

---

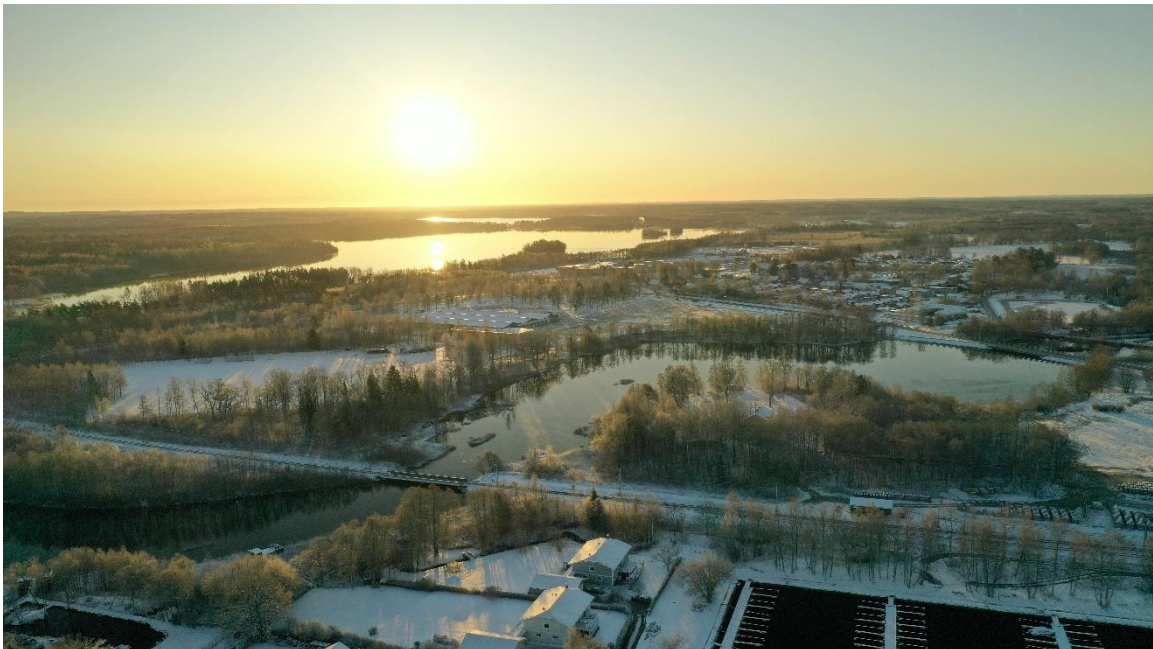
## RISKUTREDNING

---

### **RIMFROSTEN 1 mfl, Räfte i Væxjö kommun Utredning inför detaljplan för nytt sjukhus**

UPPDRAGSNUMMER 11 00 53 64

#### **RISKUTREDNING ANGÅENDE NYTT AKUTSJUKHUS I VÆXJÖ**



2021-04-26

**JOHAN BJÖRCK, CIVILINGENJÖR I RISKHANTERING**  
**EGZON HALITI, BRANDINGENJÖR OCH CIVILINGENJÖR I RISKHANTERING**  
**MARKUS GLENTING, BRANDINGENJÖR**

## DOKUMENTINFORMATION

<b>UPPDRAGSBENÄMNING:</b>	<b>Riskutredning angående nytt akutsjukhus i Växjö</b>
<b>UPPDRAGSNUMMER:</b>	11 00 53 64
<b>BESTÄLLARE</b>	Kronoberg läns landsting
<b>UPPDRAGSANSVARIG:</b>	Gunilla Wembe Telefon: 073 412 81 41 E-Post: <a href="mailto:gunilla.wembe@sweco.se">gunilla.wembe@sweco.se</a>
<b>HANDLÄGGARE:</b>	Johan Björck Civilingenjör i Riskhantering Telefon: 070 962 65 49 E-post: <a href="mailto:johan.bjorck@sweco.se">johan.bjorck@sweco.se</a>  Markus Glenting Brandingenjör Telefon: 072 450 79 82 E-post: <a href="mailto:m.glenting@sweco.se">m.glenting@sweco.se</a>
<b>KVALITETSGRANSKNING UTFÖRD AV</b>	Egzon Haliti Brandingenjör och civilingenjör i riskhantering Telefon: 072 744 14 89 E-post: <a href="mailto:egzon.haliti@sweco.se">egzon.haliti@sweco.se</a>

Ver.	Handlingsstatus	Datum	Upprättad av handläggare	Kvalitetsgranskad av
---	Granskningshandling	2020-04-08	Johan Björck	Egzon Haliti
1	Granskningshandling	2020-07-02	Johan Björck	Egzon Haliti
2	Rapport	2020-09-02	Markus Glenting	Egzon Haliti
3	Rapport	2021-04-01	Markus Glenting	Egzon Haliti
4	Rapport	2021-04-26	Markus Glenting	Egzon Haliti

## SAMMANFATTNING

Region Kronoberg avser att uppföra ett nytt akutsjukhus i Växjö. Sweco Brand- och riskteknik har upprättat denna riskutredning i detaljplaneskedet. I rapporten utreds huruvida den planerade nybyggnationen av ett nytt akutsjukhus i Växjö kan accepteras med hänseende på närhet till flygplats, industri, helikoptertrafik och transport av farligt gods på angränsande väg och järnväg.

Syftet med denna riskutredning är att beakta riskhanteringsprocessen vid nybyggnation intill transportleder av farligt gods samt beaktande av övriga riskkällor i nybyggnationens närområde.

Både individ- och samhällsriskerna har beräknats vara förhöjda för det aktuella området.

Med motivering av att risknivån ligger inom ALARP-området har bedömningen varit att nedanstående rekommendationer på riskreducerande åtgärder både erfordras och har ansetts skäliga:

- Avstånd mellan transportlederna för farligt gods och byggnad för stadigvarande vistelse ska vara minst 45 meter.
- Markanvändning Vård (D) ska placeras med ett skyddsavstånd på 100 m från transportled med farligt gods. Om del av vårdbyggnad placeras närmre än 100 m ska fasader inkl dörrar och fönster som vetter mot transportled med farligt gods utföras brandtekniskt avskild i EI60.
- Teknikbyggnader kan accepteras inom 45 meter givet skydd mot påkörning och brand.
- Separationsåtgärder längs med transportlederna för farligt gods ska vidtas så att brandfarlig vätska inte kan rinna mot planområdet. Skyddsavstånd enligt ovan ska beräknas utifrån placering av separationsåtgärd.
- Friskluftsintag ska placeras på den fasad som vetter bort, alternativt på tak på så långt avstånd som möjligt, från farligt godslederna. Samtliga friskluftsintag ska vara utformade med ett gemensamt nödstopp.
- Helikopterflygplatsen ska placeras så att flygrörelser över sjukhusbyggnaden minimeras.
- Ett säkerhetsavstånd på minst 25 m från industriverksamhetens fastighetsgräns ska hållas till planerad bebyggelse.

Givet implementerandet av ovanstående rekommenderade riskreducerande åtgärder har bedömningen varit att risknivå, enligt ALARP-principen, har bedömts som acceptabel.

Det finns scenarier som kan ge konsekvenser med över 1000 döda personer. För att helt undvika sådana konsekvenser behöver sjukhuset lokaliseras på en annan plats där längre skyddsavstånd till transportleder med farligt gods kan erhållas. Med tanke på att sannolikheten för dessa stora olyckor är förhållandevis låg kan det finnas andra intressen

---

## SAMMANFATTNING

---

som motiverar den föreslagna lokaliseringen och att riskhänsyn i så fall får bli underordnad dessa intressen. Det är ytterst ett politiskt beslut och denna riskutredning har i denna sammanvägning haft syftet att redovisa aktuell risknivå.

---

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Syfte och mål	7
1.2	Kvalitetsplan	7
1.3	Revideringshistorik	7
<b>2</b>	<b>Omfattning och avgränsningar</b>	<b>8</b>
2.1	Omfattning	8
2.2	Avgränsning	8
<b>3</b>	<b>Metod och arbetsgång</b>	<b>9</b>
3.1	Begrepp och definitioner väsentliga för riskutredningen	9
3.2	Riskidentifiering	11
3.3	Riskuppskattning	11
3.4	Riskvärdering	16
3.5	Valda riskkriterier för denna riskutredning	17
3.6	Hantering av osäkerheter	17
<b>4</b>	<b>Områdesbeskrivning</b>	<b>20</b>
4.1	Områdesbeskrivning	20
4.2	Planerad tillkommande verksamhet och bebyggelse	23
<b>5</b>	<b>Riskidentifiering</b>	<b>27</b>
5.1	Identifierade riskkällor i det aktuella områdets närområde	27
5.2	Möjliga olycksscenarier och oönskade händelser	31
<b>6</b>	<b>Riskuppskattning och värdering</b>	<b>38</b>
6.1	Resultat	38
6.2	Sammanfattning av riskuppskattning och värdering	41
<b>7</b>	<b>Rekommenderade riskreducerande åtgärder</b>	<b>42</b>
7.1	Olika former av riskreducerande åtgärder	42
7.2	Rekommenderade riskreducerande åtgärder	42
7.3	Åtgärder som ej har ansetts lämpliga att reglera i detaljplan	44
7.4	Förslag till planbestämmelser	44

---

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

<b>8</b>	<b>Slutsats</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>47</b>
	<b>Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar</b>	<b>49</b>
	Olycka på väg	49
	Olycka på järnväg	50
	Vidare olyckshändelseförlopp vid en farligt gods-olycka	54
	<b>Bilaga B – Konsekvensbedömningar</b>	<b>65</b>
	Skadekriterier	65
	Konsekvensberäkning för respektive farligt gods-klass	66
	<b>Bilaga C – Farliga godsklasser som inte har bedömts i denna riskutredning</b>	<b>76</b>

## 1 Inledning

Denna riskutredning är upprättad av Johan Björck och har kompletterats av Markus Glenting på uppdrag av Region Kronoberg. Intern kvalitetsgranskning av rapporten har gjorts av Egzon Haliti. I rapporten utreds huruvida den planerade nybyggnationen av ett nytt akutsjukhus i Växjö kan accepteras med hänseende på närhet till flygplats, industri, helikoptertrafik och transport av farligt gods på angränsande väg och järnväg.

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att beakta riskhanteringsprocessen vid nybyggnation intill transportleder av farligt gods samt beaktande av övriga riskkällor i nybyggnationens närområde.

Målet är att genom en riskutredning presentera en riskbild för det aktuella område, baserat på de beaktade riskkällorna som finns i närområdet, och där igenom bedöma huruvida den aktuella riskbilden är acceptabel eller ej. Vid behov kommer eventuella riskreducerande åtgärder som erfordras för att erhålla en acceptabel risknivå att presenteras.

### 1.2 Kvalitetsplan

SWECO Brand- och Riskteknik är certifierade enligt bland annat ISO 9001, där rutiner finns för fortlöpande gransknings- och kontrollarbete. Kvalitetskontroll har för denna dokumentation gjorts i form av egenkontroll och intern kvalitetsgranskning.

### 1.3 Revideringshistorik

Denna riskutredning har reviderats jämfört med version 3, daterad 20210-04-01. Avsnitt i denna version är markerade med ett streck i vänster marginal.

## 2 Omfattning och avgränsningar

I detta kapitel redovisas omfattningen och de avgränsningar som har genomförts inom denna riskutredning.

### 2.1 Omfattning

Denna riskutredning omfattar följande delmoment:

- Områdes- och nulägesbeskrivning
- Riskidentifiering
- Riskberäkning/riskuppskattning
- Riskvärdering
- Vid behov förslag på eventuella riskreducerande åtgärder

De resultat som presenteras i denna riskutredning gäller endast under de förutsättningar som specificeras i rapporten. Vid ändrade förutsättningar (till exempel om persontätheten ökar, transporter med farligt gods förändras, eller om andra riskkällor tillkommer nära området) kan denna riskutredning behöva revideras. Vid eventuella revideringar kan nya, möjligen mer omfattande, riskreducerande åtgärder bli aktuellt.

### 2.2 Avgränsning

Riskutredningen är begränsad till de beaktade riskkällorna redovisade i denna riskutredning vilka redovisas i kapitel 5.

Rangering förekommer ej inom aktuell järnvägssträckning. Det kan dock inte uteslutas att järnvägen på längre sikt kan komma att utökas till dubbelspår.

Andra eventuella riskkällor som möjligen skulle kunna påverka den totala riskbilden för det aktuella området ingår således inte i denna riskutredning.

De risker som beaktats är plötsliga inträffade olyckor som eventuell kan leda till livshotande konsekvenser för tredjeman. I denna riskutredning beaktas inte egendomsskador, naturskador, extraordinära händelser eller långtgående dominoeffekter. Övriga hälsorisker, så som exempelvis buller eller utsläpp av avgaser från närliggande trafikleder, ingår heller inte i denna riskutredning.

Arbetsmiljörisker omfattas ej av denna riskutredning, utan omfattas istället av verksamhetens systematiska arbete med arbetsmiljön för de som arbetar inom verksamheten.

Denna riskutredning begränsar sig till att enbart undersöka olycksrisker i helikopterflygplatsens direkta närhet. Således beaktas inte inflygningsbanor och flygsträckor i sin helhet, utan riskutredningen avser endast olyckor som direkt kan komma att ha inverkan på helikopterflygplatsens säkerhet.



### 3 Metod och arbetsgång

Nedan redovisas begrepp och definitioner av begrepp som har använts i denna riskutredning samt en beskrivning av den metod som har använts för respektive delmoment i denna riskutredning.

#### 3.1 Begrepp och definitioner väsentliga för riskutredningen

I en riskutredning används vanligen ett flertal olika begrepp för att beskriva olika olycksscenarier och delar av utredningen. Nedan förtydligas de begrepp som har använts i denna riskutredning.

*Risk* definieras som en sammanvägning av sannolikheten för och konsekvensen av ett olycksscenario eller oönskad händelse. Sannolikheten beskriver hur troligt det är att scenariot inträffar och konsekvensen beskriver hur omfattande skador som uppstår, exempelvis i form av antal omkomna.

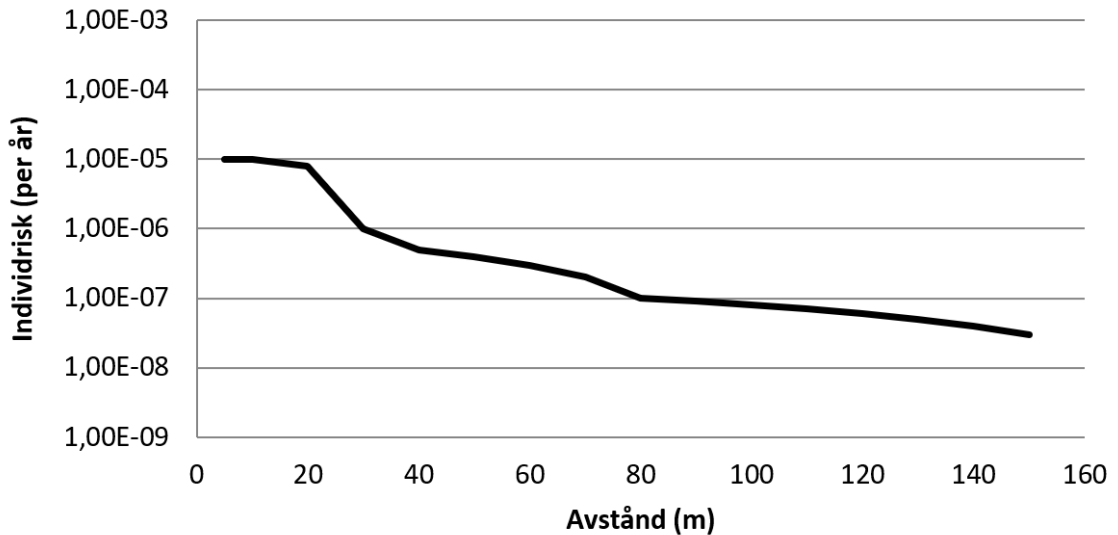
*Riskutredning* avser både genomförande av en *riskanalys* och en *riskvärdering*.

*Riskanalys* är den del av riskutredningen där tänkbara olycksscenarier och oönskade händelser identifieras. Sannolikhet och konsekvens för de identifierade scenarierna och händelserna bestäms i en riskuppskattning för att sedan kunna värdera huruvida risken är acceptabel eller ej.

I denna riskutredning har en kvantitativ riskanalys genomförts, vilket innebär att sannolikheten för och konsekvensen av varje identifierad olyckshändelse/skadehändelse beskrivs med absoluta värden (siffror). Sannolikheten och konsekvensen har sedan sammanvägts och risken har illustrerats med riskmåttan individrisk och samhällsrisk.

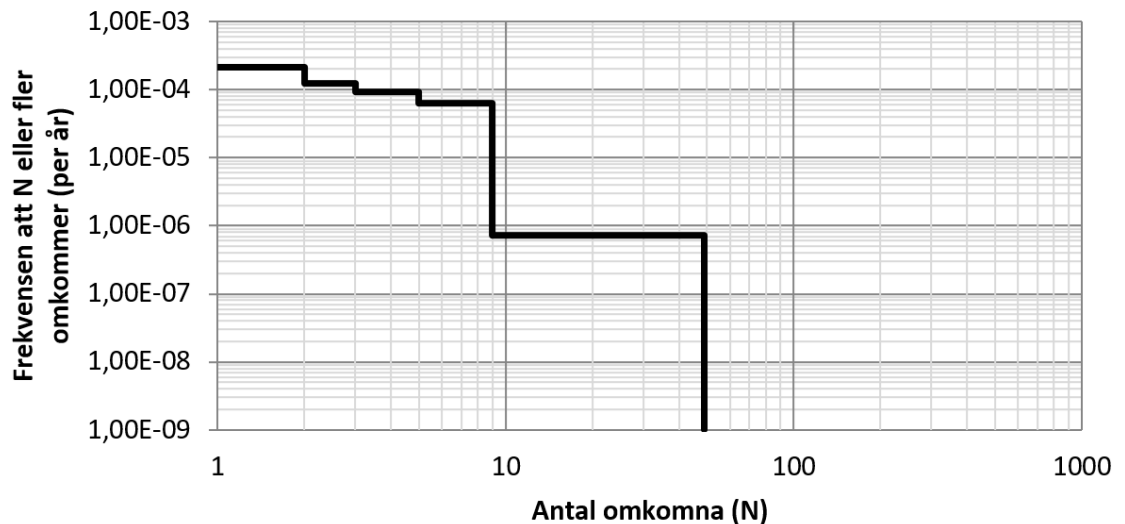
*Riskvärdering* avser den fas i riskutredningen där uppskattade risker bedöms som acceptabla eller ej. I denna del av utredningen kan det även bli aktuellt att föreslå och verifiera eventuella riskreducerande åtgärder som erfordras för att uppnå en acceptabel risknivå. Verifieringen av de eventuellt föreslagna riskreducerande åtgärderna kan genomföras antingen kvalitativt eller kvantitativt.

