solinstrålning (soligt molnfritt väder, där solen står högt på himlen (större än 60 grader)) och måttliga till svaga vindar gör att atmosfären blir instabil.	A: Extremt instabilt	<2,5
		B: Måttligt instabilt	2,5-4
		C: Svagt instabilt	4<
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning (molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (mellan 15-35 grader)) är associerade med neutral/måttlig turbulens.	D: Neutral	0-15
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under natten.	E: Svagt stabilt	2,5<
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5

För att ta höjd för olika förhållanden av vindstyrka och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer:

- 2F: Stabilitetsklass F, vindhastighet 2 m/s
- 2D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 2 m/s
- 5D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 5 m/s

De valda väderscenarierna bedöms som representativa och rimligt konservativa.

Det görs även skillnad på väderfördelningen mellan dag och natt, där det under natten är mer vanligt med låga vindhastigheter och stabila väderförhållanden. Baserat på ovan data har följande fördelning av väderkombinationer valts, se Tabell 1-2.

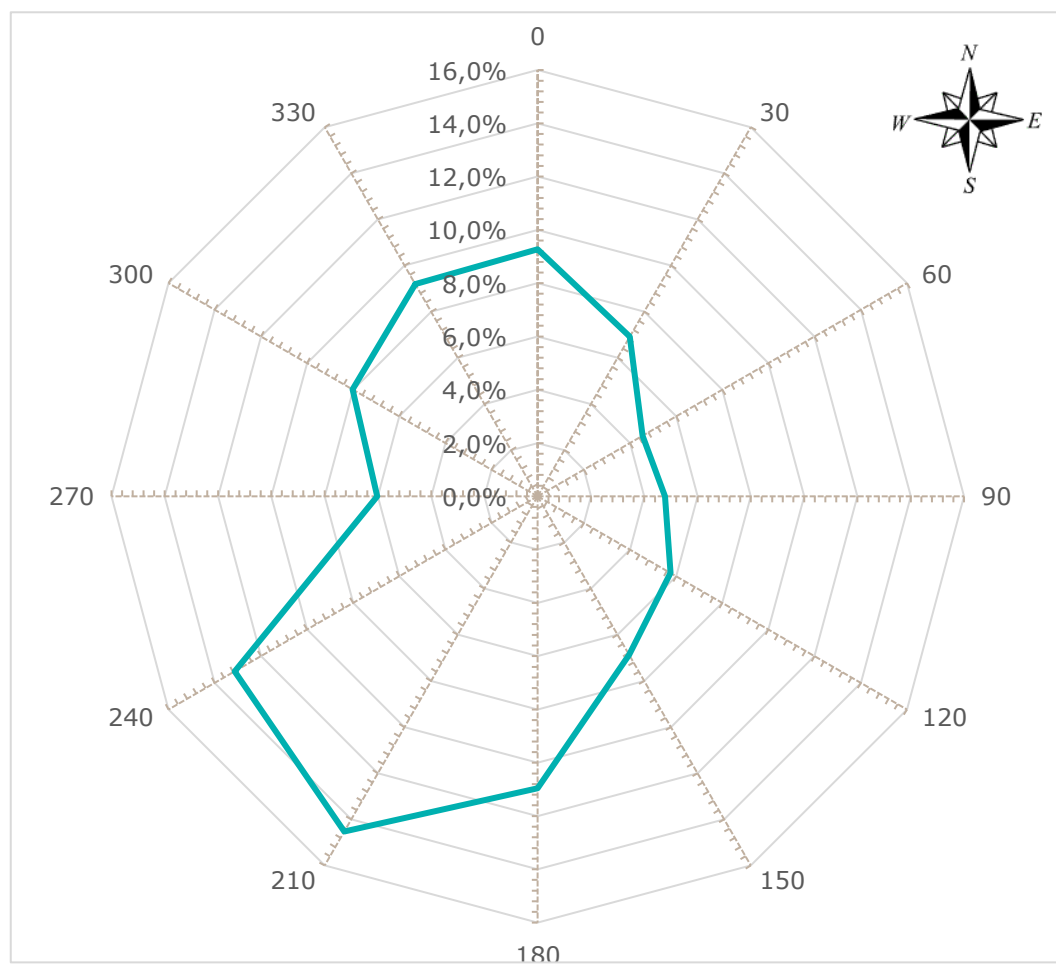
Tabell 1-2. Fördelning av väderförhållanden.

	Dag	Natt
2F	5 %	15 %
2D	45 %	55 %
5D	50 %	30 %
Summa	100 %	100 %

1.1.3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig och brandfarlig gas. Förhärskande vindriktningar är nordvästliga vilket sker ca 40 % av tiden, se Figur 1-3.

Vindriktningen anges alltid i det väderstreck som det blåser från.



Figur 1-3. Vindfördelning för mätstation Uppsala Aut, 1944-2021 (SMHI, 2022).

1.2 Trafikolycka väg

Beräkning av individ- och samhällsrisk utförs från trafik på E45.

1.2.1 Trafikolycka E45

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 gods-olycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan och dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägvägnittet. 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 gods-olyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt gods-olyckor.