*Individrisk* är ett riskmått som beskriver sannolikheten för dödliga skador i anslutning till en riskkälla. Riskmättet tar ej hänsyn till hur många människor som vistas i närheten av riskkällan och förutsätter att en person står på samma plats dygnet runt under ett års tid. Mättet brukar beskrivas som ett rättighetsbaserat mått då det är möjligt att utifrån riskmättet avgöra om enskilda individer utsätts för en oacceptabelt hög risknivå. Individrisken kommer i denna riskutredning presenteras i form av en individriskkurva där risken beskrivs som funktion av avståndet från riskkällan, se exempel i Figur 1 nedan.



Figur 1. Exempel på en individriskkurva, individriska representeras av den svarta linjen. Y-axeln anger risken att omkomma per år och X-axeln avståndet från riskkällan.

Samhällsrisk är ett riskmått som beskriver risken med hänsyn till hur många individer som kan omkomma om det sker en olycka vid riskkällan. Hänsyn tas då till den områdesspecifika persontätheten samt dygnsvariationer i persontätheten. Samhällsrisk presenteras i ett F/N-diagram. I F/N-diagrammet framgår sannolikheten för att en eller flera individer omkommer till följd av en olycka i anslutning till riskkällan, se exempel i Figur 2 nedan.



Figur 2. Exempel på en samhällsriskkurva redovisad i ett F/N-diagram. Y-axeln anger frekvensen per år för en olycka och X-axeln antalet individer som omkommer.

I denna riskutredning har riskerna värderats mot kriterier i *Värdering av risk* [1], samt Skåne läns *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)* [2].

### 3.2 Riskidentifiering

Underlag om de risker som identifierats vilka redovisas i kapitel 5, har hämtats från statistik, relevant facklitteratur, myndigheter, platsspecifika utredningar för området/närområdet, tidigare erfarenheter och riskutredningar. Utifrån detta underlag har sedan dimensionerande olycksscenarier arbetats fram.

### 3.3 Riskuppskattning

Riskuppskattningen är en del av riskanalysen och syftar till att bedöma storleken på riskerna. Riskernas storlek är beroende av sannolikheten för och konsekvensen av en olycka/händelse. Nedan beskrivs därför hur sannolikheter och konsekvenser har bedömts samt hur dessa har sammanvägts för att avgöra riskernas storlek.

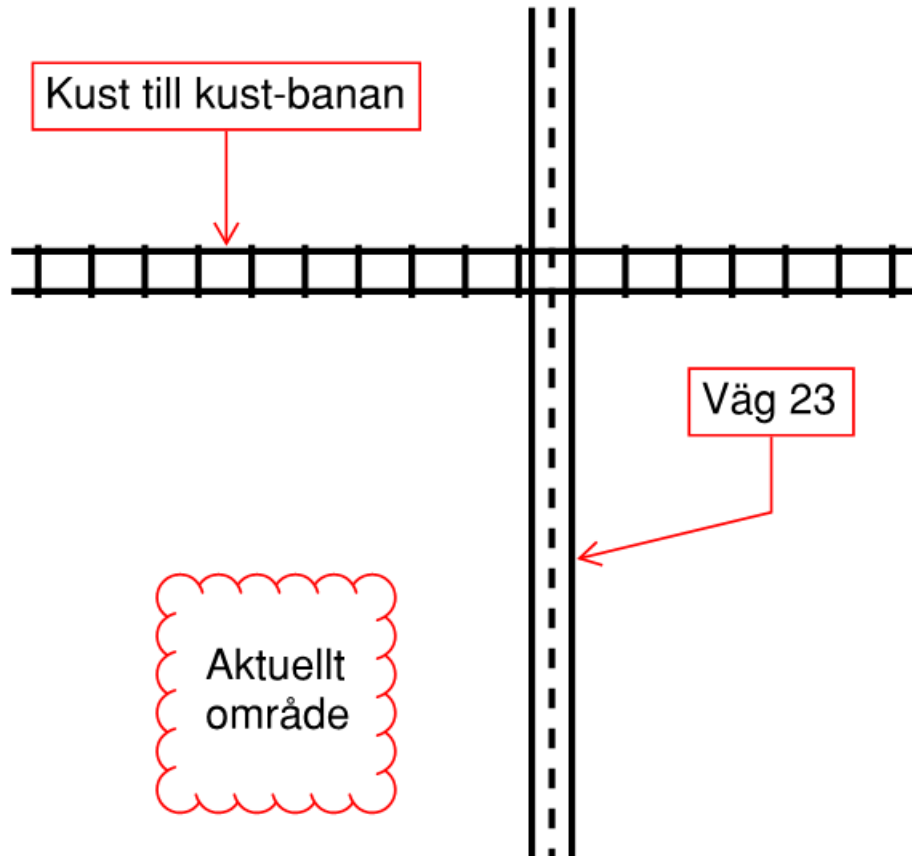
Sannolikhet för trafikolycka med efterföljande utsläpp av farligt gods har för väg uppskattats med hjälp av den metod som presenteras i *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [3]. För järnväg har metod enligt i *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* använts [4]. Sannolikheten för olika händelseförlopp och skadehändelser efter att utsläppet har inträffat har bedömts mot bakgrund av uppgifter i facklitteratur och logiska resonemang där konservativa antaganden har gjorts. Statistiken som har legat till grund för beräkningarna finns dokumenterat och kan lämnas ut på begäran.

Konsekvenserna av de aktuella olycksscenarierna/skadehändelserna har bedömts mot bakgrund av litteraturstudier och simuleringar i programvaran ALOHA v.5.4.2 [5].

Riskerna har sedan illustreras, efter sammanvägningen, med riskmåttan individrisk och samhällsrisk.

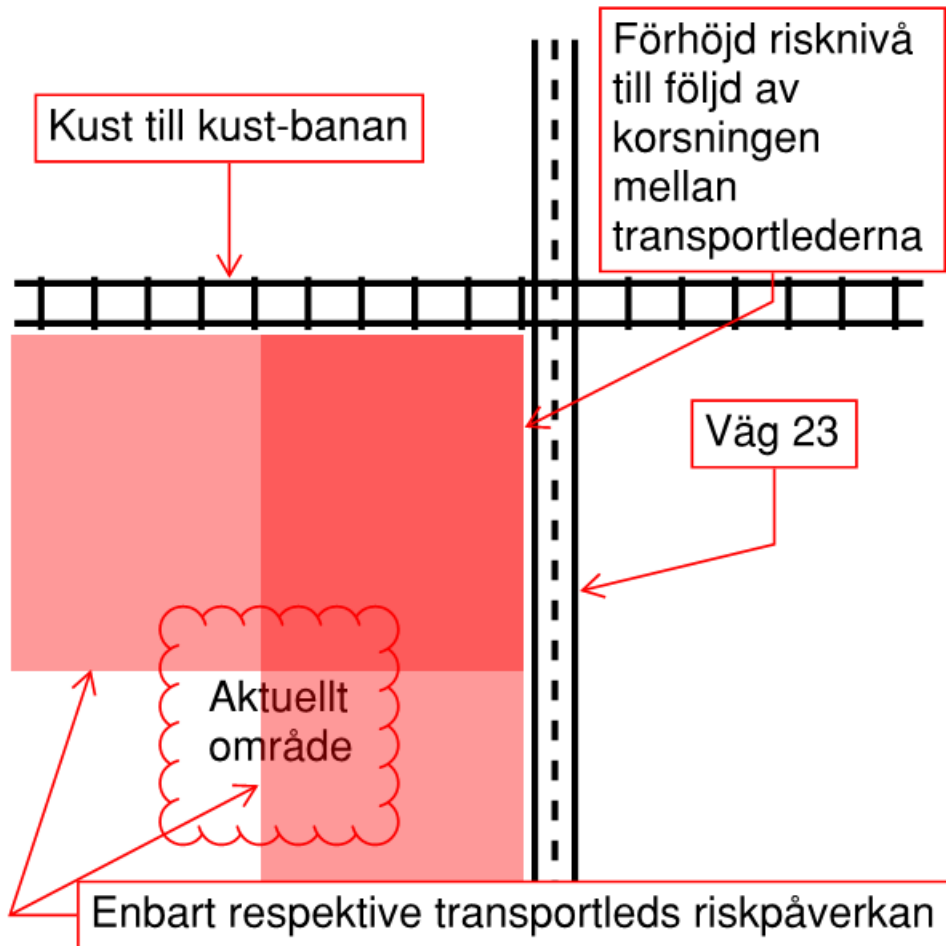
#### Hantering av korsande transportleder för farligt gods

Det är inte ovanligt att olika transportleder för farligt gods korsar varandra, och detta utgör en förutsättning för att kunna transportera farligt gods i Sverige. Dock utgör korsningar mellan olika transportleder för farligt gods ett område med en förhöjd risknivå jämfört med respektive transportled var för sig. Mot nordöst från det aktuella området finns en korsning mellan väg 23 och kust till kust-banan, som båda utgör transportleder för farligt gods, se illustration i Figur 3 nedan.



Figur 3. Illustration över det aktuella området i förhållande till korsningen mellan de närliggande transportlederna för farligt gods.

Riskenivån inom det aktuella området kommer i Figur 3 kommer bero på avståndet i två dimensioner (både mot vägen och järnvägen), se illustration i Figur 4 nedan.

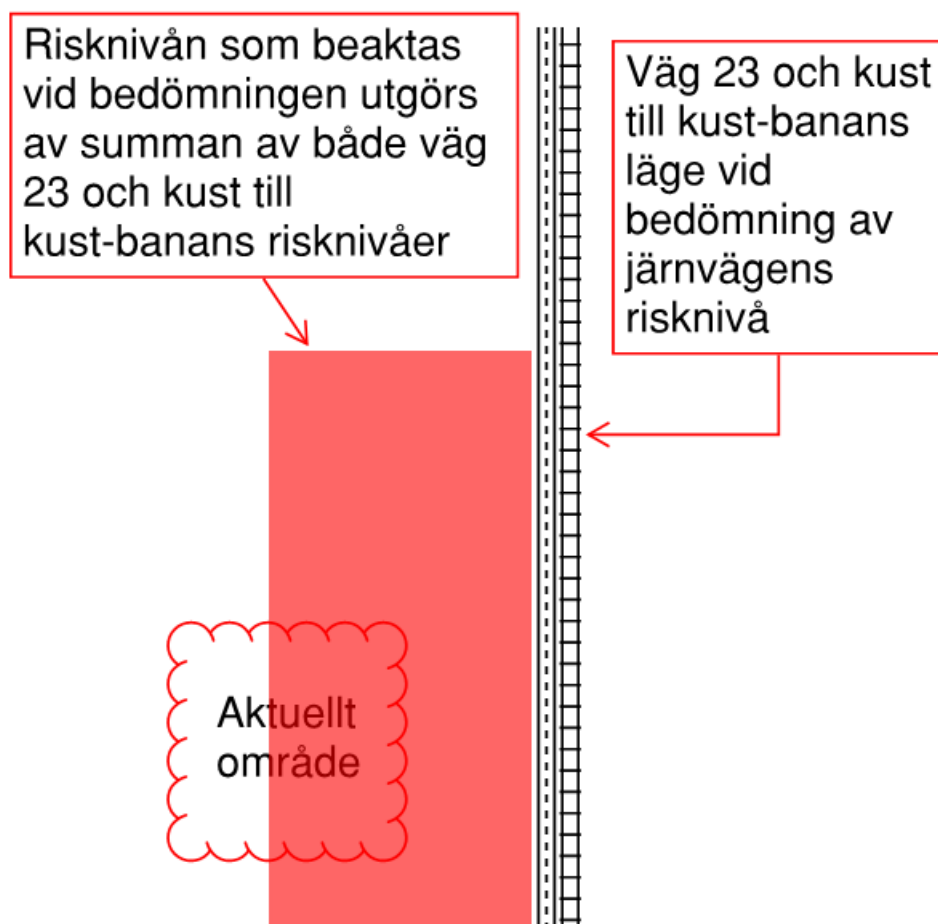


Figur 4. Illustration över riskområdena till följd av korsningen mellan transportlederna för farligt gods.

För att ta höjd för att den totala risknivån blir högre jämfört med risknivån för respektive transportled, har i bedömningen transportlederna för farligt gods istället beaktats som parallella där resultatet sedan appliceras från båda hållen var för sig (det vill säga från både vägen och järnvägen), se de två följande illustrationerna här nedan i Figur 5 och Figur 6.



Figur 5. Illustration över hur risknivån genererad av järnvägen har beaktats för att ta höjd för korsningen mellan vägen och järnvägen.



Figur 6. Illustration över hur risknivån genererad av vägen har beaktats för att ta höjd för korsningen mellan vägen och järnvägen.

De beaktade risknivåerna i Figur 5 och Figur 6 jämfört med hur risknivån faktiskt utbreder sig (vilket illustreras i Figur 4) har bedömts medföra att den förhöjda risknivån vid korsningen mellan väg 23 och kust till kust-banan beaktas genom att konservativt anta att summan av båda transportledningarnas risknivåer gäller från respektive transportled längs med hela sträckningen förbi det aktuella området. Till följd av detta har bedömningen varit att korsningen mellan transportledningarna därmed inte ytterligare behövt beaktas explicit vid riskuppskattningen och värderingen.

Angående hur persontätheten och det varierande avståndet mellan aktuellt område och respektive transportled har beaktats se avsnitt 4.2.

### 3.4 Riskvärdering

I *RIKTSAM* [2] redovisas ett vägledningssystem för att bedöma risker. I denna anges att:

- För planering av sällanköpshandel, industri, lager, tekniska anläggningar och parkering bör ett skyddsavstånd kortare än 30 meter kunna accepteras om individrisken understiger  $10^{-5}$ . En deterministisk analys ska även påvisa att riskerna med hårda konstruktioner eller motsvarande, som kan orsaka skada på eventuellt avåkande fordon, kan undvikas.
- För planering av exempelvis småhusbebyggelse, handel, kontor (ett plan), centrum och kultur bör ett avstånd kortare än 70 meter kunna accepteras om individrisken understiger  $10^{-6}$ . En deterministisk analys ska även påvisa att det nettotillskott av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.
- För planering av flerbostadshus, kontor, hotell, vård och skola bör ett avstånd kortare än 150 meter kunna accepteras om individrisken understiger  $10^{-7}$ , samt att samhällsrisken understiger  $10^{-5}$  för 1 omkommen och  $10^{-7}$  för 100 omkomna. En deterministisk analys ska även påvisa att det nettotillskott av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Följande vägledande principer för värdering av risk presenteras i *Värdering av risk* [1]:

- *Rimlighetsprincipen*: En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med teknisk och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas, oavsett risknivå.
- *Proportionalitetsprincipen*: De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar som verksamheten medför.
- *Fördelningsprincipen*: Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de positiva effekter som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.
- *Principen om undvikande av katastrofer*: Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsande konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser snarare än i katastrofer.

Räddningsverket föreslår i rapporten *Värdering av risk* [1] även acceptanskriterier lämpade för värdering av risker presenterade med riskmåten individrisk och samhällsrisik.

Acceptanskriterierna presenteras i form av ett intervall, vilket vanligen kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). Risker som överstiger ALARP-området är för stora och åtgärder måste vidtas för att reducera risknivån. För risker inom ALARP-området ska risknivån reduceras så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart. Risker som understigande ALARP-området bedöms som acceptabla, men



där risker som med teknisk och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ändå ska reduceras.

### 3.5 Valda riskkriterier för denna riskutredning

I denna riskutredning har acceptanskriterier enligt *Värdering av risk* [1] tillämpats vid värdering av resultatet.

#### Individrisk

Följande acceptanskriterier vid bedömning av individrisk har använts:

- Övre gräns för ALARP-området (där risker under vissa förutsättningar kan tolereras, se avsnitt 0) har varit  $10^{-5}$  per år oberoende avstånd från riskkällan.
- Undre gräns för ALARP-området (där risker kan anses som små och kan accepteras, se avsnitt 0) har varit  $10^{-7}$  per år oberoende avstånd från riskkällan.

#### Samhällsrisk

Följande acceptanskriterier vid bedömning av samhällsrisk har använts:

- Övre gräns för ALARP-området (där risker under vissa förutsättningar kan tolereras, se avsnitt 0) har varit  $10^{-4}$  per år för  $N = 1$ , med en lutning på FN-kurvar på -1.
- Undre gräns för ALARP-området (där risker kan anses som små och kan accepteras, se avsnitt 0) har varit  $10^{-6}$  per år för  $N = 1$ , med en lutning på FN-kurvar på -1.

### 3.6 Hantering av osäkerheter

Riskanalyser av den typ som redovisas i denna rapport är generellt behäftade med stora osäkerheter. Dessa osäkerheter tillskrivs främst indata, underlagsmaterial, beräkningsmodeller, expertbedömningar och statistiska underlag.