För väg 55 används prognosticerade trafikflöden för prognosår 2045. Den totala trafikmängden, uttryckt i ÅDT, på väg 55 förbi planområdet är ca 33 000 fordon (båda riktningar) för år 2045. Vägsträckan som kan påverka planområdet sätts till 1 km.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 33\,178 \text{ (fordon/dygn)} \times 365 \text{ (dygn)} \times 1 \text{ (km)} = 12,1 \text{ miljoner fordonskilometer per år}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

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 vägvägnittet

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på väg 55 beräknas som:

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

ÅDT farligt gods på väg 55 förbi aktuellt område för prognosåret 2045 beräknas till 84 stycken per dygn. Detta beräknas som 4 % av ÅDT tung trafik. Rikssnittet för farligt gods i Sverige de senaste åren har varit kring 2 % av andelen tung trafik, men har sjunkit från högre procentsatser. För att vara konservativ antas att andelen farligt gods av tung trafik istället är 4 %. ÅDT tung trafik på sträckan år 2015 var, utifrån information från Trafikverkets nationella vägdatas, ca 12 % i båda riktningarna. (Trafikverket, 2020). Detta bedöms vara en för hög andel för prognosåret 2045, då det bedöms som mer troligt att trenden att flytta över gods på järnväg fortsätter. Istället används siffran 6 % som andelen tung trafik för prognosåret 2040.

Andelen farligt gods beräknas till $X = 4,16 \cdot 10^{-3}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt gods-olyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. För väg 55 som på aktuellt vägavsnitt utgörs av trafikled på landsbygd med hastighetsgräns 90 km/h ansätts denna till 0,35. Matrisen beskriver inte aktuell hastighetsgräns för tätort och därför har landsbygd valts.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= 0 \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 2,02 \cdot 10^{-2} \text{ per år.}$$

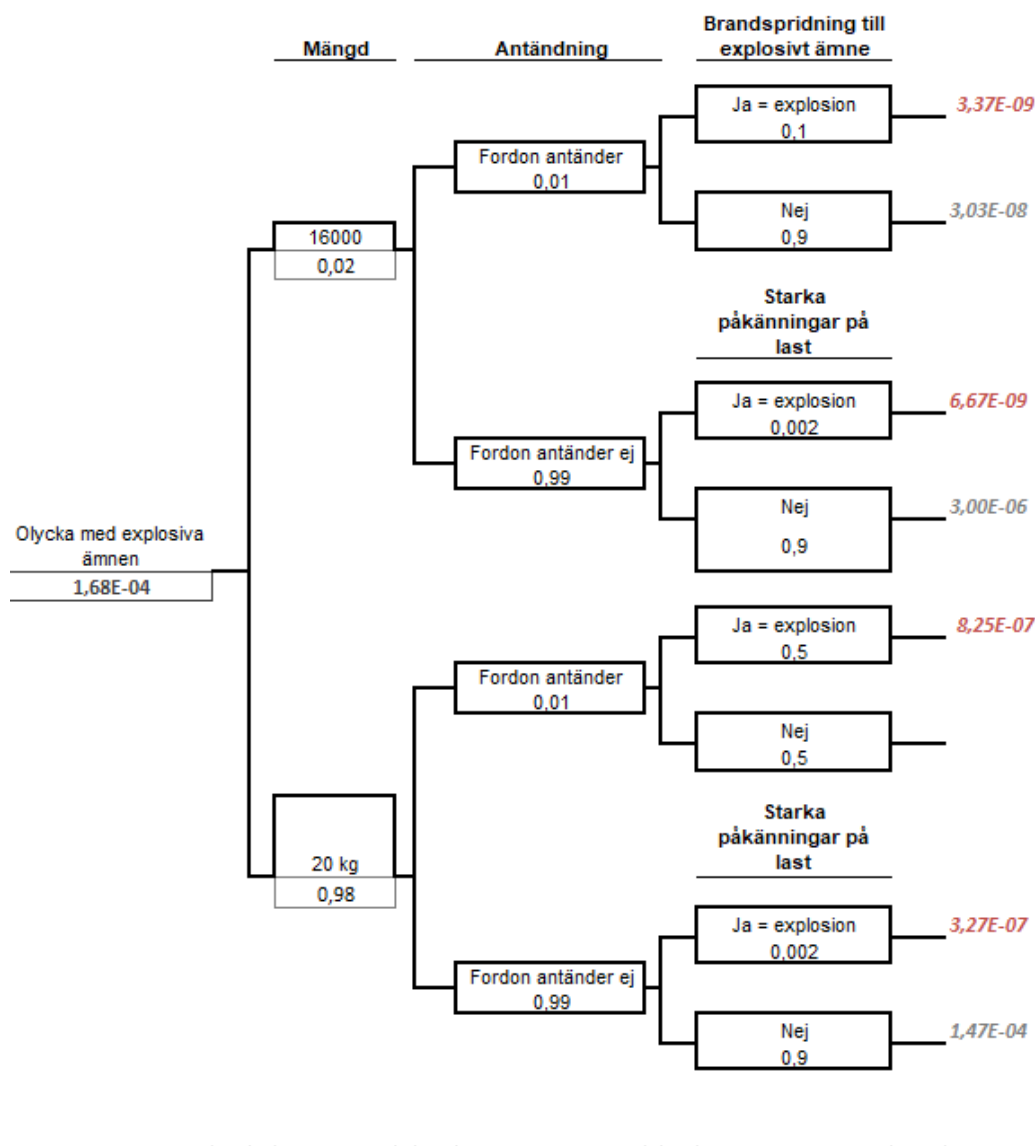
Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som redovisas i huvudrapporten. Dessa frekvenser redovisas nedan i händelsetråd.

1.2.1.1 Olycka explosiva ämnen

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1 transporteras, vilket ger olika scenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Olyckan som sker delas upp i 16000 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 antalet 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.

Händelsetrådet för olyckor med explosiva ämnen som ligger till grund för individ- och samhällsriskberäkningar presenteras i Figur 1-4.



Figur 1-4: Händelsesträd för olycka med explosiva ämnen.

1.2.1.2 Olycka brandfarlig gas

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandad i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage uppstår. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser med övertryck kan sannolikheten ansättas till 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med olycka (Fredén, 2001). De skadehändelser som kan uppkomma givet ett utsläpp av brandfarlig gas är jetbrand, gasmolnexplosion och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

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):

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

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

Gasmolnsbrand/-explosion

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:

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

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

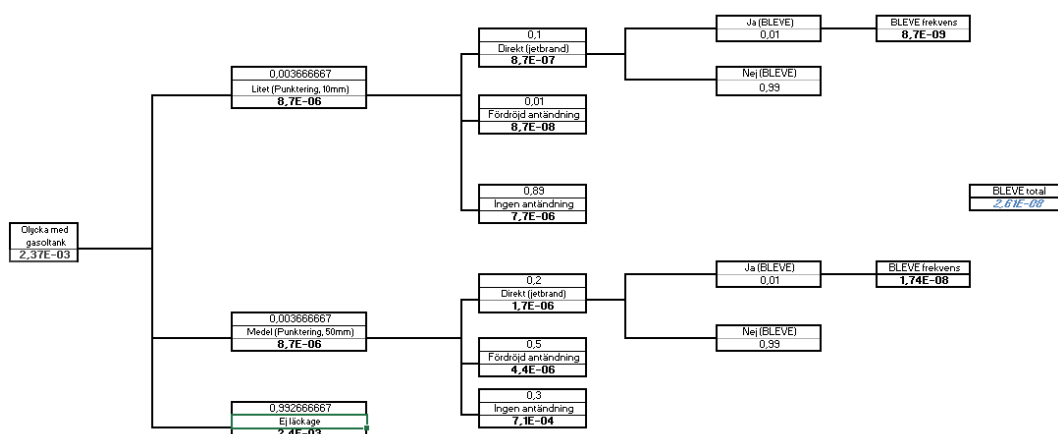
För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta sker när vindriktningen är mot området. Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i Figur 1-5.

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. I Tabell 1-3 visas frekvenser som används som indataparametrar i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018). Av beräkningsprogrammets natur behöver BLEVE simuleras med en egen frekvens.

Tabell 1-3. Frekvenser för scenarier som involverar brandfarlig gas som används i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Scenario	Frekvens [år^{-1}]
Litet läckage	4,1E-5
Medelstort läckage	4,1E-5
BLEVE	1,2E-7



Figur 1-5. Händelseträd med frekvenser vid olycksscenario med brännbar gas.