Generellt har osäkerheter hanterats genom konservativa bedömningar och antaganden. Detta innebär att bedömningar gjorts så att risken snarare överskattas än underskattas när osäkerheter förelegat. Anledningen till detta är att säkerställa att risknivån inte underskattas eftersom konsekvensen av en underskattad risknivå medför en ökad sannolikhet för att människor kan riskera att omkomma medan en något överskattad risknivå istället medför att kostnaden för åtgärder riskerar att bli högre. Nedan beskrivs några exempel på de konservativa bedömningar avseende sannolikheter samt konsekvenser som gjorts i riskutredningen:

#### Exempel på konservativa antaganden angående sannolikhetsbedömning

- Det är endast så kallade massexplosiva varor (ADR-klass 1.1) som bedöms kunna skada människor allvarligt på ett längre avstånd än ett 10-tal meter. I denna riskutredning antas dock samtliga transporter med explosiva ämnen (ADR-

klass 1) tillhöra massexplosiva varor (ADR-klass 1.1) och därmed kunna medföra skada på individer även på längre avstånd från en eventuell olycka.

- Mycket små mängder massexplosiva varor (ADR-klass 1.1) transporteras i det svenska transportsystemet (antalet transporter och mängden explosiva ämnen har antagits konservativt i denna riskutredning) och därtill är säkerhetskraven på transporter omfattande. Därför bedöms sannolikheten för att explosioner ska inträffa vara betydligt mindre än beräknat.
- Vid större transporter av explosiv vara (>1 000 kg) måste varorna förvaras i brandklassade skåp för att minska sannolikheten för att utvändigt brand ska kunna påverka lasten. Vidare kommer flertalet explosivämnen att brinna upp istället för att detonera vid en brand. Flera ytterligare restriktioner avseende lastning och transport finns. Sannolikheten för att en brand ska antända explosiva varor har trots detta konservativt bedömts till 50 %.
- På grund av bland annat deformationszoner i fordon som transporterar explosiva varor kan troligen inte mekanisk påverkan orsaka en antändning. Dock har det konservativt antagits att detta kan inträffa.

#### Exempel på konservativa antaganden angående konsekvensbedömning

- Konsekvensavstånd har mätts från vägkant närmast det aktuella området istället för exempelvis från mitten av vägen. Detta innebär att de olyckor som sker på den bortre delen av vägen kommer få lägre konsekvenser än de som redovisats i beräkningarna.
- Beräknat antal omkomna har i beräkningarna alltid avrundas konsekvent uppåt till närmsta heltal (eftersom värdet beaktar antalet beräknat omkomna).
- Gällande transporterade mängder av explosiva ämnen är det troligtvis konservativt att en liten explosion skulle omfatta ett ton explosiva ämnen.
  - Därutöver antas även att dödliga skador, både inomhus och utomhus, uppstår vid 70 kPa. Oskyddade människor klarar ett tryck på 180 kPa vilket innebär att gränser för dödliga skador på 70 kPa har bedömts konservativt.
- Beräkningarna för brandfarlig gas har utförts för kondenserad gas, vilket har bedömts vara konservativt eftersom de förväntade konsekvenserna är högre för kondenserade gaser jämfört med komprimerade gaser.
- Utbredningen av en jetflamma antas alltid vara vinkelrät (90°) från transportleden och längs med markplanet. Detta innebär att området som utsätts för jetflamman alltid är det största möjliga område.
- Utsläpp av giftig gas (ADR klass 2.3) har antagits ske med svaveldioxid för väg och klorgas för järnväg, vilket utgör mycket giftiga gaser. Att samtliga transporter

med giftig gas utgörs av dessa gaser har bedömts vara ett konservativt antagande.

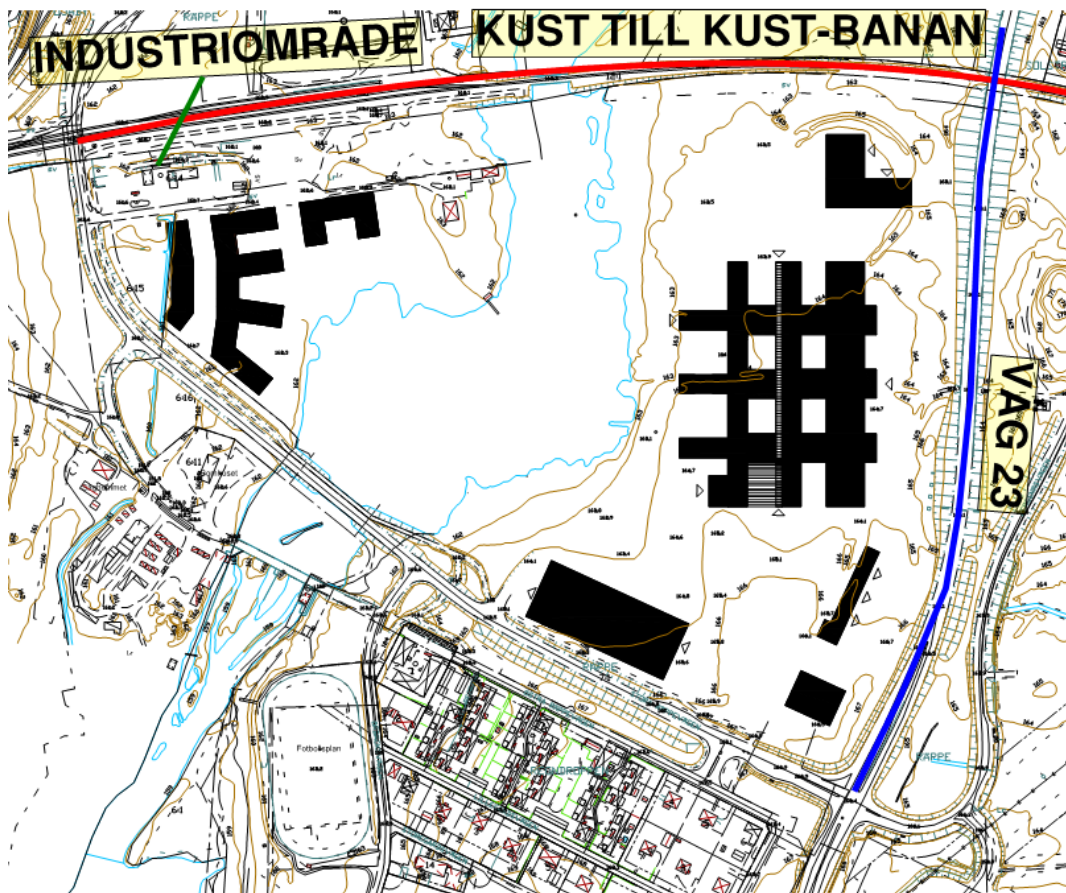
- Det antas att samtliga brandfarliga vätskor utgörs av Hexan, som har både högre förbränningshastighet och energivärde jämfört med exempelvis bensin. En stor del av den transporterade mängden av brandfarliga vätskor i Sverige utgörs vidare av betydligt mindre brandfarliga vätskor så som exempelvis diesel och andra oljor. Detta har därför bedömts vara ett konservativt antagande.

## 4 Områdesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs det aktuella området, planerad verksamhet och bebyggelse, persontätheten som har beaktats i beräkningarna, samt identifierade riskkällor i det aktuella områdets närområde.

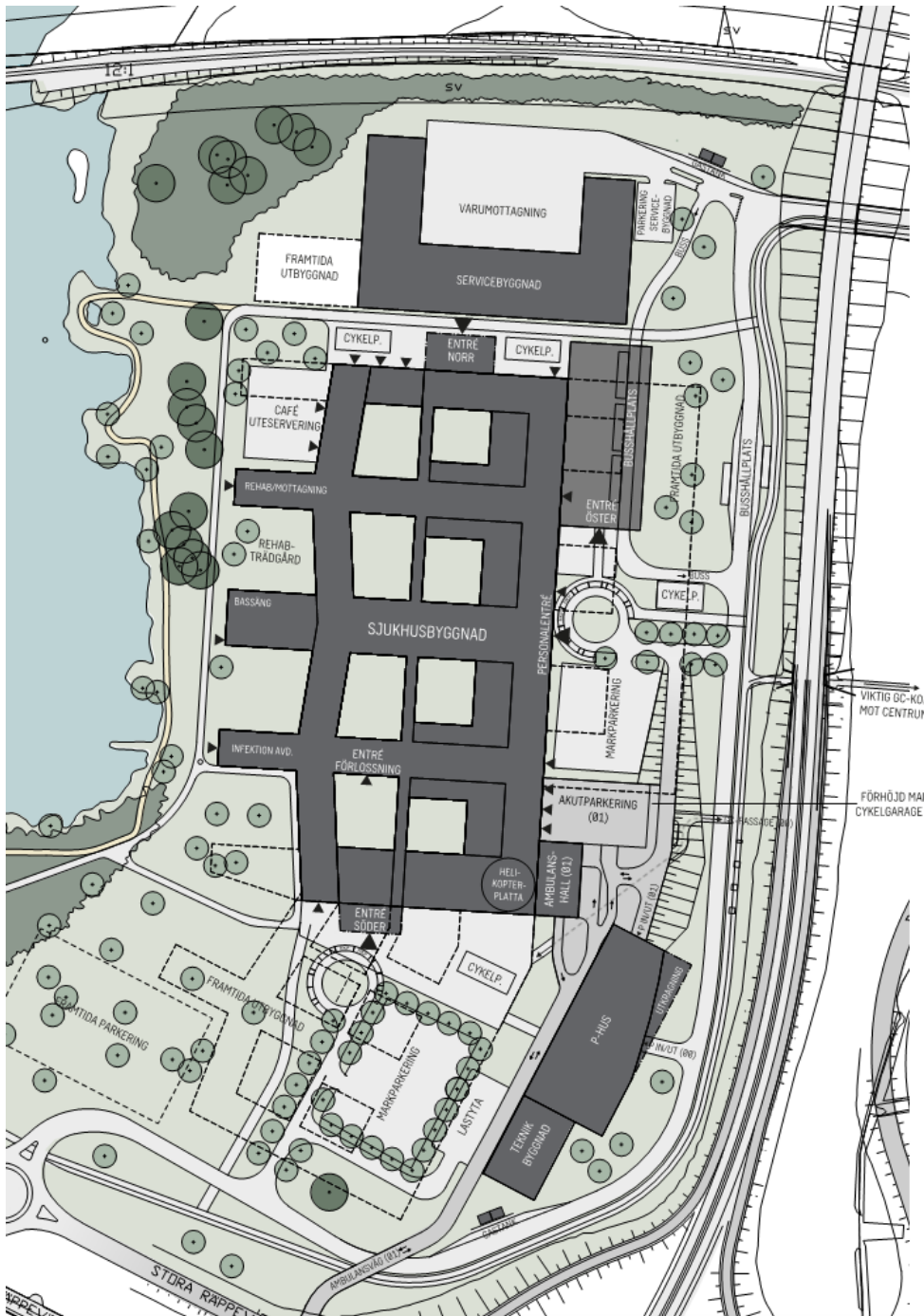
### 4.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger i Växjö, väster om stadskärnan, längs med väg 23 och Kust till kust-banan, se Figur 7 nedan.



Figur 7. Figur över det aktuella området, där det aktuella området utgörs av de svart-markerade byggnadskropparna (aktuell layout av byggnadskropparna framgår i nästa figur). Väg 23 (blå linje) går förbi det aktuella området på dess östra sida samt Kust till kust-banan (röd linje) på det aktuella områdets norra sida. Industriområdet med verksamheten Alwex Råppe Betong visas i det nordvästra hörnet.

Aktuell layout vid revideringen av denna riskutredning framgår av Figur 8.



Figur 8. Aktuell layout över det östra området.

Mellan väg 23 och det aktuella området finns ett dike och en nivåskillnad där väg 23 ligger högre beläget i förhållande till det aktuella området, men i övrigt är det aktuella området i nivå med omkringliggande ytor. Det aktuella området utgörs i nuläget av en obebyggd asfalterad yta. [6]

I det aktuella områdets närområde finns väg 23 till öster, som utgör en primär transportled för farligt gods [7], till norr går kust till kust-banan, till nordväst ligger ett mindre industriområde, och cirka 4,5 till 5 kilometer norr om det aktuella området ligger Växjö flygplats.

Inom sjukhusområdet planeras en helikopterflygplats som troligtvis kommer att lokaliseras på sjukhusbyggnadens tak i det sydöstra hörnet.

I övrigt utgörs närområdet kring det aktuella området av villaområden, grönområden bevuxna med träd, idrottsplats, och vattenområden.

#### Vindförhållanden

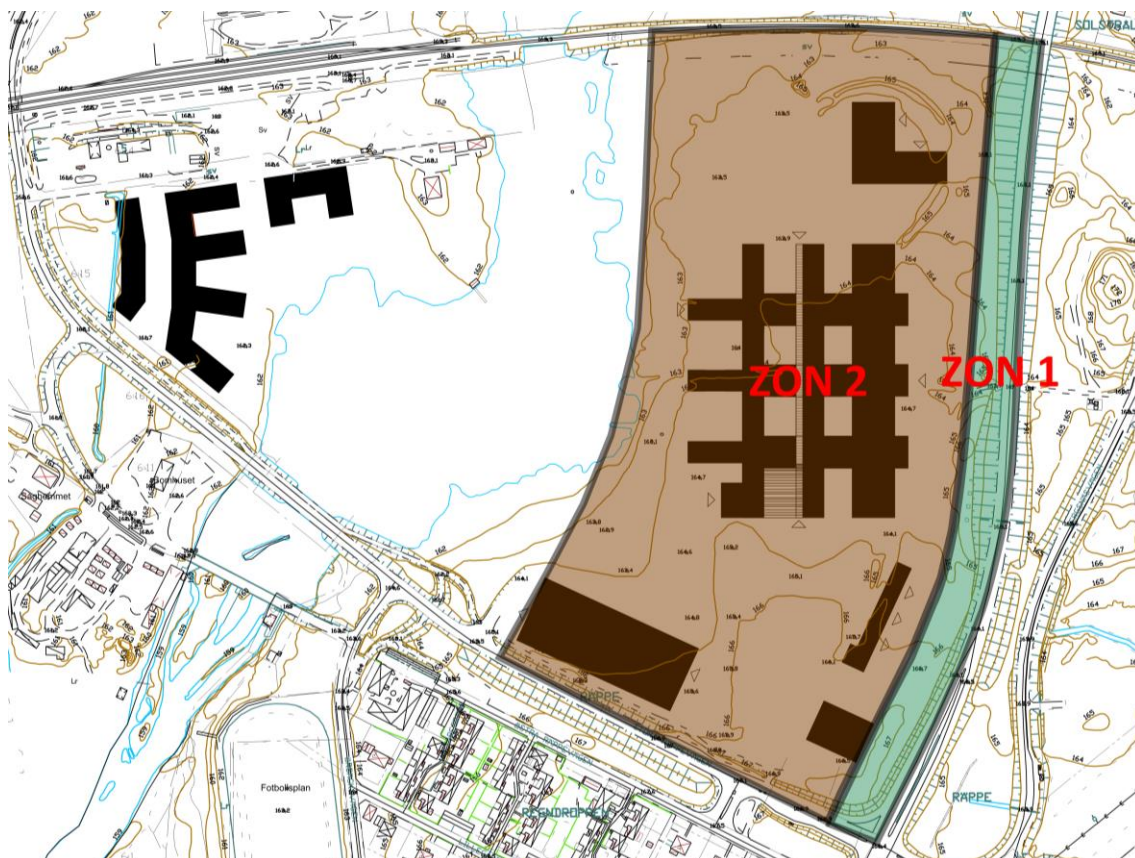
Statistik för vindriktning har uppmätts av SMHI [8], där den närmsta mätstationen för vindriktning och vindhastighet är mätstationen Växjö som ligger söder om centrala Växjö. I Figur 9 nedan redovisas vindrosen för den aktuella mätstationen.



sjukhusyta på 105 000 m<sup>2</sup> samt 1 000 parkeringsplatser. [9] Bebyggelsen i nordväst kommer i huvudsak att utgöras av administrativ karaktär men det kan inte uteslutas att vårdverksamhet kan komma att bedrivas här. Uppskattat kommer det befinna sig omkring 6 200 individer inom det aktuella området en genomsnittsvardag när akutsjukhuset väl är i drift. [10]

#### Persontäthet

Persontätheten i området är av stor betydelse för att bedöma samhällsrisken. Eftersom det är olika persontäthet i olika delar av det studerade området har området delats in i två zoner, se Figur 10 samt Tabell 1 för Väg 23 samt Figur 11 och Tabell 2 för Kust till kustbanan. Beräkningar har grundats på hur stort område och den persontäthet som kan påverkas vid en olycka, andel personer som befinner sig utomhus respektive inomhus samt andel som befinner sig i de olika zonerna. Indata avseende persontäthet för de olika skyddsobjekten har erhållits av Sweco Architects och tar hänsyn till det maximala personantalet vid en given tidpunkt. Persontätheten uttryckt i antal individer per km<sup>2</sup> har uppskattats och skalats upp till 59 000. Markytan har bedömts motsvara cirka 0,1 km<sup>2</sup>.

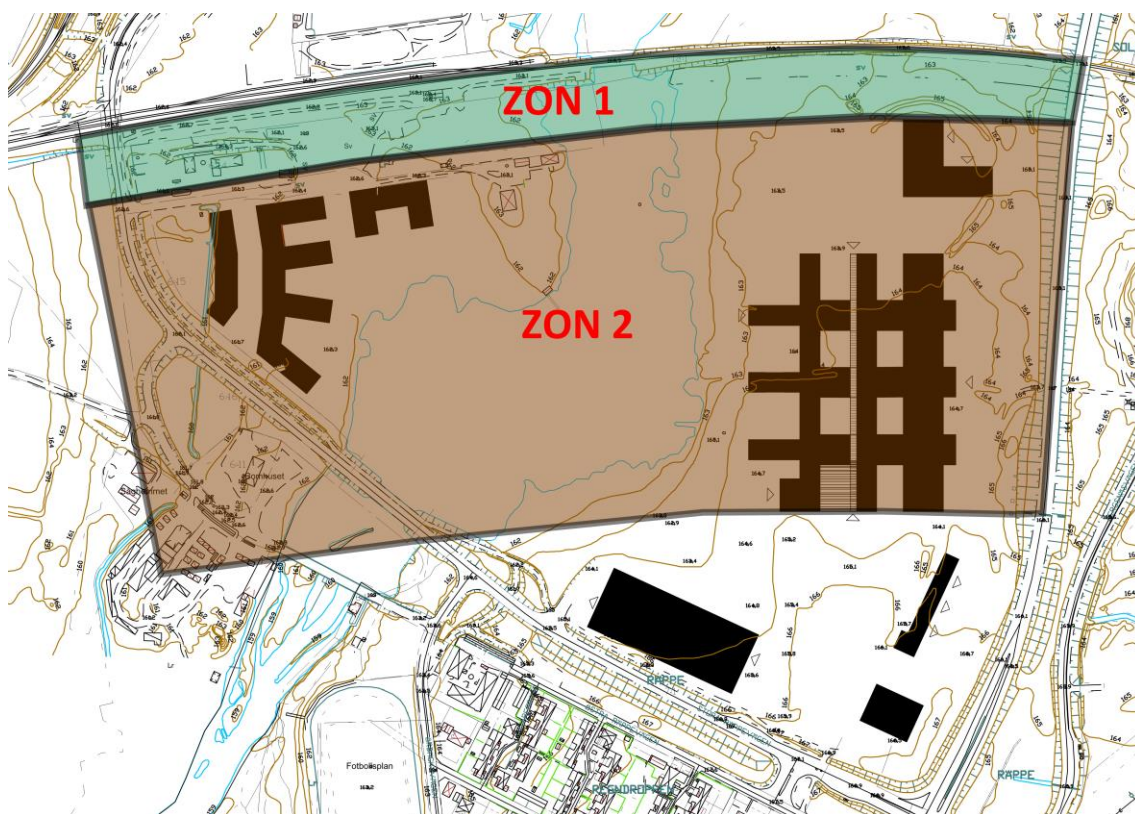




Figur 10. Exploateringsområde indelat i två zoner med olika persontäthet. Figuren avser zonindelning från väg 23.

Tabell 1. Persontäthet för de olika zonerna för vägfallet.

Personbelastning	Zon 1		Zon 2	
Intervall (m)	0	40	40	310
Persontäthet (inv/km <sup>2</sup> )	0		59 000	

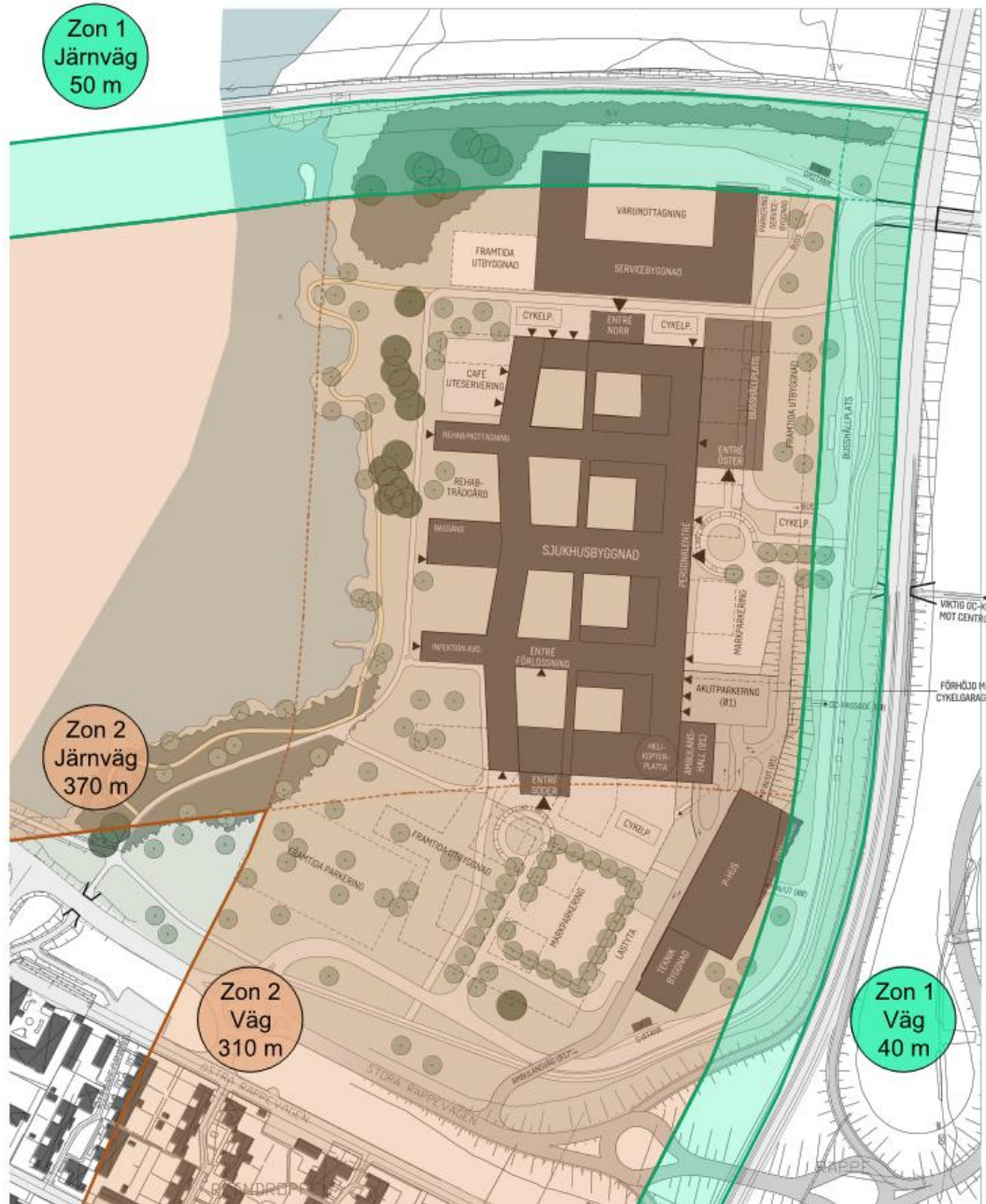


Figur 11. Exploateringsområde indelat i två zoner med olika persontäthet. Figuren avser zonindelning från Kust till kust-banan.

Tabell 2. Persontäthet för de olika zonerna för järnvägsfallet.

Personbelastning	Zon 1		Zon 2	
Intervall (m)	0	50	50	370
Persontäthet (inv/km <sup>2</sup> )			59 000	

Motsvarande zonindelning för den aktuella layouten redovisas i Figur 12.



Figur 12. Zonindelning avseende gällande layout över det östra området.

## 5 Riskidentifiering

I riskidentifieringen kartläggs vilka typer av olycksscenarioer eller oönskade händelser som kan inträffa. Riskidentifieringen bygger på de identifierade riskkällor som finns i det aktuella områdets närområde.

### 5.1 Identifierade riskkällor i det aktuella områdets närområde

I detta avsnitt redovisas de identifierade riskkällorna som kan påverka det aktuella området.

#### Väg 23

Till öster om det aktuella området går väg 23, vilket är en primär transportled för farligt gods med en hastighetsgräns som varierar mellan 50 km/h till 90 km/h, med 70 km/h där emellan, längs med det aktuella området. [7] I beräkningarna har vägen bedömts motsvara en trafikled inom en tätort med en hastighetsbegränsning på 70 km/h. Årsmedelsdygnstrafiken (ÅDT) på väg 23 förbi det aktuella området är 9 560 fordon, var av 1 380 (motsvarande 14 %) utgjordes av tunga fordon. [11] För att ta höjd för en eventuell framtida ökning i trafikeringen på väg 23 har trafiken räknats upp med ett trafikuppräkningsstal [12] för att i beräkningarna istället motsvara trafikeringen år 2040.

#### Kust till kust-banan

Norr om det aktuella området går kust till kust-banan. På järnväg finns inga begränsningar på transport av farligt gods likt det som finns för vägnätet. Vilket medför att transporter av farligt gods har bedömts ske på den aktuella järnvägssträckan.

I beräkningarna har prognos för år 2040 använts, ur vilken det framgår att cirka 487 godståg och 30 101 persontåg kommer passera det aktuella området per årsmedel. Medellängden har konservativt antagits vara desamma som för det längsta tågtypen som enligt prognosen kommer trafikera järnvägen förbi det aktuella området, vilket har varit godståg med en medellängd på 615 meter. [13]

#### Närliggande industriområde

Nordväst om det aktuella sjukhusområdet ligger ett industriområde. Vad Sweco erfar är det endast Alwex Räppe Betong som idag hanterar farliga ämnen. I kontakt med verksamheten [14] framkom att de har en dieselcistern på 2 m<sup>3</sup> för deras egna fordon. De har även en 20 m<sup>3</sup> cistern med fordonsbränslet RME (Raps-metyl-ester) som inte medger tankning för allmänheten. RME är inte klassat som en brandfarlig vätska eftersom det har en flampunkt överstigande 100° C, det vill säga att den inte kan antändas förrän vätskan värmts upp till över flampunkten. Utifrån dessa förutsättningar bedömer Sweco att Alwex Räppe betongs verksamhet inte utgör någon risk för planerad bebyggelse.

För att inte begränsa en eventuell förändring av Alwex Räppe betongs verksamhet på sikt, kan det dock vara lämpligt att anpassa detaljplanen för detta.

Så länge brandfarlig vara hanteras under följande mängder<sup>1</sup> på industritomter krävs inget tillstånd för hanteringen.

- 1 000 liter brandfarlig gas i lös behållare
- 3 000 liter brandfarlig vätska med flampunkt under 60° C (t ex bensin)
- 50 000 liter brandfarlig vätska med flampunkt över 60° C (t ex diesel)

Om Alwex Räfte betong vill utöka sin hantering av brandfarlig vara jämfört med nu men att hanteringen inte överstiger mängderna enligt ovan krävs ett skyddsavstånd<sup>2</sup> på 25 m.

Om Alwex Räfte betong vill hantera större mängder än ovan krävs att de söker tillstånd för brandfarlig vara hos kommunen. I så fall kan villkor för hanteringen komma att ställas t ex skyddsavstånd eller brandteknisk avskiljning beroende på omgivningens förutsättningar.

För att den planerade sjukhusbebyggelsen inte ska begränsa utvecklingen av Alwex Räfte betongs verksamhet ska ett skyddsavstånd från Alwex Räfte betongs fastighetsgräns på minst 25 m hållas.

### Stora Räftevägen

På Stora Räftevägen söder om planområdet kan begränsade mängder farligt gods transporteras till- och från ett industriområde trots att denna inte är utpekad som rekommenderad transportled för farligt gods.

### Växjö flygplats

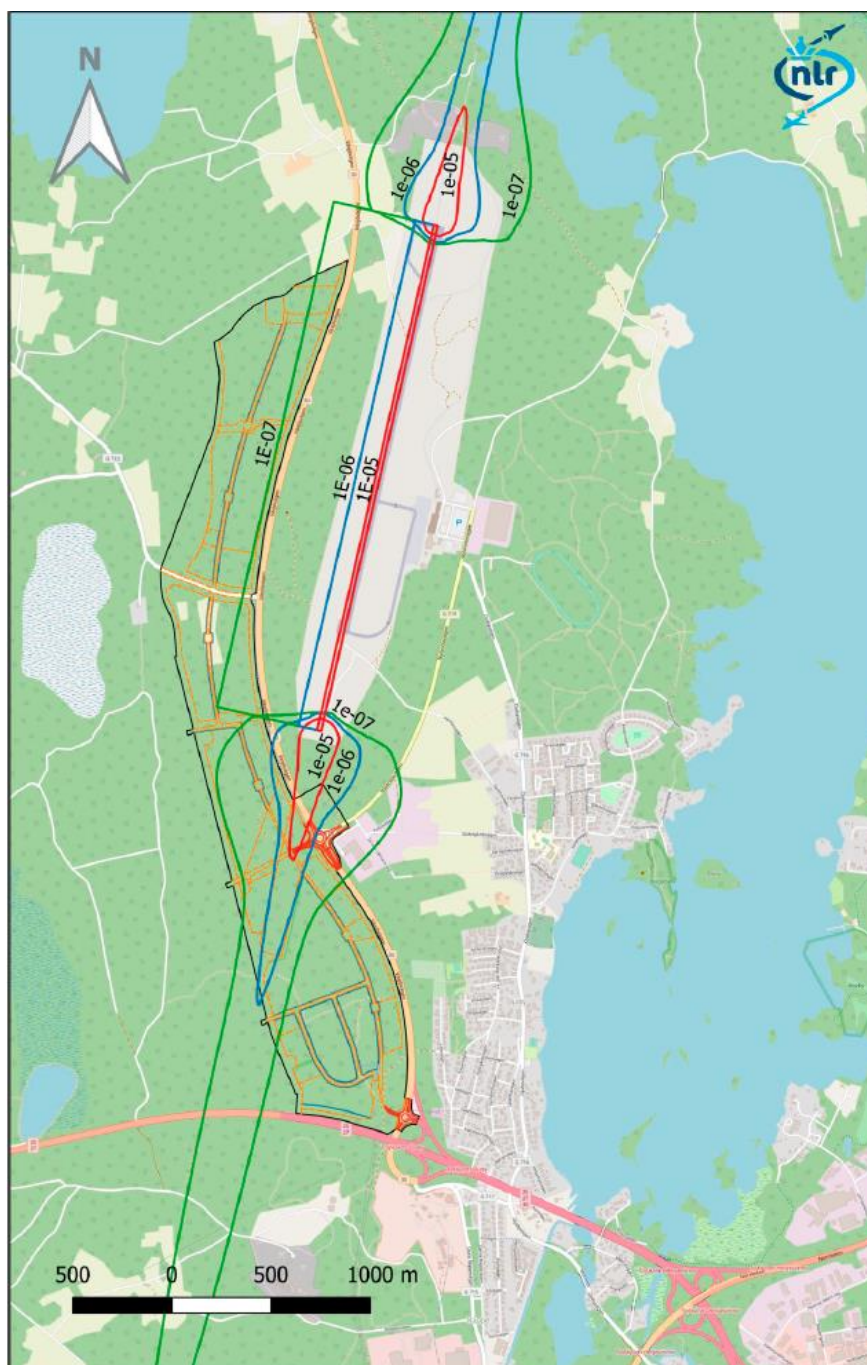
Cirka 4,5 till 5 kilometer norr om det aktuella området ligger Växjö flygplats. Enligt en framtagna riskanalys för Växjö flygplats<sup>3</sup> [15] framgår att individrisknivån för det aktuella området understiger  $10^{-7}$ , se Figur 13 nedan, vilket motsvarar den undre gränsen för ALARP-området, se avsnitt 3.5. Vidare ur samma riskanalys framgår även att flygplan inte flyger över det aktuella området för att lyfta eller landa på flygplatsen<sup>4</sup>, se Figur 14.

<sup>1</sup> MSBFS 2013:3

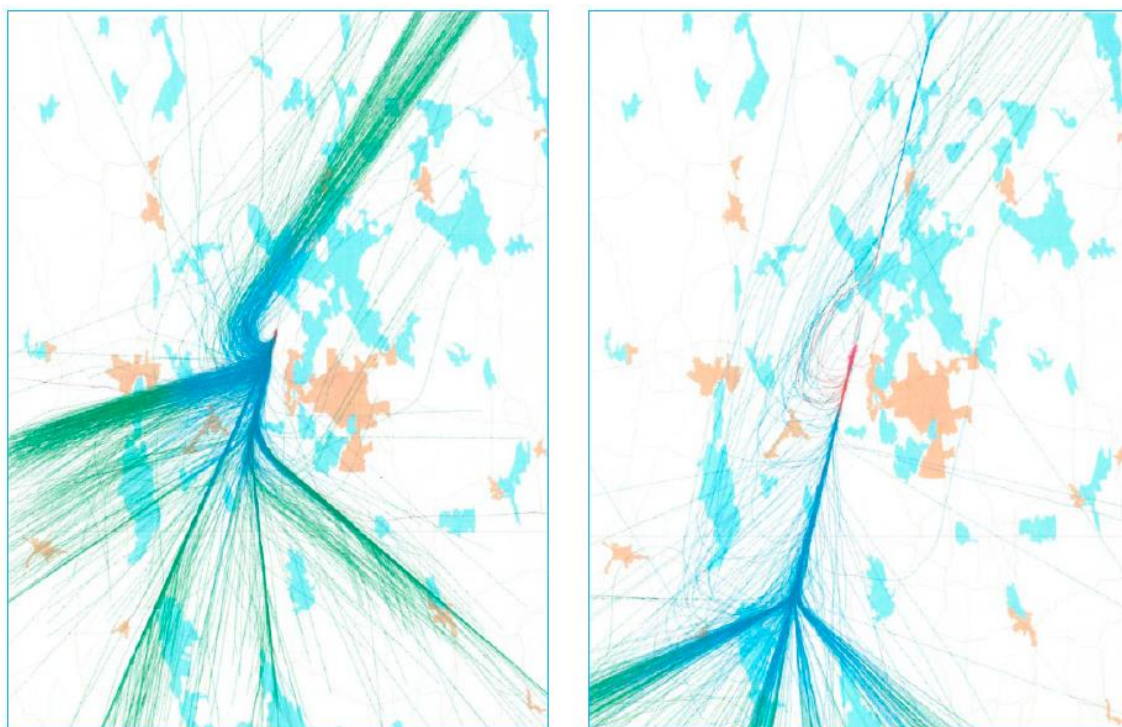
<sup>2</sup> Tabell 2 i MSBFS 2020:1 samt Tabell 21 SÄIFS 2000:2

<sup>3</sup> Angående risknivån för tredjeman till följd av flygplatsens verksamhet.