1.2.1.3 Olycka giftig gas

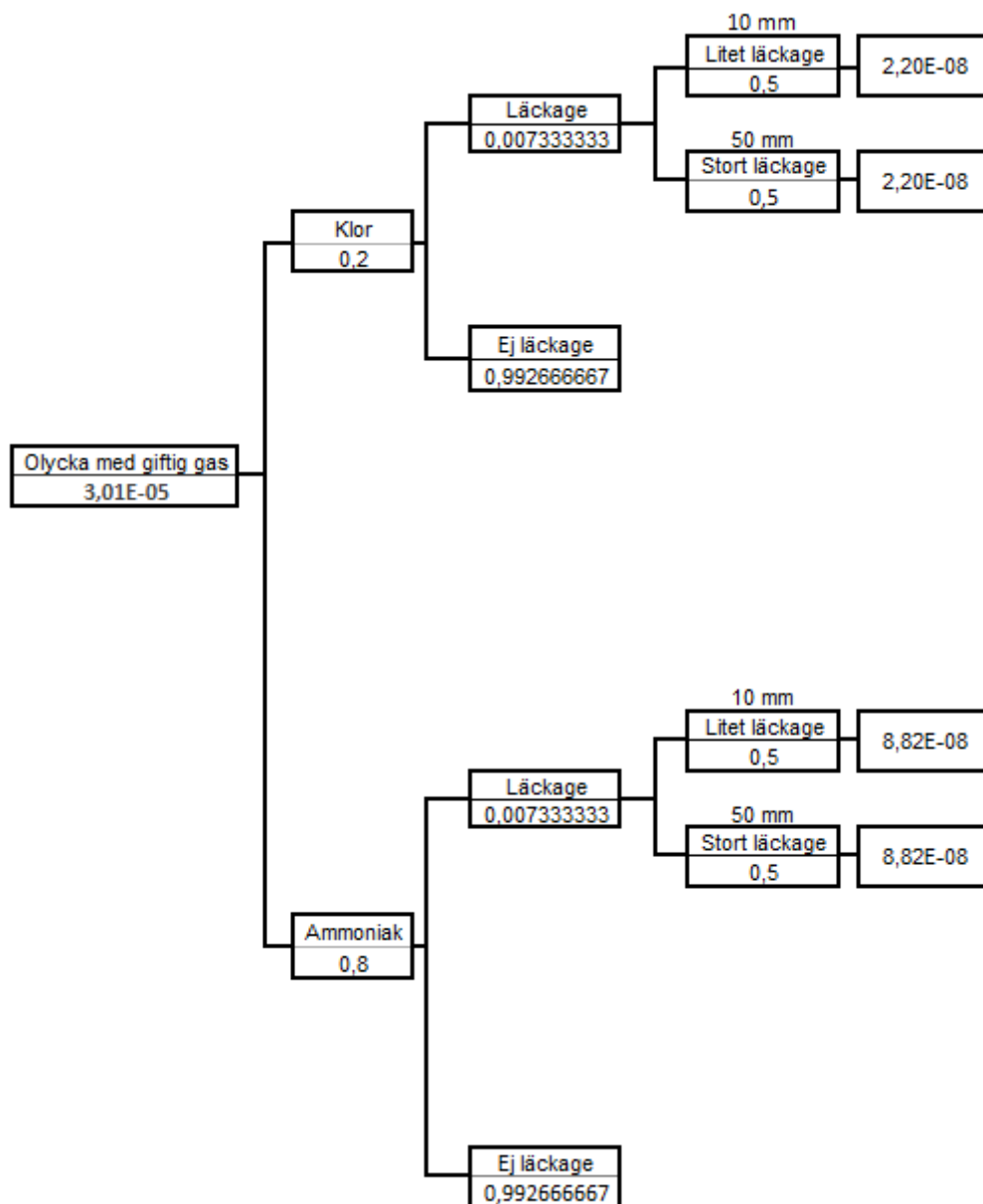
Vid ett utsläpp av giftig gas har vindstyrka och -riktning en stor inverkan på konsekvenserna. Platsspecifik väderdata presenteras i tidigare avsnitt och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Givet ett läckage kan sannolikheten för stort hål (50 mm diameter) respektive liten punktering (10 mm diameter) ansättas till 0,5 för respektive (Fredén, 2001). Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter (0,01) som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning då dessa transporteras under liknande förhållanden. Gaserna antas vara ammoniak (80 %) och klor (20 %).

Sliten punktering = 0,01

S_{stort hål} = 0,01

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 1-6.



Figur 1-6: Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas.

1.2.1.4 Olycka brandfarlig vätska

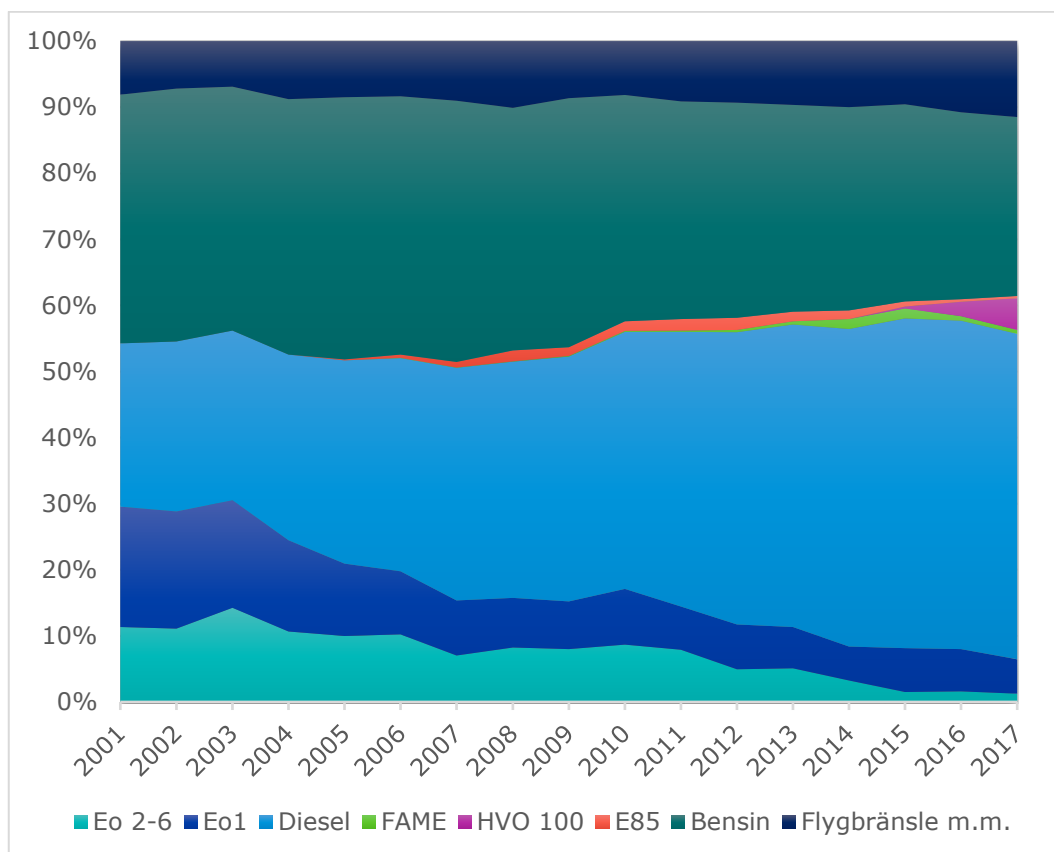
Klass 3 består av en rad olika brandfarliga vätskor; dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin, olika typer av eldningsoljor och även förnyelsebara drivmedel, samt dels andra typer av brandfarliga vätskor som exempelvis lösningsmedel, tändvätskor, parfymer, alkoholhaltiga drycker (70 procent) och liknande.