<sup>4</sup> Underlaget baseras på hur flygplan av kategorierna medium och tung flyger för att lyfta eller landa på flygplatsen enligt radar på RWY 19 och RWY 01. [15]



Figur 13. Individriskkonturer där 10<sup>-5</sup> (röd), 10<sup>-6</sup> (blå), och 10<sup>-7</sup> (grön) är markerade för Växjö flygplats. Individriskkonturerna gäller för en framtida prognos med ett tillåten maximalt antal flygrörelser på 24 500 per år och en förlängd bana på flygplatsen till 2 600 meter samt med större flygplanstyper. [15]



Figur 14. Radarmönster för "Wake Turbulence Category "Medium" and "Heavy" [15]. Den vänstra figuren visar flygplan som lyfter från RWY 19, och den högra figuren visar flygplan som landar på RWY 01. Båda figurerna visar på tydliga mönster för vägval för flygplan som ska landa och lyfta från Växjö flygplats.

Kartkonturen där individrisken understiger  $10^{-7}$  ligger uppskattningsvis 2 kilometer bort från det aktuella området. Vilket motsvarar enligt valda acceptanskriterier i denna riskutredning, se avsnitt 3.5, acceptabla individrisknivåer till följd av verksamheten på flygplatsen på ett avstånd om uppskattningsvis 2 kilometer bort från det aktuella området. [15] Utifrån detta samt i kombination med att flygplan inte flyger över det aktuella området för att lyfta eller landa på flygplatsen har bedömningen varit att Växjö flygplats inte kan generera några olycksscenarioer som kan påverka det aktuella området på ett sådant sätt att den totala risknivån inom det aktuella området skulle bli oacceptabel.

Givet ovanstående beaktas inte denna riskkälla vidare inom denna riskutredning.

## Helikoptertrafik

På sjukhuset kommer det att finnas en helikopterflygplats som är avsedd för ambulanshelikoptrar. Risker till följd av flygtrafik på helikopterflygplats och i samband med flygrörelser redovisas i Riskbedömning för helikopterflygplats Växjö kommun [16]. I denna bedöms antalet flygrörelser uppgå till 730 per år.

## Cisterner

Inom sjukhusområdet kommer cisterner för flytande oxygen (LOX) att uppföras. Utformningen av dessa cisterner och lossningsplats förutsätts följa de rekommendationer som redovisas i Säkerhetsnorm för medicinska gasanläggningar [17]. Trots att syrgas kan förvärra en brand klassas inte dessa som brandfarlig vätska.

Cisterner med brandfarlig vara kommer att behövas för t ex reservkraft. Dessa kommer sannolikt att lokaliseras inomhus i försörjningscentralerna och behöver därmed inte redovisas specifikt i detaljplanen. All denna hantering förutsätts komma att uppfylla Lag (2010:1011) om hantering av brandfarlig och explosiv vara.

Konsekvensen vid eventuella olyckor med dessa cisterner bedöms inte bli så omfattande att detaljplanen behöver reglera detta specifikt. Dessa cisterner kommer även att hanteras i byggskedet. Genom att uppfylla regelverket ovan bedöms acceptabel risknivå avseende påverkan på omgivningen säkerställd. Dessa risker kommer ej att hanteras vidare i denna riskutredning utan anses kunna avskrivas i detaljplaneskedet.

Det är dock viktigt att cisternerna skyddas mot olyckor i omgivningen eftersom dessa har en samhällsviktig funktion. Detta arbete förutsätts hanteras mer specifikt i utformningen av ett robust sjukhus.

## 5.2 Möjliga olycksscenarier och oönskade händelser

Enligt ovan genomförda riskidentifiering framgår att de olycksscenarier och oönskade händelser som kan resultera i att tredjeman kan omkomma är olyckor kopplade till en eventuell olycka kan ske vid transport av farligt gods på antingen väg 23 eller på kust till kust-banan, industriverksamheten samt helikoptertrafiken.

Farligt gods-transporter delas in i nio olika klasser beroende på godsets primära riskkälla. Vid transporter på väg gäller ADR bestämmelserna och på järnväg gäller RID bestämmelserna. Dock är klassificeringen av det farliga godset desamma för både ADR och RID bestämmelserna.

Det är inte alla klasser som kan resultera i ett eventuellt olycksscenario där tredjeman riskerar att omkomma. Det är därför extra viktigt att bedöma fördelningen mellan de olika ADR/RID-klasserna bland det transporterade farligt godset. Fördelningen mellan de olika ADR/RID-klasserna som har använts i beräkningarna redovisas i Tabell 3 och Tabell 4 nedan med efterföljande text angående andel av transporter som utgör transporter med farligt gods.

Tabell 3. Fördelningen mellan de olika ADR-klasserna för aktuell sträcka, baserat på tidigare genomförd riskutredning [18].

ADR-klass		Fördelning (%)
1	Explosiva ämnen och föremål	0,32 %
2.1	Brandfarliga gaser	6,73 %
2.3	Giftiga gaser	0,04 %
3	Brandfarliga vätskor	47,32 %
4	Brandfarliga fasta ämnen	0 %
5.1	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,62 %
6.1	Giftiga ämnen	0 %
6.2	Smittsamma ämnen	0 %
7	Radioaktiva ämnen	0 %
8	Frätande ämnen	0 %
9	Övriga farliga ämnen	42,97 %

Andelen fordon skyltade med farligt gods har i beräkningarna utgjort 2,5 % baserat på tidigare genomförd riskutredning [18].



Tabell 4. Fördelningen mellan de olika RID-klasserna för aktuell sträcka, baserat på tidigare genomförd riskutredning [19].

<b>RID-klass</b>	<b>Fördelning (%)</b>
1 Explosiva ämnen och föremål	0 %
2.1 Brandfarliga gaser	17,3 %
2.3 Giftiga gaser	8,7 %
3 Brandfarliga vätskor	37 %
4 Brandfarliga fasta ämnen	0 %
5.1 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	37 %
6.1 Giftiga ämnen	0 %
6.2 Smittsamma ämnen	0 %
7 Radioaktiva ämnen	0 %
8 Frätande ämnen	0 %
9 Övriga farliga ämnen	0 %

Andelen vagnar lastade med farligt gods har i beräkningarna utgjort 1,9 % baserat på tidigare genomförd riskutredning [19].

Vilka olycksscenarioer som kan uppstå och hur omfattande de beräknade konsekvenserna kan bli skiljer sig åt avsevärt mellan de olika ADR/RID-klasserna. Nedan i Tabell 5 redovisas vilka olycksscenarioer som har bedömts kunna uppstå vid en eventuell olycka med de olika ADR/RID-klasserna samt en beskrivning av ett exempel på en konsekvens av en eventuell olycka med respektive ADR/RID-klass.

Tabell 5. Klassindelning över farliga ämnen samt vad de skulle kunna ge upphov till för konsekvenser [12].

ADR/RID-klass	Skadehändelse				Exempel på konsekvens vid olycka
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrigt	
1 Explosiva ämnen och föremål	x				Övertryck som kan skada eller radera byggnader. Kan även ge upphov till splitter och skada på människor kan ske antingen genom direkt påverkan av tryckvågen eller sekundärt till följd av uppkomna projektiler till följd av splittret.
2 Gaser	x	x	x		<p><i>Brännbara gaser (ADR/RID-klass 2.1)</i></p> <p>Värmestrålning genom jetflamma, BLEVE, brännbart gasmoln eller gasmolnsexplosion. Påverka människor och egendom till följd av värmestrålning.</p> <p><i>Giftiga gaser (ADR/RID-klass 2.3)</i></p> <p>Toxiska effekter genom giftiga gasmoln som kan påverka miljö och människor.</p>

ADR/RID- klass	Skadehändelse				Exempel på konsekvens vid olycka
	<i>Explosion</i>	<i>Brand</i>	<i>Förgiftning</i>	<i>Övrigt</i>	
3 Brandfarliga vätskor	x	x	x		Värmestrålning till följd av pölbrand, och vid vissa väderförhållanden även till följd av gasmolnsbrand, som kan påverka människor och egendom.
4 Brandfarliga fasta ämnen		x			Värmestrålning genom brand i materialet som kan påverka människor och egendom lokalt med korta konsekvensavstånd.
5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	x	x			Värmestrålning genom brand i materialet som kan påverka människor och egendom. Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen som exempelvis organiska material (oljor eller drivmedel).  Reaktionen mellan ämnena kan leda till brand och/eller explosion med tryck- och värmestrålningsskador som följd.
6 Giftiga ämnen			x		Toxiska effekter på miljö och människa med korta konsekvensavstånd.

ADR/RID-klass	Skadehändelse				Exempel på konsekvens vid olycka
	<i>Explosion</i>	<i>Brand</i>	<i>Förgiftning</i>	<i>Övrigt</i>	
7 Radioaktiva ämnen			x	x	Strålskada på miljö, människa och egendom med korta konsekvensavstånd.
8 Frätande ämnen				x	Frätskador på egendom och människor med korta konsekvensavstånd.
9 Övriga farliga ämnen och föremål				x	Konsekvenser är generellt begränsade till vägens närområde.

Att döma av Tabell 5 ovan är det farligt gods som transporteras inom ADR/RID-klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som förväntas leda till dödliga konsekvenser på tredjeman bortom en eventuell olyckas direkta närområden. Risken förknippad med transport av dessa varor kommer därför att utredas närmare. Detaljerade indata samt beräkningar redovisas i Bilaga A och B.

Övriga ADR/RID-klasser transporteras antingen i en begränsad mängd eller har ett begränsat konsekvensområde så att en eventuell olycka inte har bedömts kunna resultera i olycksscenarioer med en konsekvens utanför det direkta närområdet kring en eventuell olycksplats. Detta medför att tredjeman ej har bedömts kunna omkomma till följd av dessa olycksscenarioer, varpå dessa övriga ADR/RID-klasser ej har beaktats vidare i denna riskutredning. För vidare argumentation till varför vissa farligt gods-klasser inte har beaktats vidare i denna riskutredning redovisas i Bilaga C.

### Stora Räppevägen

Enligt besked från Värends Räddningstjänst [20] kan det förekomma transport av explosiv vara. I kontakt med berörda verksamheter bedöms det maximalt förekomma transporter med 800 kg per transport. Enligt Tabell 16 framgår att kritiskt tryck vid en explosion med 1000 kg uppgår till 45 m. Det kan dock inte uteslutas att impulslasten från en sådan olycka kan medföra att t ex fönster krossas på längre avstånd än så. Sannolikheten för denna specifika olycka har ej beräknats men bedöms vara förhållandevis låg.

## Helikoptertrafiken

Flertalet scenarier kan leda till en helikoptero olycka som kan vara kopplade till störningar/krasch vid inflygning/start, fel i standardiserad procedur/ mänskliga fel, bränslespill på helikopterplatta som antänder. Samtliga dessa scenarier kan direkt eller indirekt leda till personskada för helikoptertrafikanter eller för människor som vistas i anslutning till flyggrutternas, t ex personal och patienter inom sjukhusbyggnaden.

## 6 Riskuppskattning och värdering

Nedan redogörs för de sannolikhets- och konsekvensberäkningar som gjorts i denna riskutredning. Tillvägagångssätt för de genomförda beräkningarna samt genomförda antaganden i detalj finns dokumenterat och kan lämnas ut på begäran. De beräknade individ- och samhällsrisknivåerna har beräknats i en Excel-baserad beräkningsmodell.

### 6.1 Resultat

I detta avsnitt redovisas den beräknade individrisken och samhällsriskerna för det aktuella området.

Frekvensen för ett beaktat olycksscenario har för vägen<sup>5</sup> beräknats till cirka  $2,4 \times 10^{-3}$ , vilket motsvarar en olycka på cirka vart 415 år. Motsvarande frekvens för järnvägen<sup>6</sup> har beräknats till cirka  $6,1 \times 10^{-5}$ , vilket motsvarar en olycka på cirka vart 16 300 år. Frekvensen att dessa olycksscenarioer ska medföra dödligt utfall är betydligt lägre.

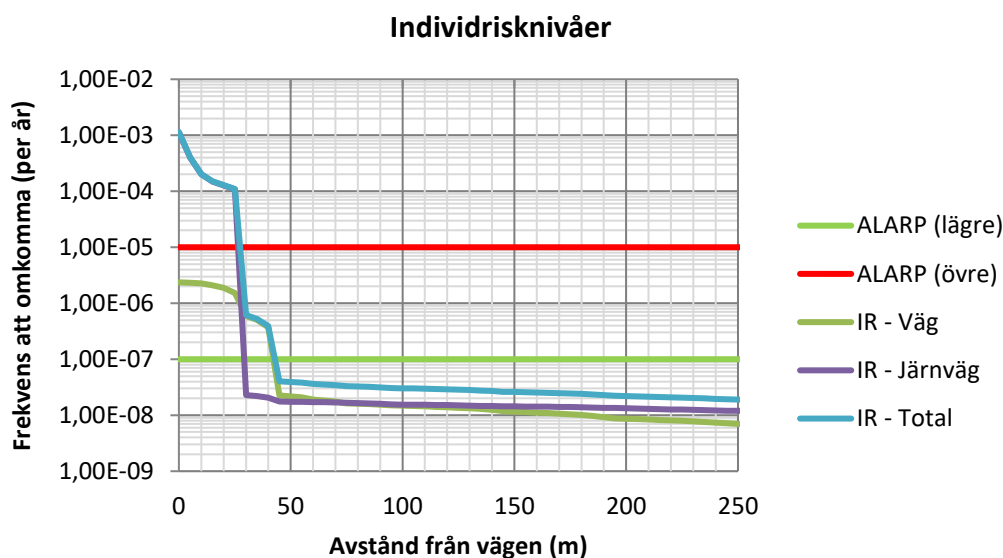
---

<sup>5</sup> Vilket omfattar farligt gods-olyckor på vägen.

<sup>6</sup> Vilket omfattar farligt gods-olyckor samt urspårning på järnvägen.

## Individrisk

Nedan i Figur 15 redovisas den beräknade individrisken för det aktuella området till följd av de beaktade riskkällorna.



Figur 15. Individrisken för det aktuella området.

Den totala individrisknivån för det aktuella området till följd av de beaktade riskkällorna ligger inom acceptabla nivåer bortom 45 meter från både väg 23 och kust till kust-banan, inom ALARP-området för de 30 till 45 närmsta metrarna, och på oacceptabla nivåer för de 30 närmsta metrarna.

Jämförs individrisknivån för väg 23 och Kust till kust-banan med den sammanräknade totala individrisknivån framgår att järnvägen står för det huvudsakliga riskbidraget för de 30 närmsta metrarna medan vägen står för det huvudsakliga riskbidraget för området mellan de närmsta 30 till 45 metrarna. Efter de närmsta 45 metrarna bidrar både vägen och järnvägen i ungefär lika stor omfattning.

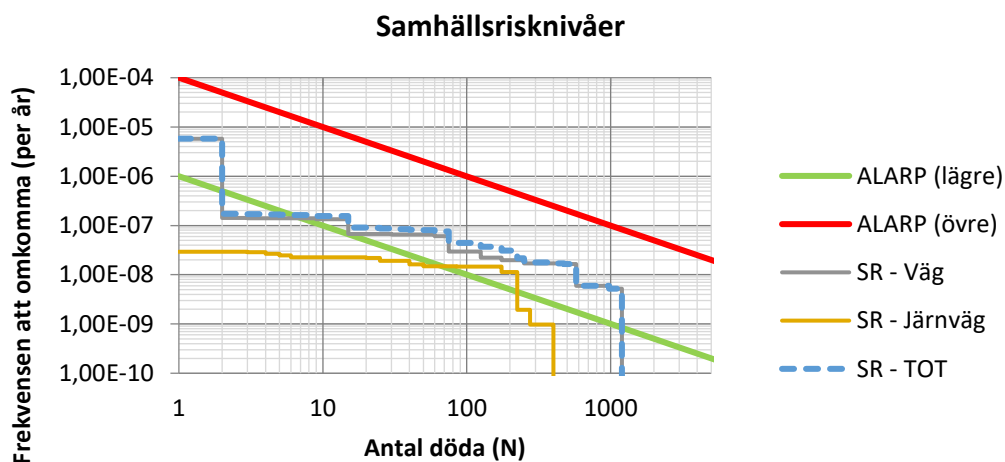
De olycksscenarioer som bidrar mest till den totala förhöjda individrisknivån utgörs för de 30 metrarna närmast transportlederna av urspårningar från järnvägen. Mellan 30 och 45 meter från transportlederna utgörs den förhöjda individrisknivån till största delen av olycksscenarioer med transport av brandfarliga vätskor från vägen. Bortom 45 meter är det enbart olycksscenarioer med gaser och explosiva ämnen som bidrar till den förhöjda individrisknivån från både vägen och järnvägen, där olycksscenarioer med gaser står för majoriteten av bidraget.

Resultatet av individriskberäkningarna bedöms även kunna användas för att föra resonemang om behovet av skyddsåtgärder för samhällsviktiga funktioner som t ex oxygentankarna samt försörjningscentraler.

Enligt Riskbedömning för helikopterflygplats Växjö kommun [16] beräknas frekvensen för att en olycka med dödlig utgång ska inträffa till 1,1 E-04 vilket kan antas utgöra ett mått på individrisken kopplat till helikopterflygplatsen och i samband med trafikrörelser inom sjukhusområdet. Denna risk är inte möjlig att redovisa i individriskprofilen ovan eftersom den inte är begränsad av vägens- och järnvägens sträckning. Ur riskhänseende är individrisken för helikoptertrafiken vara förhållandevis hög. Det bästa sättet att reducera denna risk är att inte lokalisera någon helikopterflygplats inom sjukhusområdet. Eventuellt skulle risknivån kunna reduceras något om inte helikopterflygplatsen lokaliserades på sjukhusbyggnadens tak. Dessa åtgärder får ställas mot patientsäkerheten och närheten till vårdverksamheten och då konstateras att fler liv kan räddas på grund av att lokalisera helikopterflygplatsen i omedelbar närhet, på taket, ovanför vårdverksamheten i jämförelse med att människor kan omkomma till följd av helikopterolyckor på grund av förhållandevis låg sannolikhet. För att reducera konsekvensen att en helikopter kolliderar med sjukhusbyggnaden bör helikopterflygplatsen lokaliseras i ett hörn av sjukhusbyggnaden.

### Samhällsrisk

Nedan i Figur 16 redovisas den beräknade samhällsrisken för det aktuella området till följd av de beaktade riskkällorna.



Figur 16. Samhällsrisken för det aktuella området.

Den totala samhällsrisknivån för det aktuella området till följd av de beaktade riskkällorna ligger inom ALARP-området och skäligen riskreducerande åtgärder ska vidtas.

De beräkningsmodeller som används i riskbedömningen för helikopterflygplatsen redovisar inte mer specifikt hur många personer som skulle kunna omkomma vid en specifik olycka. Detta medför att det inte är möjligt att redovisa någon samhällsrisk.



## 6.2 Sammanfattning av riskuppskattning och värdering

Den beräknade individrisken är acceptabel 45 m från vägen och 30 m från järnvägen.

Samhällsrisken är inom ALARP-området och förhållandevis hög avseende olyckor med större konsekvenser. Riskreducerande åtgärder ska därmed vidtas i skälig omfattning.

I Figur 16 kan man utläsa att det finns scenarier som kan ge konsekvenser med över 1000 döda personer t ex utsläpp av giftig gas och BLEVE. För att helt undvika sådana konsekvenser behöver sjukhuset lokaliseras på en annan plats där längre skyddsavstånd till transportleder med farligt gods kan erhållas. Med tanke på att sannolikheten för dessa stora olyckor är förhållandevis låg kan det finnas andra intressen som motiverar den föreslagna lokaliseringen och att riskhänsyn i så fall får bli underordnad dessa intressen. Det är ytterst ett politiskt beslut och denna riskutredning har i denna sammanvägning haft syftet att redovisa aktuell risknivå.

## 7 Rekommenderade riskreducerande åtgärder

Rekommenderade riskreducerande åtgärder har identifierats främst med utgångspunkt från det aktuella områdets topologiska och geografiska förutsättningar och egenskaper samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [21].

### 7.1 Olika former av riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensreducerande. I samband med fysisk planering tillämpas plan- och bygglagen vilket gör det svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder. Detta eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför det aktuella området eller regleras utifrån andra lagstiftningar. De riskreducerande åtgärderna som rekommenderas kommer i och med detta främst vara konsekvensreducerande.

### 7.2 Rekommenderade riskreducerande åtgärder

Med motivering av att risknivån ligger inom ALARP-området har bedömningen varit att nedanstående rekommendationer på riskreducerande åtgärder både erfordras och har ansetts skäligen. Detta utifrån både åtgärdernas praktiska genomförbarhet samt dess kostnad i förhållande till dess riskreduktion. Denna bedömning bygger på erfarenhet från tidigare genomförda liknande riskutredningar samt branschpraxis.

#### Säkerhetsavstånd

Med ett säkerhetsavstånd om 45 meter från både väg 23 samt kust till kust-banan medför att den totala individrisken ligger på acceptabla nivåer och har därför ansetts vara skäligt att vidta. Detta innebär att inga byggnader, eller annan markanvändning, får finnas inom området som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Öppen parkering på marknivå, gång- och cykelbanor, eller liknande där vistelsen är att bedöma som tillfällig accepteras dock.

Det finns olyckor med t ex brandfarlig gas som kan påverka den känsliga vårdverksamheten vilket motiverar längre säkerhetsavstånd. Sweco anser att ett säkerhetsavstånd motsvarande 100 m mellan den känsliga vårdverksamheten och respektive transportled för farligt gods är skäligt.

För att inte begränsa industriverksamhet i nordvästra delen av planområdet föreslås ett säkerhetsavstånd om 25 m från industriverksamhetens fastighetsgräns.

#### Brandtekniskt avskild fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster och dörrar som vetter mot transportlederna för farligt gods utförs i brandteknisk klass EI60 samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. Denna åtgärd anses skälig att vidta om markanvändning D (Vård) blir aktuell inom 100 m från transportled med farligt gods.

Fasader utförda i brandteknisk klass EI60 ska förhindra brandspridning genom väggen under en viss tid. Med tanke på den känsliga vårdverksamheten bör skyddsåtgärdens funktion uppnås under 60 minuter.

Brandklassade fönster öppnas endast med nyckel och förväntas vara stängt utom vid rengöring och underhåll.

Åtgärden bedöms skydda mot strålningspåverkan och kan i viss mån skydda mot gasolnsexplosion, jetflamma och BLEVE.

#### Placering av friskluftsintag och nödstopp

Friskluftsintag ska placeras på den fasad som vetter bort från både väg 23 och kust till kust-banan alternativt på tak på så långt avstånd från farligt godslederna som möjligt. Syftet med åtgärden är att hindra brandgas/brandrök samt utläckt giftig och brandfarlig gas vid en eventuell farligt gods-olycka från att spridas in i byggnaden.

Ventilationen ska vara utformad med ett centralt nödstopp för att möjliggöra snabb avstängning av ventilationen vid en eventuell farligt gods-olycka på någon av transportlederna.

#### Separationsåtgärd längs delar av väg 23

I och med att det föreligger en viss nivåskillnad mellan transportlederna för farligt gods och det aktuella området föreligger en risk för att eventuellt utspillt farligt gods kan rinna längs med marken mot det aktuella området och på så sätt förvärra en konsekvens inom det aktuella området.

Beroende på topografin kan separationsåtgärder därmed behöva genomföras framför allt för vägen. Genom att placera ett räcke eller en betongbarriär som är dimensionerad för att hindra en tankbil att lämna vägområdet, bedöms risken att en tankbil hamnar nedanför slänten hanterad. Risken att brandfarlig vätska rinner nedför slänten mot sjukhusbebyggelsen kvarstår dock. Genom att uppföra en tät betongbarriär längs vägen bedöms denna risk kunna reduceras. Problemet är att en sådan åtgärd sannolikt inte kan regleras i detaljplanen utan denna åtgärd behöver utföras av ansvarig för vägområdet. Om en sådan åtgärd inte är möjlig behöver en vall eller tät mur placeras inom planområdet för att stoppa rinnande brandfarlig vätska. Säkerhetsavståndet på 45 m behöver därmed beräknas från denna barriär.

#### Riskreducerande åtgärder kopplade till helikoptertrafiken

Annan lagstiftning än PBL reglerar ambulanshelikoptertrafiken över sjukhusbyggnaden t ex vad gäller fasta hinder och åtgärder på helikopterflygplatsen. För att reducera den förhållandevis höga risknivån är det lämpligt att helikopterflygplatsen placeras så att helikoptertrafiken ovanför sjukhusbyggnaden minimeras. Att genomföra specifika byggnadstekniska åtgärder som till exempel skydd mot flygande vrakdelar och brand i flygbränsle kan bli aktuellt vid helikopterflygplatsen. Dessa åtgärder bedöms dock inte

vara möjliga att reglera i detaljplanen men väl i bygglovsprocessen samt tillståndsprövningar.

### 7.3 Åtgärder som ej har ansetts lämpliga att reglera i detaljplan

#### Skydd mot impulslaster

Genom att förstärka stomme och/eller fasad kan viss tryckpåverkan vid explosion, splitter eller krafter från avåkta fordon eller urspårade tåg tas upp utan att bygganden rasar eller fortskridande ras inträffar. De dimensionerande lasterna vid explosion blir dock i många fall så stora att omfattning av nödvändiga förstärkningsåtgärder innebär stora kostnader och även begränsar användning av bebyggelsen att de inte anses motiverade med hänsyn taget till den begränsade sannolikheten.

#### Disposition av byggnad och område

Entréer och/eller utrymningsvägar får vara riktade mot riskkällan men det ska finnas utrymningsvägar i motsatt riktning bort från väg 23 och kust till kust-banan. Denna åtgärd bedöms medföra att människor ges möjligheten till utrymning utan att bli exponerade samt kunna ta skydd bakom byggnaden när de utrymmer. Då byggnaden är så stor samtidigt som den har invändiga korridorer kommer det i praktiken innebära att möjlighet utrymning på säker sida medges. Denna åtgärd anses därför inte behöva regleras i planbestämmelserna. Återsamlingsplatser ska placeras på sådant sätt att de skyddas i möjligaste mån av byggnad/byggnader från en eventuell olycka på någon av transportlederna.

Det anses inte vara praktiskt genomförbart att disponera sjukhusbyggnaden så att vårdverksamhet endast lokaliseras i utrymmen som ej vetter mot transportlederna för farligt gods.

### 7.4 Förslag till planbestämmelser

Nedan följer förslag på formuleringar som kan användas som planbestämmelser ur riskhänseende:

- Avstånd mellan transportlederna för farligt gods och byggnad för stadigvarande vistelse ska vara minst 45 meter.
- Markanvändning Vård (D) ska placeras med ett skyddsavstånd på 100 m från transportled med farligt gods. Om del av vårdbyggnad placeras närmre än 100 m ska fasader inkl dörrar och fönster som vetter mot transportled med farligt gods utföras brandtekniskt avskild i EI60.
- Teknikbyggnader och parkering kan accepteras inom 45 meter givet skydd mot påkörning och brand.

- Separationsåtgärder längs med transportlederna för farligt gods ska vidtas så att brandfarlig vätska inte kan rinna mot planområdet. Skyddsavstånd enligt ovan ska beräknas utifrån placering av separationsåtgärd.
- Friskluftsintag ska placeras på den fasad som vetter bort, alternativt på tak på så långt avstånd som möjligt, från farligt godslederna. Samtliga friskluftsintag ska vara utformade med ett gemensamt nödstopp.
- Helikopterflygplatsen ska placeras så att flygrörelser över sjukhusbyggnaden minimeras.
- Ett säkerhetsavstånd på minst 25 m från industriverksamhetens fastighetsgräns ska hållas till planerad bebyggelse.

## 8 Slutsats

Både individ- och samhällsriskerna har beräknats vara förhöjda för det aktuella området. Utifrån beräkningarna behöver riskreducerande åtgärder beaktas och implementeras så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart bortom 45 meter från transportlederna. För de 45 metrarna närmst transportlederna krävs riskreducerande åtgärder oavsett dess praktiska- och/eller dess ekonomiska genomförbarhet.

Med motivering av att risknivån ligger inom ALARP-området har bedömningen varit att nedanstående rekommendationer på riskreducerande åtgärder både erfordras och har ansetts skäligena:

- Avstånd mellan transportlederna för farligt gods och byggnad för stadigvarande vistelse ska vara minst 45 meter.
- Markanvändning Vård (D) ska placeras med ett skyddsavstånd på 100 m från transportled med farligt gods. Om del av vårdbyggnad placeras närmre än 100 m ska fasader inkl dörrar och fönster som vetter mot transportled med farligt gods utföras brandtekniskt avskild i EI60.
- Teknikbyggnader kan accepteras inom 45 meter givet skydd mot påkörning och brand.
- Separationsåtgärder längs med transportlederna för farligt gods ska vidtas så att brandfarlig vätska inte kan rinna mot planområdet. Skyddsavstånd enligt ovan ska beräknas utifrån placering av separationsåtgärd.
- Friskluftsintag ska placeras på den fasad som vetter bort, alternativt på tak på så långt avstånd som möjligt, från farligt godslederna. Samtliga friskluftsintag ska vara utformade med ett gemensamt nödstopp.
- Helikopterflygplatsen ska placeras så att flygrörelser över sjukhusbyggnaden minimeras.
- Ett säkerhetsavstånd på minst 25 m från industriverksamhetens fastighetsgräns ska hållas till planerad bebyggelse.

Givet implementerandet av ovanstående rekommenderade riskreducerande åtgärder har bedömningen varit att risknivå, enligt ALARP-principen, har bedömts som acceptabel.

Det finns scenarier som kan ge konsekvenser med över 1000 döda personer. För att helt undvika sådana konsekvenser behöver sjukhuset lokaliseras på en annan plats där längre skyddsavstånd till transportleder med farligt gods kan erhållas. Med tanke på att sannolikheten för dessa stora olyckor är förhållandevis låg kan det finnas andra intressen som motiverar den föreslagna lokaliseringen och att riskhänsyn i så fall får bli underordnad dessa intressen. Det är ytterst ett politiskt beslut och denna riskutredning har i denna sammanvägning haft syftet att redovisa aktuell risknivå.

## 9 Referenser

- [1] G. Davidsson, L. Mett och M. Lindgren, "Värdering av risk: FoU rapport," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [2] Länsstyrelsen i Skånes län, "Riktlinjer för riskhänsyn vid samhällsplanering - Bebyggelse intill väg och järnväg med transport av farligt gods (Rapport 2007:06) (RIKTSAM)," Länsstyrelsen i Skånes län, SKåne län, 2007.
- [3] R. Hedenström och T. Lange, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [4] S. Fréden, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolycka som drabbar omgivningen (Rapport 2001:5)," Banverket, 2001.
- [5] Office of Emergency Management & Emergency Response Division, "ALOHA v. 5.4.2".
- [6] Google, "Google Maps," Google, 2020. [Online]. Available: <https://www.google.se/maps/@56.8808547,14.7464661,860m/data=!3m1!1e3>. [Använd 26 03 2020].
- [7] Trafikverket, "NVDB på webb," Trafikverket, 2019. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 26 03 2020].
- [8] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI," SMHI, [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=wind,stations=all>. [Använd 16 03 2020].
- [9] SWECO, "Uppdragspla," 2020.
- [10] Region Kronoberg, "PM Nuläge Centrallasarett Växjö," 2019.
- [11] Trafikverket, "Vägflödeskartan," Trafikverket, 25 05 2017. [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#>. [Använd 26 03 2020].
- [12] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2014-2040-2060," Trafikverket, Borlänge, 2018.
- [13] Trafikverket, "Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning," Trafikverket, 2019.
- [14] Alwex Räppe Betong, "Information erhållen via telefonsamtal," 2020-02-25 samt 2020-08-26.
- [15] Netherlands Aerospace Center (NLR), "An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport (NLR-CR-2019-445)," 2019.
- [16] B. Dahlgren, *Riskbedömning för helikopterflygplats Växjö kommun*, 2021.
- [17] S. T. k. 329, *Säkerhetsnorm för medicinska gasanläggningar, Handbok 370 utgåva 3*, 2014.

- [18] WSP, "Detaljerad riskbedömning för detaljplan - Öjaby 1:17 m.fl., Öjabymotet," WSP, Karlskrona, 2019.
- [19] WSP, "Detaljerad riskbedömning för detaljplan - Transport av farligt gods på järnväg," WSP, Stockholm, 2018.
- [20] E.-p. f. H. Svensson, *Värends räddningstjänst*, 2020-10-20.
- [21] C. Oscarsson, "Kartläggning av farligt godstransporter september 2006," Räddningsverket, 2006.
- [22] H. Linderstad och H. Ander, "Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transport av farligt gods," Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1997.
- [23] L. Helmersson, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg (VTI rapport Nr 3 387:4)," Banverket, 1994.
- [24] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, p. 234," 1993.
- [25] G. Nilsson, "Vägtransporter med farligt gods. Farligt gods i vägtrafikolyckor (VTI rapport 3 387:3," Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI), 1994.
- [26] K. Hedström, "ADR-S 2015," 2015.
- [27] K. Hedström, "RID-S 2015," 2015.
- [28] S. Fischer, R. Hertzberg, O. Jacobsson, K. Runn, P. Thaning och S. Winter, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker.," Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.
- [29] B. Andersson, "Introduktion till konsekvensberäkningar - Några förenklade typfall," Department of Fire Safty Engineering, Lund University, Lund, 1992.
- [30] Försvarsmakten, Krisberedskapsmyndigheten, och FOI, "Faktainsamling CBRN," 2008.



## Bilaga A – Sannolikhetsbedömningar

För att kunna uppskatta risknivån i det aktuella området måste en bedömning av sannolikheten för respektive olycksscenario göras. För olycksscenarioer med farligt gods genomförs denna bedömning mot bakgrund av två olycksfrekvensmodeller från Räddningsverket<sup>7</sup> [3] och från Banverket<sup>8</sup> [4]. Med hjälp av dessa modeller uppskattas sannolikheten för en eventuell olycka med ett utsläpp av farligt gods. Vad som sedan sker efter att utsläppet har uppstått beskrivs separat för respektive farlig godsklass.

### Olycka på väg

Olyckor på den aktuella vägsträckan med omedelbara dödliga konsekvenser på tredjeman inom det aktuella området har enbart bedömts kunna uppstå ifall en eventuell olycka på den aktuella vägsträckan involverar en transport med farligt gods. Övriga olycksscenarioer/skadehändelser har därmed ej ingått i beräkningarna för den aktuella vägsträckan.

### Farligt gods-olycka på väg

Nedanstående beräkningsmetodik har använts för att uppskatta sannolikheten för en farlig godsolycka [3].

$$P_{\text{olycka}} = N * W_{\text{ADR}} * Q * 10^{-6} * s * 365 * ((Y * X) + (1 - Y) * (2X - X^2)) * I_{\text{FG}} \quad \text{Ekvation 1}$$

där

$P_{\text{olycka}}$  = sannolikheten för en olycka med efterföljande utsläpp av farligt gods

$N$  = ÅDT (årsdygnsmedeltrafik)

$W_{\text{ADR}}$  = Andel för den specifika farliga godsklassen

$Q$  = olyckskvot (antal olyckor/miljon fordonskilometer)

$s$  = Sträcka (km)

$X$  = Andelen fordon skyltade med farligt gods

$Y$  = Andelen singelolyckor

365 = antal dagar på ett år

$I_{\text{FG}}$  = Index för farligt gods olycka

<sup>7</sup> Nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

<sup>8</sup> Nuvarande Trafikverket.