Den exakta fördelningen mellan petroleumbaserade drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. Det antas därför att hela klassen utgörs av drivmedel i brist på underlag om detta. Ett antagande om vilka ämnen eller vilket ämne som kommer att beräknas avseende klass 3 i denna riskutredning, baseras därefter på statistik avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken kommer från Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, som bearbetat statistik från SCB och Energimyndigheten. Denna statistik antas gälla både för transporter på lastbil och järnväg.

Fördelningen inom klass 3 visas i Tabell 1-4 och Figur 1-7.

Tabell 1-4. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) (SPBI, 2018).

Fördelning av petroleumprodukter och förnybara drivmedel								
År	Eo 2-6	Eo1	Diesel	FAME	HVO 100	E85	Bensin	Flygbränsle m.m.
2001	11%	18%	25%	0%	0%	0%	38%	8%
2002	11%	18%	26%	0%	0%	0%	38%	7%
2003	14%	16%	26%	0%	0%	0%	37%	7%
2004	11%	14%	28%	0%	0%	0%	39%	9%
2005	10%	11%	31%	0%	0%	0%	40%	8%
2006	10%	10%	32%	0%	0%	0%	39%	8%
2007	7%	8%	35%	0%	0%	1%	40%	9%
2008	8%	8%	36%	0%	0%	2%	37%	10%
2009	8%	7%	37%	0%	0%	1%	38%	9%
2010	9%	8%	39%	0%	0%	1%	34%	8%
2011	8%	7%	42%	0%	0%	2%	33%	9%
2012	5%	7%	44%	0%	0%	2%	33%	9%
2013	5%	6%	46%	0%	0%	1%	31%	10%
2014	3%	5%	48%	2%	0%	1%	31%	10%
2015	2%	7%	50%	2%	0%	1%	30%	10%
2016	2%	6%	50%	1%	2%	0%	28%	11%
2017	1%	5%	49%	1%	5%	0%	27%	11%



Figur 1-7. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) (SPBI, 2018).

Som framgår av ovan är diesel det vanligaste transporterade drivmedlet och utgörs av ca 48 %. Därefter följer bensin med 27 % och flygbränsle med 11 %. Samtliga avser 2017 års siffror.

Bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet i termer av konsekvenser och avseende lättantändlighet inom drivmedlen. Detta på grund av att ämnet har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av utsläpp. Flygbränslen och diesel hanteras båda under sina flampunkter, fast flygbränslen som fotogen har något kortare kolkedjor än diesel.

I denna utredning förenklas den stora spridningen av olika typer av drivmedel till att endast bestå av bensin och resterande ämnen (diesel, flygbränsle o.s.v.). Fördelningen utgår från siffror avseende 2017 enligt tabell och diagram ovan men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter och bibehålla konservatism:

Resterande (representeras av n-dodekan): 0,60

Bensin (representeras av pentan): 0,40

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 konservatism ansättas till 0,10 (VTI, 1994).

Tre olika utsläppsvolymer antas i utredning i enlighet med TNO (2005). De tre volymerna ger olika potentiella pölstorlekar.

Tabell 1-5. Utsläppsvolymer med korresponderande pölstorlekar och sannolikheter som används i konsekvensberäkningarna för pölbränder. Indata gäller både pentan och dodekan.

Utsläppsvolym	Pölstorlek	Sannolikhet givet utsläpp
0,5 m³ Motsvarar ett mindre utsläpp	100 m ²	25 %
5 m³ Motsvarar en fackvolym	200 m ²	60 %
30 m³ Motsvarar hela tankvolymen	350 m ²	15 %

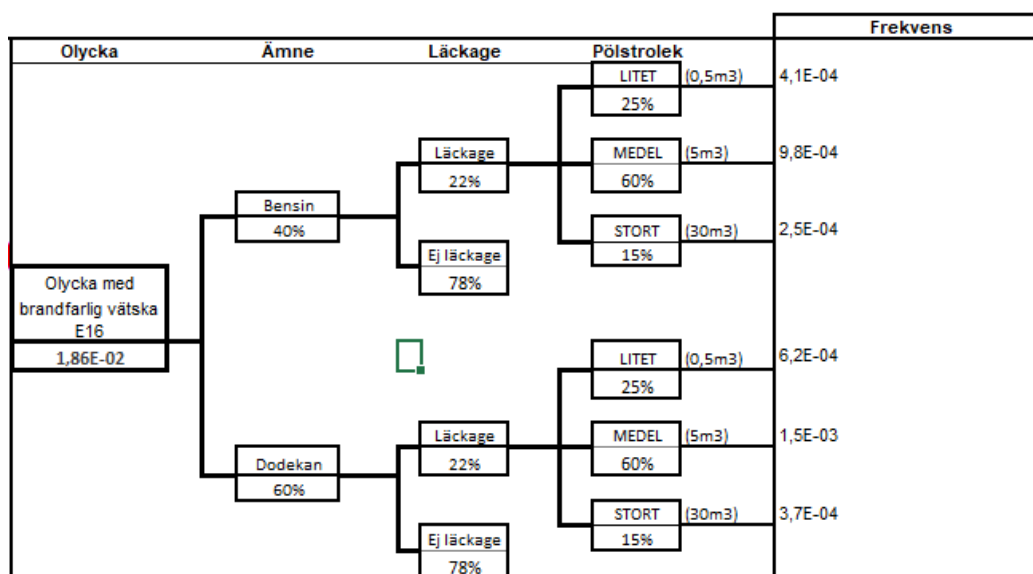
Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning och dels av typen utsläppt vätska. Bensin, pentan och etanol antänds t.ex. lättare än diesel, dodekan och eldningsolja. Sannolikheter för antändning som används i beräkningsprogrammet är i enlighet med TNO Purple book (2005).