Tabell 6. Indata för sannolikhetsfördelningar

Indata	Värde	Kommentar
N	12 263	Prognostiserad årsdygnsmedeltrafik för år 2040 [11] [12].
$W_{ADR}$	-	Andel för respektive farlig godsklass, se Tabell 7 nedan.
Q	0,80	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 70 km/h inom tätort (stad) av vägtyp trafikled [3] [7].
s	0,5	Baserat på planområdets sträckning längs aktuell vägsträcka, längsta konsekvensavstånd, och naturliga barriärer enligt kartstudier.
X	0,025	Baserat på tidigare genomförd riskutredning [18].
Y	0,25	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 70 km/h inom tätort (stad) av vägtyp trafikled [3] [7].
$I_{FG}$	0,11	Motsvarar en vägsträcka med hastighetsbegränsning 70 km/h inom tätort (stad) av vägtyp trafikled [3] [7].

Tabell 7. Fördelningen mellan de olika ADR-klasserna för aktuell sträcka, baserat på tidigare genomförd riskutredning [18].

ADR-klass	Fördelning (%)
1 Explosiva ämnen och föremål	0,32 %
2.1 Brandfarliga gaser	6,73 %
2.3 Giftiga gaser	0,04 %
3 Brandfarliga vätskor	47,32 %
4 Brandfarliga fasta ämnen	0 %
5.1 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,62 %
6.1 Giftiga ämnen	0 %
6.2 Smittsamma ämnen	0 %
7 Radioaktiva ämnen	0 %
8 Frätande ämnen	0 %
9 Övriga farliga ämnen	42,97 %

Frekvensen för en eventuell farligt gods-olycka på den aktuella sträckan av vägen har beräknats till  $2,4 \cdot 10^{-3}$  per år. Vidare olyckshändelseförlopp för respektive ADR-klass redovisas senare i denna bilaga tillsammans med motsvarande RID-klass.

### Olycka på järnväg

Banverkets modell för skattning av olycksfrekvensen på järnväg utgår från följande tänkbara skadehändelser för att uppskatta olycksfrekvensen [4]:

- Urspåring

- Kollision i samband med urspårning
- Sammanstötning mellan tåg
- Bränder
- Plankorsningsolycka
- Olycka vid växling/rangering

Frekvensen beräknas för respektive skadehändelse, därefter adderas dessa för att uppskatta den totala olycksfrekvensen för det aktuella spårområdet. Under respektive följande underrubriker redovisas en beskrivning av respektive skadehändelse.

Om det olycksbådande tåget transporterar farligt gods finns risk för att en eventuell olycka utvecklas till en farligt gods-olycka. En farligt gods-olycka utgör således följdsценарier till i ovanstående punktlista redovisade skadehändelser.

#### Urspårning

Anledning till en urspårning har grovt bedömts bero på två olika typer av fel, antingen fel på fordon eller bana.

För att kunna bedöma den totala frekvensen för en urspårning behövs indata angående både fordon och järnvägsbanan. I Tabell 8 nedan redovisas indata för att beräkna urspårningsfrekvensen.

Tabell 8. Indata för att uppskatta urspårningsfrekvensen

Variabel	Värde
Andel vagnar per godståg som transporterar farligt gods	1,92 % [19]
Antal vagnaxlar per vagn	3
Antal växlar i sidospår	2 baserat på kartstudier
Antal växlar i tågspår	1 baserat på kartstudier
Spårkvalité	B
Hastighetsklass	KH
Antal godsvagnar som förväntas spåra ur vid olycka	3,5 [22]

Nedan i Tabell 9 redovisas de olycksscenarierna som kan leda till urspårning samt den förväntade urspårningsfrekvensen för den aktuella spårsträckan.

Tabell 9. Beräknad frekvens för respektive olycksscenario som kan leda till urspårning

Olycksscenario	Urspårningsfrekvens	Enhet
Rälsbrott	$6,08 \cdot 10^{-6}$	vagnaxelkm
Solkurva	$4,02 \cdot 10^{-4}$	spårkm
Spårlägesfel	$2,43 \cdot 10^{-5}$	vagnaxelkm
Växelfel	$3,77 \cdot 10^{-4}$	antal tågpassager
Vagnfel	$1,89 \cdot 10^{-4}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$2,43 \cdot 10^{-5}$	vagnaxelkm
Anna orsak	$2,71 \cdot 10^{-5}$	tågkm
Okänd orsak	$6,65 \cdot 10^{-5}$	tågkm
<b>Totalt</b>	<b><math>1,12 \cdot 10^{-3}</math></b>	

#### Kollision i samband med urspårning

Ett urspårat tåg riskerar att hamna inom det angränsande spårområdet och där igenom orsaka en kollision med ett annat tåg, vilket i sin tur kan riskera att resultera i en farligt gods olycka. Nedan redovisas hur beräkningarna har genomförts för att bedöma sannolikheten för en kollision med det urspårade tåget i samband med en urspårning.

$$P = (U \times K \times F \times N \times B / V) \times 4 \times 10^{-5}$$

**Ekvation 2**

där

P = Sannolikhet för kollision i samband med en urspårning.

U = Förväntat antal urspårningar per år.

K = Andelen av de beräknat antalet urspårningar som riskerar att hamna inom det fria utrymmet för det angränsande spårområdet. Detta har i beräkningarna motsvarats av urspårningarna som har avvikit med mer än en meter från spår.

F = Andel vagnar lastade med farligt gods.

N = Antal tåg som passerar i motsatt färdriktning.

B = Signalavstånd + reaktionssträcka + bromssträcka

V = Hastighet

Nedan i Tabell 10 redovisas de indata som har använts samt förväntat antal påkörningar i samband med urspårning.

Tabell 10. Indata och resultat vid beräkning av antalet påkörningar i samband med urspårning

Variabel	Värde
U	$1,12 \cdot 10^{-3}$ (Se beräkning i Tabell 9)
K	0,1 [4]
F	1,92 % [19]
N	0,16 per årsdygnsmedel [13]
B	12000 [2]
V	105 km/h
<b>Resultat (P)</b>	<b><math>9,36 \cdot 10^{-9}</math></b>

Sannolikheten för kollision med en godsvagn som transporterar farligt gods i samband med en urspårning är betydligt mindre än sannolikheten för en urspårning och har en marginell påverkan på risknivån. Dock riskerar olycksförloppet att förvärras avsevärt om detta inträffar.

#### Sammanstötning mellan tåg

Sannolikheten för sammanstötning mellan tåg har bedömts vara så låg att den inte är relevant i denna riskutredning [4].

#### Bränder

Bränder i tåg kan uppstå till följd av många olika olycksscenarioer/skadehändelser. Exempelvis kan bromsar på tåget fastna och ligger på permanent under färd och generera heta metallspån som kan resultera i brand antingen i tåget eller i spårområdet. Bedömningen har dock varit att dessa olycksscenarioer/skadehändelser inte kommer kunna leda till några omedelbara dödliga konsekvenser på tredjeman inom det aktuella området varpå dessa inte har ingått i beräkningarna.

### Plankorsningsolycka

Enligt kartstudier finns inga plankorsningar längs med den beaktade spårsträckan, varpå detta inte har ingått i beräkningarna.

### Växling- eller rangeringsolycka

Längs med den beaktade spårsträckan sker ingen växling eller rangering, varpå detta inte har ingått i beräkningarna.

### Farligt gods-olycka på järnväg

En farligt gods-olycka utgör möjliga följdscenarier till olyckor med tåg som transporterar farligt gods. Ingångsfrekvensen till en farligt gods-olycka utgör således av summan av de tidigare identifierade olycksscenarierna/skadehändelserna som har bedömts kunna ske på den aktuella beaktade spårsträckan. Andelen av samtliga godsvagnar som transporterar farligt gods har i beräkningarna varit 1,92 % [19]. Fördelningen mellan de olika RID-klasserna som har använts i beräkningarna framgår ur Tabell 11 här nedan.

Tabell 11. Fördelningen mellan de olika RID-klasserna för aktuell sträcka, baserat på tidigare genomförd riskutredning [19].

RID-klass	Fördelning (%)
1 Explosiva ämnen och föremål	0 %
2.1 Brandfarliga gaser	17,3 %
2.3 Giftiga gaser	8,7 %
3 Brandfarliga vätskor	37 %
4 Brandfarliga fasta ämnen	0 %
5.1 Oxiderande ämnen och organiska peroxider	37 %
6.1 Giftiga ämnen	0 %
6.2 Smittsamma ämnen	0 %
7 Radioaktiva ämnen	0 %
8 Frätande ämnen	0 %
9 Övriga farliga ämnen	0 %

Frekvensen för en eventuell farligt gods-olycka på den aktuella sträckan av järnvägen har beräknats till  $6 \cdot 10^{-5}$  per år. Vidare olyckshändelseförlopp för respektive RID-klass redovisas senare i denna bilaga tillsammans med motsvarande ADR-klass.

### Vidare olyckshändelseförlopp vid en farligt gods-olycka

Händelseförloppet vid ett eventuellt olycksscenario/skadehändelse som involverar farligt gods beror på vilken farligt gods-klass (ADR- eller RID-klass) som är involverad. I nedanstående underrubriker beskrivs de händelseförlopp som och indata som har använts vid beräkningarna för en farligt gods olycka för respektive farligt gods-klass (ADR- eller RID-klass).

Ur riskutredningen framgår att det enbart är farligt gods som transporteras inom ADR/RID-klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som förväntas kunna leda till dödliga konsekvenser på tredjeman bortom en eventuell olyckas direkta närområden. Se även Bilaga C – Farliga godsklasser som inte har bedömts i denna riskutredning.

Övriga ADR/RID-klasser transporteras antingen i en begränsad mängd eller har ett begränsat konsekvensområde så att en eventuell olycka inte har bedömts kunna resultera i olycksscenarioer med en konsekvens utanför det direkta närområdet kring en eventuell olycksplats. Detta medför att tredjeman ej har bedömts kunna omkomma till följd av dessa olycksscenarioer, varpå dessa övriga ADR/RID-klasser ej har beaktats vidare i denna bilaga.

#### Händelseförlopp vid utsläpp av explosiva ämnen – farligt gods-klass 1

Exempel på explosiva varor är ammunition, tårgas, krut, fyrverkerier och trotyl. Vid en antändning av explosiva varor uppstår en kraftig och kortvarig tryckvåg som kan skada människor och byggnader. Generellt klarar människor en tryckvåg bättre än en byggnad eller konstruktion. Människor kan dock skadas allvarligt av sekundära effekter så som exempelvis nedfallande eller kollapsande byggnadsdelar.

Det är endast så kallade massexplosiva varor (ADR-klass 1.1) som bedöms kunna skada människor allvarligt på längre avstånd (i storleksordningen mellan 10 - 110 meter) [22]. Massexplosiva varor är explosivämnen som har en benägenhet att explodera i sin helhet och därför åstadkomma stora skador. I denna riskutredning undersöks endast transporter med massexplosiva varor då endast dessa har bedömts kunna leda till permanenta eller dödliga skador på tredjeman.

På väg är det tillåtet att lasta upp till maximalt 16 ton explosivämnen. Det är dock mycket ovanligt med så stora laster då strikta samlastningsregler gäller för explosivämnen. I denna utredning bedöms 1 % av alla transporter på väg med explosivämnen vara lastade med maximalt tillåten last (16 ton) och alla övriga transporter vara lastade med max 1000 kg.

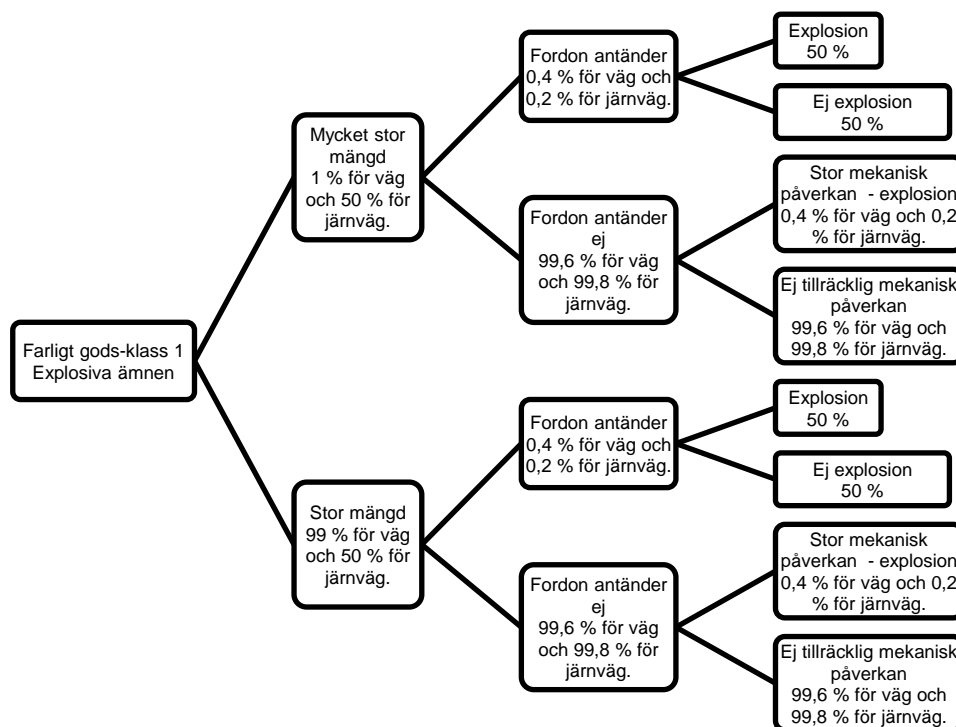
Det är även mycket ovanligt med stora laster av explosivämnen vid transport på järnväg. I denna utredning bedöms 50 % av alla transporter på järnväg med explosivämnen vara lastade med 1 ton och alla övriga transporter vara lastade med max 750 kg.

För att en explosion ska inträffa vid en olycka måste antingen en brand i fordonet uppstå och sprida sig till explosivämnet. Alternativt måste de mekaniska påkänningarna vid kollisionen vara tillräckligt stora och därigenom utlösa en detonation. Sannolikheten för att en brand uppstår efter en trafikolycka är relativt liten, för en vägolycka bedöms den vara ca 0,4 % och för järnvägsolycka 0,2 %. Av dessa bränder släcks sannolikt ett flertal bränder av föraren eller av räddningstjänsten innan branden hunnit påverka lasten. Hur stor andel bränder som faktiskt släcks är dock mycket osäkert då denna typ av statistik inte funnits tillgänglig under riskutredningen. Vid större transporter av explosivämnen (>1000 kg) måste varorna förvaras i brandklassade skåp för att minska sannolikheten för att utvändigt brand ska kunna påverka lasten. Detta innebär att även om en brand inte

släcks är sannolikheten låg för att branden ska kunna antända de explosiva varorna. Vidare kommer flertalet explosivämnen att kraftigt brinna istället för att detonera vid en brand. Sannolikheten för att en brand ska antända de explosiva varorna bedöms konservativt till 50 % vid både en väg- och en järnvägsolycka.

Med mekanisk påverkan på de explosiva varorna avses den stöt som uppstår vid en eventuell olycka. Hur stor stöt som krävs för att de explosiva varorna ska antända är oklart. Ett flertal explosiva varor kräver kollisionshastigheter som överstiger flera hundra m/s för att antända, vilket motsvarar jämförelsevis hastigheten hos en projektil avfyrat från ett vapen. Vidare är moderna lastbilar konstruerade med deformationszoner, vilka tar upp energi vid kollision och minskar påfrestningarna på lasten. Detta tyder på att en kollision sannolikt inte kan orsaka en antändning. Denna bedömning är dock förknippad med stora osäkerheter. En konservativ bedömning har därför varit att det är lika sannolikt med tillräckligt stor mekanisk påverkan vid en eventuell olycka som det är att det uppstår en brand vid olyckan, alltså 0,4 % för en vägolycka och 0,2 för järnvägsolycka.

Med hjälp av händelseträds metodik redovisas ett tänkbart händelseförlopp vid en farligt gods-olycka med explosiva varor för både väg och järnväg (Figur 17).



Figur 17. Händelseträd för farligt gods-klass 1 - explosivämnen.



## Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga gaser – farligt gods-klass 2.1

Ett utsläpp av brandfarliga gaser kan skada människor genom förgiftning, värmestrålning, och/eller tryckpåverkan om gasen skulle antända. Om ett utsläpp av brandfarlig gas inte antänder i direkt anslutning till olycka skulle ett drivande gasmoln kunna uppstå som sannolikt har toxiska effekter för människor. Ett sådant gasmoln skulle vara mycket lättantändligt då en brännbar blandning bildas tillsammans med syret i luften. Energin i ett fordon, en cigarett, eller ett gatljus skulle kunna antända gasmolnet. Detta innebär att ett gasmoln med tillräckligt hög koncentration för att förgifta människor sannolikt antänder och leder till brännskador långt innan allvarlig förgiftning uppstår. Människor förväntas därmed inte skadas allvarligt förrän läckage antänder. I denna riskutredning undersöks således endast strålningspåverkan på tredjeman inom det aktuella området.

Om ett utsläpp av brandfarlig gas antänds kan någon av följande olycksscenarier/skadehändelser inträffa. Gasen skulle kunna antända direkt efter utsläppet och ge upphov till jetflamma. Beroende på utsläppets storlek och trycket i det tryckkärl som gasen förvaras i kan jetflamman bli upp till ca 80 m. Jetflamman kan skada människor och egendom genom en direkt träff av jetflamman eller genom värmestrålningen från flamman.

Det andra scenariot är mycket osannolikt, men kan inträffa om två tryckkärl transporteras med samma fordon och tryckkärlens säkerhetsventil är ur funktion. Olycksscenario/ Skadehändelsen kallas BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) och kan inträffa om ett tryckkärl med kondenserad brandfarlig gas utsätts för extrem upphettning. Tryckkärlet förlorar då sin tryckbärande förmåga och briserar med ett stort eldklot som följd. Människor och egendom kan då skadas av värmestrålning och splitter eller stora kaststycken från exempelvis tryckkärlet. Denna händelse förväntas endas ske som en dominoeffekt av en jetflamma eller mycket kraftig fordonsbrand, som i sin tur hettar upp det lastade tryckkärlet.