Tabell 1-6. Antändningssannolikheter i frekvensberäkningarna för pölbrand av pentan respektive dodekan (TNO Purple Book, 2005).

Brandfarlig vätska	Sannolikhet för direkt antändning	Sannolikhet för fördröjd antändning
Pentan (representerar bensin och andra lättantändliga vätskor)	6,5 %	6,5 %
Dodekan (representerar diesel, eldningsolja och andra svårantändliga vätskor)	0,43 %	-

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 1-8.



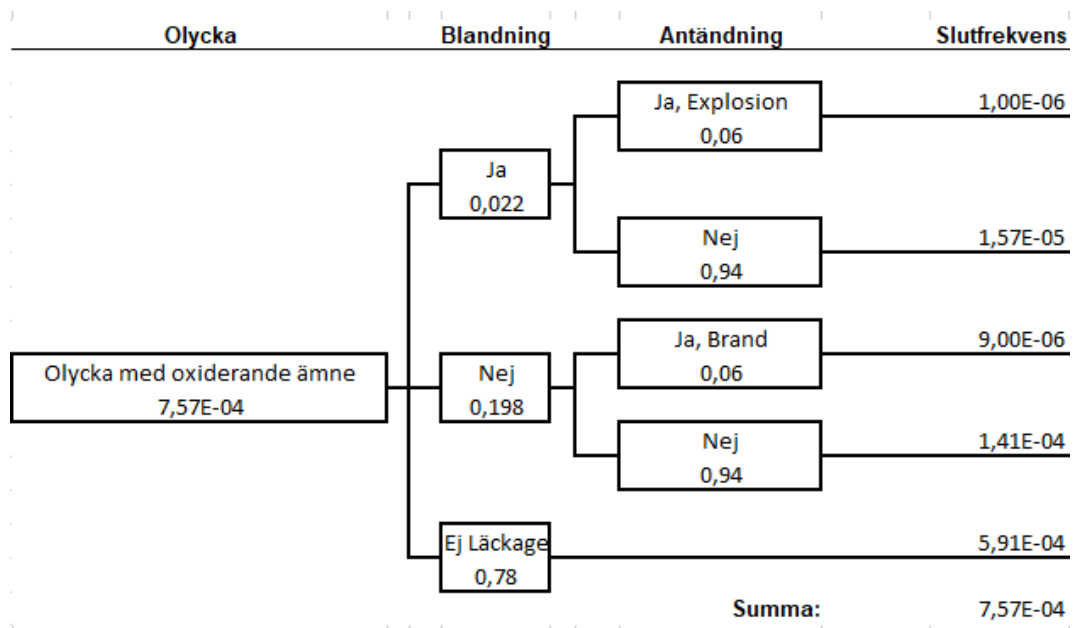
Figur 1-8. Händelseträd för olycka med brandfarlig vätska för transportleden väg 55.

1.2.1.5 Olycka med oxiderande ämne

Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2) medföra brand eller explosion. Explosion är främst möjligt vid de fall det oxiderande materialet transporteras i höga koncentrationer och sammanblandas med organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. För väteperoxid kan ämnet sönderfalla i koncentrationer över 20 vikt-% och ämnet är detonerbart vid koncentrationer över 90 vikt-%. Väteperoxid med koncentration under 60 vikt-% ger normalt inte upphov till några reaktioner som leder till tryckvåg (MSB, 1999).

Avseende de typer av organiska peroxider (klass 5.2) som kräver kylda förhållanden kan även brand- och explosionsförlopp inträffa om kylningen på något sätt fallerar eller om ämnets SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature) överskrids, exempelvis av en extern brand (MSB, 1996).

Tyvärr finns inga kända uppgifter om andelen av dessa mer farliga typer av klass 5.2 som andel av hela klass 5. På grund av bristande statistiskt underlag kring detta blir det därför svårt att uppskatta en fördelning av delklasserna emellan. En erfarenhetsmässig bedömning är dock att olika koncentrationer av väteperoxid torde vara den vanligaste typen av ämne inom denna klass och att de organiska peroxiderna är mindre vanliga. Det antas därför grovt att hela klass 5 består av oxiderande ämnen. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen kan ses i Figur 1-9 nedan.



Figur 1-9. Händelseträd för olycka med oxiderande ämne för transportleden väg 55.

2 Bilaga B – Konsekvensberäkning

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Yellow Book, 2005). Där dessa källor frångås nämns detta uttryckligen.

2.1 Generella skadekriterier

I beräkningar har hänsyn tagits till varierande personbelastning dag- och nattetid, samt att personbelastningen varierar beroende på avstånd till riskobjektet. Dessa antaganden redovisas i huvudrapporten. Nedan i Tabell 2-1 redogörs för övriga antaganden som gjorts för beräkning av antalet omkomna vid olika skadehändelser.

Tabell 2-1. Skadekriterier som används i beräkningarna.

Parameter	Värde
Mottagarhöjd Z_d (m)	1,5
Letal fraktion inom flamma eller gasmolnsbrand	100 %
Värmestrålningsnivå vid total destruktions (kW/m ²)	35
Letalitet vid total destruktions, inom- och utomhus	100 %
Maximal exponeringstid för värmestrålning, (s)	20
Probitfunktion, värmestrålning	$Pr = -36,38 + 2,56 \ln(q1,33) \times t^*$
Peak tryck för total destruktions, inom- och utomhus (mbar)	300
Peak tryck för letalitet inomhus p.g.a. glassplitter (mbar)	100
Letalitet av glassplitter	0,025
Inomhus:utomhus letalitet av toxisk effekt	0,1
Maximal tid till personer har satts i säkerhet (s)	1800

* q = värmestrålningen i W/m² och t = exponeringstiden i sekunder (TNO Green Book, 1992)

2.2 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 2-2 nedan

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

Tabell 2-2. 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 2-3. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 2-3. 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, 2005a). Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, varvid massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från gasmolnsexplosion beräknas därefter.

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

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

Där

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

m_{TNT} = massa TNT [kg]

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

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

Y = effektivitetsfaktor [-]

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

Y = 0.2

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

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

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 2-4.

Tabell 2-4. TNT-ekvivalenter av metan.

Massa TNT [Kg]	Massa CH ₄ [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

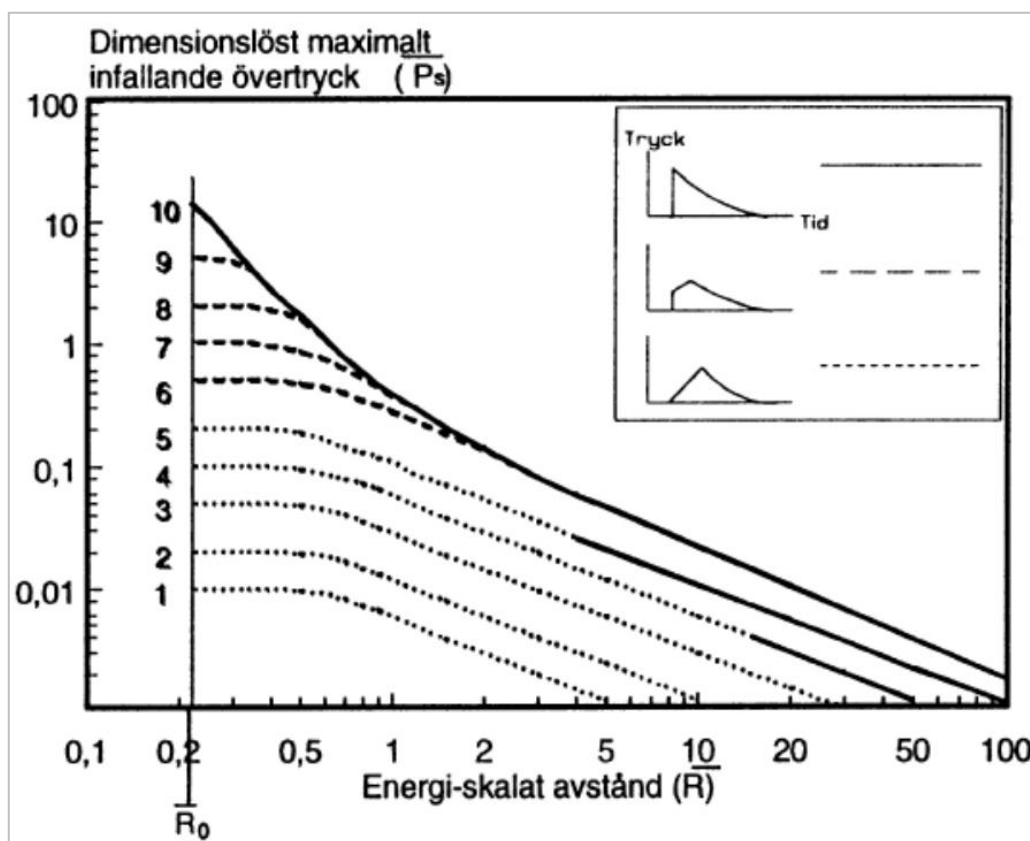
$\bar{R}$ = Dimensionslöst avstånd [-]

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 2-1 nedan (FOA, 1998).



Figur 2-1. 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 bäst stämmer överens med dessa utseenden i tryck-tidsambandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 2-1 kan explosionsövertrycket bestämmas genom

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

Där

$\bar{P}$ = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionsstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Trycket beräknas för respektive avstånd vilket ger avstånd till kritiskt tryck enligt Tabell 2-5.

Tabell 2-5. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplodivt 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 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 2-2.

Avståndet till 50% döda för 20 kg explosivämne sätts till 10 meter för individrisken, medan nivån för 16000kg beräknas till 40 meter.

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.

2.3 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 medför 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)

I tillägg simuleras även BLEVE men i konsekvensberäkningarna är händelsen oberoende av hålstorlek.

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med storlek på läckaget, tid 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 utfallet. De värsta konsekvenserna uppstår om utsläppet sker i vätskefasen.

Som nämns i huvudrapporten används beräkningsprogrammet Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018) för konsekvensberäkningar. De indata som används i programmet för att simulera konsekvensområden för jetflamma, gasmoln och BLEVE presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE)
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt
- Fraktion gasmoln som deltar i explosion 0,4

I Tabell 2-6 och Tabell 2-7 redogörs för beräknade konsekvenser för denna farligt gods-klass.

Tabell 2-6. Avstånd för relevanta skadehändelser med brandfarlig gas beroende på väderförhållanden. Beräkningarna är gjorda med programvaran TNO Riskcurves, 2018. Konsekvenserna vid en BLEVE är i praktiken oberoende av väderförhållandena, varför de presenteras i en separat tabell.

Konsekvens	Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
		5D	2D	2F
100 mbar övertryck	Gasmolns-explosion	100	124	158
20 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	97	110	113
15 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	102	114	118
10 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	110	122	125
Avstånd till UFL (upper flammability limit)	Kortaste avstånd till antändbart gasmoln	23	23	27
Avstånd till LFL (lower flammability limit)	Längsta avstånd till antändbart gasmoln	77	93	138
Avstånd till 50 % av LFL	-	124	158	266

Tabell 2-7. Konsekvensavstånd för BLEVE.

Konsekvens	Konsekvensavstånd BLEVE [m]
20 kW/m ² värmestrålning	206
15 kW/m ² värmestrålning	251
10 kW/m ² värmestrålning	321

2.4 Olycka giftig gas

Spridningsberäkningar för giftiga gasmoln har gjorts i programvaran TNO Riskcurves, 2018. Spridningssimuleringar har gjorts för giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor). Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Dessa data presenterades i tidigare avsnitt. Samma hålstorlekar har använts som för brandfarliga gaser, det vill säga 10 och 50 mm.

För att beräkna konsekvensområdets utbredning används Acute Exposure Guideline Level (AEGL). 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 och används också i beräkningarna. AEGL-3 för ammoniak avseende

30 minuters exponering är 1600 ppm (EPA, 2016). AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm. Varaktigheten är avgörande för dosen, d.v.s. kort utsläppstid medför hög koncentration men kort påverkanstid.

Påverkan inomhus bedöms reduceras med en faktor tio, enligt vad som anges i Purple Book (TNO Purple Book, 2005). Om friskluftsintag placeras vid fasad bort från vägen uppskattas påverkan inomhus reduceras ytterligare med en faktor tio. De indata som används i programmet (TNO Riskcurves, 2018) för att simulera konsekvensområden vid utsläpp av giftig gas presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- Lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- Liten håldiameter: 10 mm
- Stor håldiameter: 50 mm
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt

I Tabell 2-8 redogörs för beräknade konsekvenser för denna farligt gods-klass.

Tabell 2-8. Avstånd till AEGL-3-värdet för respektive utsläppsscenario och väderförhållande.

Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
	5D	2D	2F
Litet ammoniakutsläpp	118	165	344
Stort ammoniakutsläpp	788	928	1873
Litet klorutsläpp	665	1057	3492
Stort klorutsläpp	4050	6094	12749

2.5 Olycka brandfarlig vätska

I konsekvensberäkningen används bensin, som representeras av pentan, och dodekan ($C_{12}H_{26}$) för att modellera resterande brandfarliga vätskor (d.v.s. diesel, flygbränslen m.m.). Utflödet från den olycksdrabbade tanken antas konservativt komma genom ett 100 mm brett hål med skarpa kanter, vilket bildar en pöl. En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna. Detta är ett konservativt antagande då detta ger högre värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som möjligtvis skulle efterspegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 2-9 redovisas de utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar som använts vid beräkningarna tillsammans med de beräknade flamlängderna och avstånd till strålningsnivåer.

Tabell 2-9. Utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar samt beräknade flamlängder beroende på väderförhållanden och avstånd till olika strålningsnivåer.

Ämne	Volym [m ³]	Pölstorlek [m ²]	Flamlängd [m]			Strålningsnivå [m]		
			5D	2D	2F	10 kW/m ²	15 kW/m ²	20 kW/m ²
Bensin/ pentan	0,5	100	19	23	23	24	19	16
	5	200	25	29	29	32	26	22
	30	350	30	34	35	41	33	28
Dodekan / diesel	0,5	100	12	14	14	19	16	13
	5	200	15	19	19	25	21	18
	30	350	19	23	23	32	27	23

2.6 Olycka med oxiderande ämne

De två konsekvenserna av olycka med klass 5, som approximeras med oxiderande ämnen, är pölbrand och liten explosion. Pölbränderna antas fördela sig enligt samma konsekvenser som för brandfarlig vätska, klass 3 (liten brand). Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1.