Det tredje scenariot är gasmolnsbrand eller gasmolnsexplosion. Dessa skadehändelser kan inträffa om inte gasmolnet antänder direkt efter att utsläppet har inträffat. Då kan ett gasmoln bildas och driva iväg i vindriktningen och antända långt ifrån utsläppskällan. Vid en gasmolnsbrand bedöms endast allvarliga skador uppstå på de personer och byggnader som är inom molnet. Vid en gasmolnsexplosion kan en tryckvåg uppstå som skadar människor och byggnader utanför gasmolnet. För att en gasmolnsexplosion ska inträffa krävs dock mycket stora mängder gas i gasmolnet och gasen måste var väl omblandad med luft så att rätt koncentrationer uppstår mellan den utsläppta gasen och syret i luften. En gasmolnsexplosion bedöms därför som mycket osannolik och gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion hanteras därför i denna riskutredning under samma olycksscenarier/skadehändelser.

Skulle ett läckage uppstå så är konsekvenserna starkt beroende av utsläppets storlek. I denna riskutredning bedöms följande utsläppscenarier representativa för väg och järnväg, se Tabell 12 nedan.

Tabell 12. Utsläppscenarier för farliga godsolyckor på väg och järnväg med brandfarlig gas [3], [2], [23]. Sannolikheterna gäller givet en olycka med läckage av brandfarlig gas.

<b>Farlig gods-olycka på väg och järnväg</b>		
<b>Utsläppbeskrivning</b>	<b>Håldiameter (mm)</b>	<b>Sannolikhet</b>
Litet utsläpp	10	60 %
Medelstort utsläpp	30	20 %
Stort utsläpp	110	20 %

Vid ett läckage kan utsläppet antändas direkt, inte alls, eller så sker en fördröjd antändning. När eller om gasen antänds genererar en stor inverkan på konsekvensernas omfattning. Nedan i Tabell 13 följer de antändningsscenarioer som har beräknats med tillhörande sannolikheter.

Tabell 13. Antändningsscenarioer med tillhörande sannolikheter vid utsläpp av brandfarlig gas [24], [3], [23] för väg och järnväg.

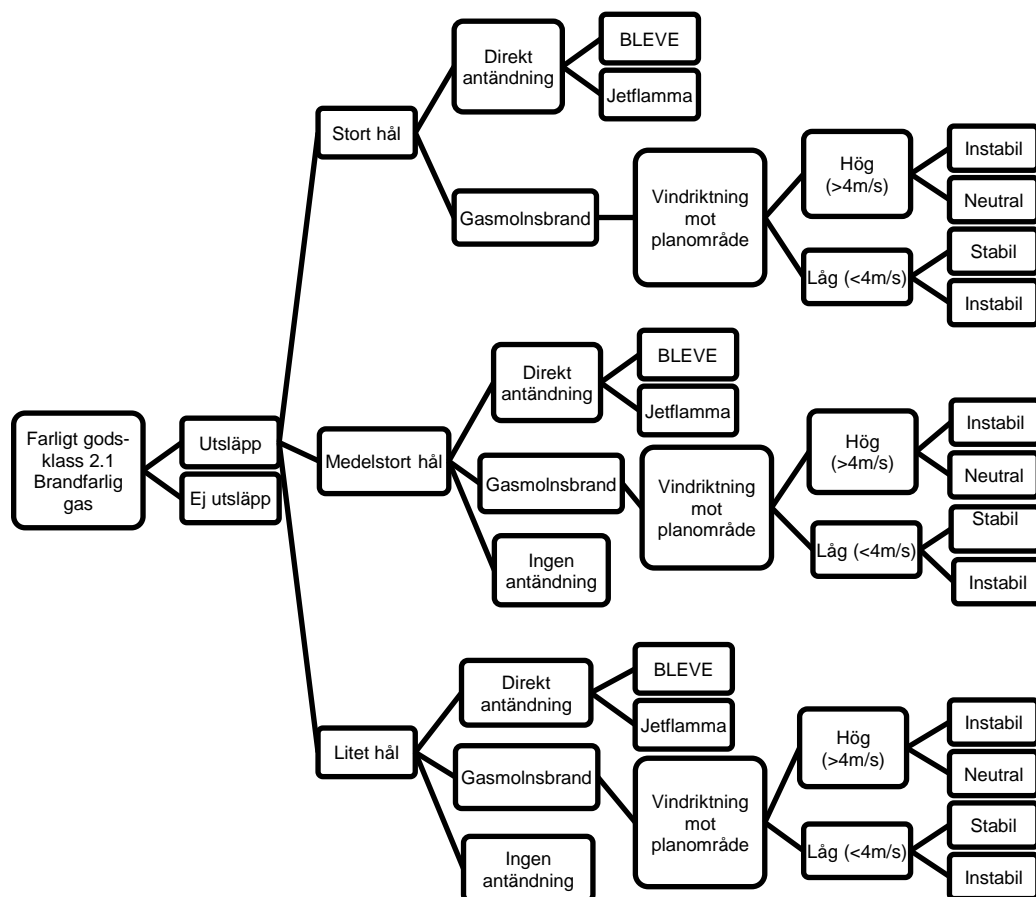
<b>Utsläpp JÄRNVÄG</b>	<b>Omedelbar antändning - Jetflamma</b>	<b>Fördröjd antändning – gasmolnsexplosion</b>	<b>Ingen antändning</b>
Litet utsläpp	10 %	50 %	40 %
Medelstort utsläpp	15 %	65 %	20 %
Stort utsläpp	20 %	80 %	0 %
<b>Utsläpp VÄG</b>	<b>Direkt antändning</b>	<b>Fördröjd antändning – gasmolnsexplosion</b>	<b>Ingen antändning</b>
Litet utsläpp	10 %	50 %	40 %
Medelstort utsläpp	15 %	65 %	20 %
Stort utsläpp	20 %	80 %	0 %

En BLEVE hanteras som en dominoeffekt av en jetflamma och bedöms konservativt inträffa i 1 % av de fall som en jetflamma uppstår för en farligt gods-olycka på både väg och järnväg.

Vindriktning mot det aktuella området har konservativt i beräkningarna bedömts råda i 100 % av fallen för olyckor på väg och 50 % för olyckorna på järnvägen. Hög vindhastighet (> 4 m/s) har bedömts råda i 50 % av fallen och instabilt väder har lika så bedömts råda i 50 % av fallen.

Givet en olycka som involverar farligt gods av klass 2.1 är sannolikheten för utsläpp  $0,11/30 = 0,37\%$  för olyckor på väg [3] och 1 % för olyckor på järnväg [24].

Händelseträdet i Figur 18 redovisar ett tänkbart händelseförlopp vid en farlig godsolycka med brandfarlig gas för väg och järnväg.



Figur 18. Händelseträd för farligt gods-klass 2.1 – Brandfarliga gaser.

### Händelseförlopp vid utsläpp av giftiga gaser – farligt gods-klass 2.3

Farlig gods-klass 2.3, giftiga gaser, kan ha en starkt toxisk effekt om människor exponeras för något av dessa ämnen. Konsekvenserna som uppstår vid ett utsläpp av giftig gas beror bland annat på läckagets storlek, gasens toxicitet, vind- och väderförhållanden och områdets topografiska förutsättningar.

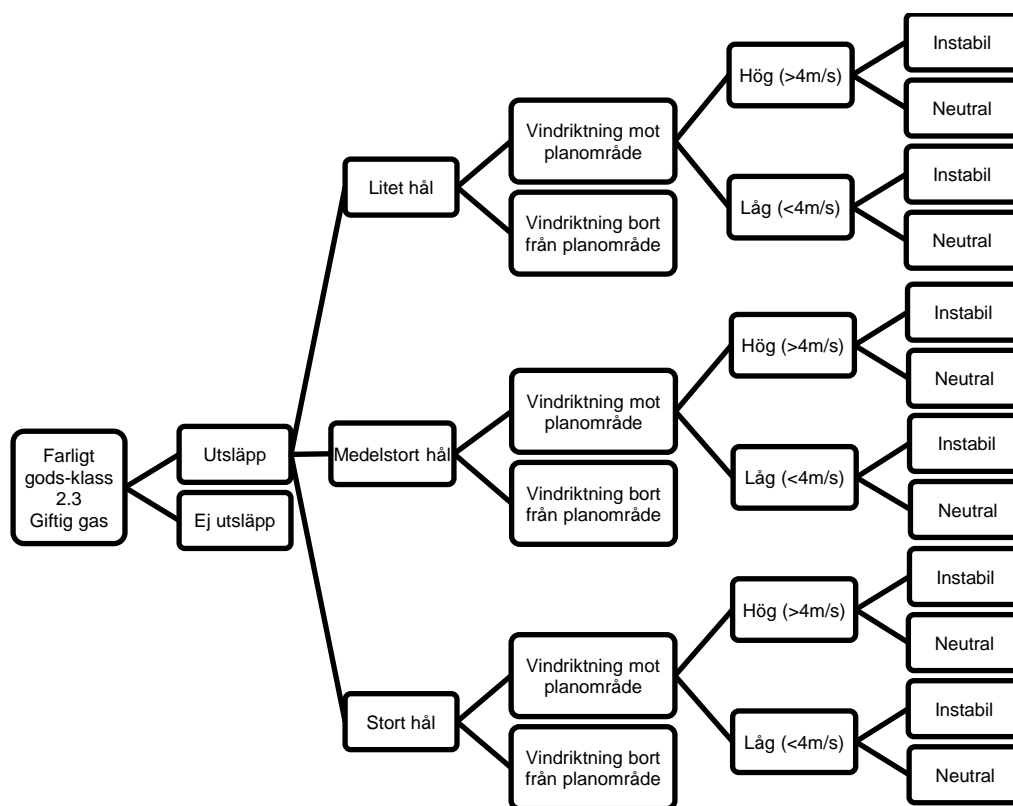
De vanligaste giftiga gaser med hög toxicitet som transporteras på svenska trafikleder är klor, ammoniak och svaveldioxid, där klor är den giftigaste av dem tidigare nämnda gaserna. På väg transporteras vanligen inte större mängder än 40 ton gas medan det på järnväg förekommer transporter uppemot 65 ton per vagn. De ovan beskrivna gaserna transporteras vanligen i tjockväggiga tryckkärl vilka klarar relativt stora påfrestningar vid en trafikolycka utan att punktering och utsläpp av gasen sker.

För väg representeras utsläppets storlek i denna riskutredning av ett litet (3 mm hål), medelstort (9 mm hål) och stort (31 mm hål) utsläpp [3] för väg. För järnväg däremot representeras i denna riskutredning hålets storlek av ett litet (10 mm hål), medelstort (30 mm hål) och stort (110 mm hål) utsläpp [2]. Givet en farlig gods-olycka (olycka och punktering av tryckkärl) med giftig gas bedöms sannolikheten för litet, medelstort och stort utsläpp vara: 0,6; 0,25; 0,15 [23] för en farligt gods-olycka på både väg och järnväg.

Vindriktning mot det aktuella området har konservativt i beräkningarna bedömts råda i 100 % av fallen för olyckor på väg och 50 % för olyckorna på järnvägen. Hög vindhastighet (> 4 m/s) har bedömts råda i 50 % av fallen och instabilt väder har lika så bedömts råda i 50 % av fallen.

Givet en olycka som involverar farligt gods av klass 2.3 är sannolikheten för utsläpp  $0,11/30 = 0,37\%$  för olyckor på väg [3] och 1 % för olyckor på järnväg [24].

Händelseträdet i Figur 19 redovisar ett tänkbart händelseförlopp vid en farlig godsolycka med giftig gas för väg och järnväg.



Figur 19. Händelseträd för farligt gods-klass 2.3 – Giftiga gaser.

### Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga vätskor – farligt gods-klass 3

Vid ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle människor i närheten av utsläppet kunna skadas allvarligt om utsläppet antänder. Några exempel på några vanligt förekommande brandfarliga vätskor är bensin, E85 (etanol), och diesel. De fysikaliska egenskaperna hos olika brandfarliga vätskor gör att de har olika stor benägenhet att antända, exempelvis antänder sannolikt bensin och E85 mycket enklare än diesel. Då transportfördelningen mellan olika brandfarliga vätskor är okänd behandlas samtliga transporter med brandfarliga vätskor som transporter med en lättantändlig vätska, vilket i beräkningarna har bedömts motsvara ämnet hexan.

Ett utsläpp av en brandfarlig vätska med efterföljande antändning, resulterar sannolikt i en pölbrand. Konsekvenserna för människor av denna händelse härleds främst till den värmestrålning som pölbranden ger upphov till. Dödliga skador bedöms osannolikt på ett avstånd om mer än 50 meter bort från en pölbrand, men kan ske längre från branden vid olyckliga omständigheter. Ett utsläpp av brandfarlig vätska skulle även kunna ge upphov till en gasmolnsbrand. Om ett stort utsläpp sker en varm dag och vätska är flyktig skulle ett ångmoln kunna bildas och driva iväg med vinden. Ångmolnet skulle kunna antändas och skada människor och byggnader bortom utsläppsplatsen. Denna händelse bedöms

dock som mycket osannolik och har i beräkningarna bedömts kunna ske i 1 % av fallen givet ett stort utsläpp [25] för både olyckor på väg och järnväg givet ett stort utsläpp av brandfarlig vätska. Nedan i Tabell 14 presenteras sannolikheten för olika utsläpp vid en farlig godsolycka med brandfarlig vätska på både väg och järnväg.

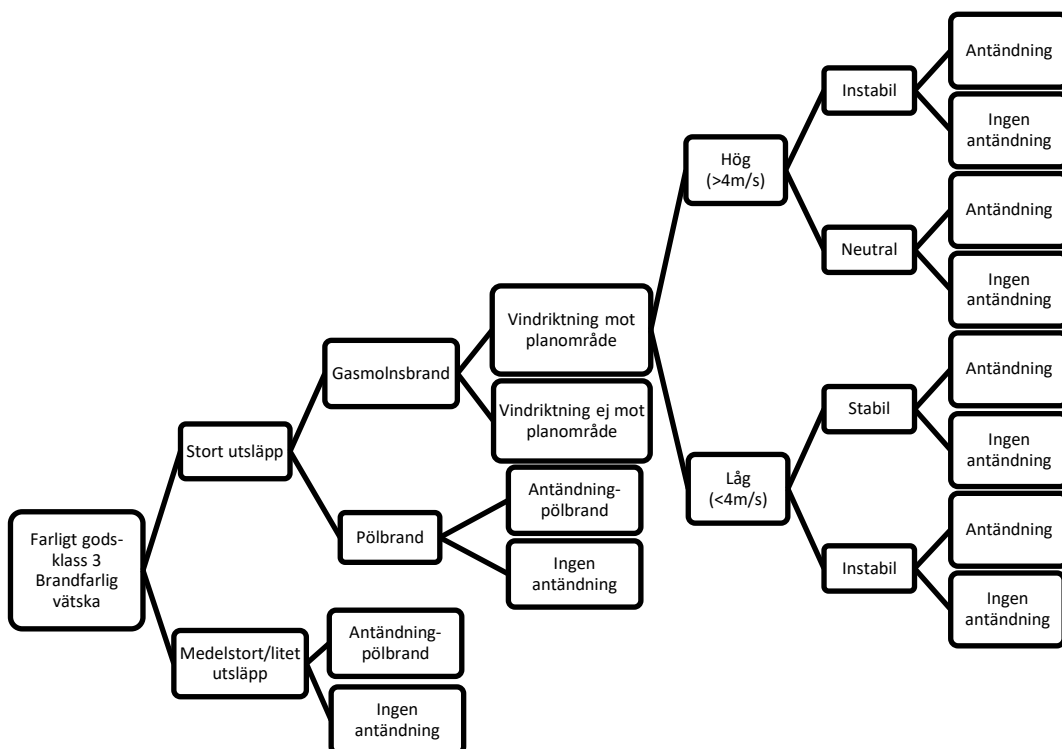
Tabell 14. Sannolikhet för utsläpp av brandfarlig vätska givet en farligt gods-olycka som involverar farligt gods-klass 3

<b>Farlig godsolycka på väg [25]</b>		
<b>Utsläppbeskrivning</b>	<b>Area [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Sannolikhet</b>
Medelstort/litet utsläpp	200	75 %
Stort utsläpp	400	25 %
<b>Farligt-godsolycka på järnväg [23]</b>		
<b>Utsläppbeskrivning</b>	<b>Area [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Sannolikhet</b>
Inget utsläpp	0	75 %
Medelstort utsläpp	200	25 %
Stort utsläpp	400	5 %

Sannolikheten för att den uppstådda pölen med den utläckta brandfarliga vätskan ska antända har vid en eventuell vägolycka antas vara 3 % [25] oberoende av hur stort utsläppet är. För en eventuell järnvägsolycka har sannolikheten dock istället varit 10 % vid ett medel/litet utsläpp och 30 % vid ett stort utsläpp. För ett gasmoln har bedömningen varit att sannolikheten för antändning uppgår till 50 %.

Vindriktning mot det aktuella området har konservativt i beräkningarna bedömts råda i 100 % av fallen för olyckor på väg och 50 % för olyckorna på järnvägen. Hög vindhastighet (> 4 m/s) har bedömts råda i 50 % av fallen och instabilt väder har lika så bedömts råda i 50 % av fallen.

Händelseträdet i Figur 20 redovisar ett tänkbart händelseförlopp vid en farlig godsolycka med brandfarlig vätska för väg och järnväg.



Figur 20. Händelseträd för farligt gods-klass 3 – Brandfarliga vätskor.

### Händelseförlopp vid utsläpp av oxiderande ämnen – farligt gods-klass 5

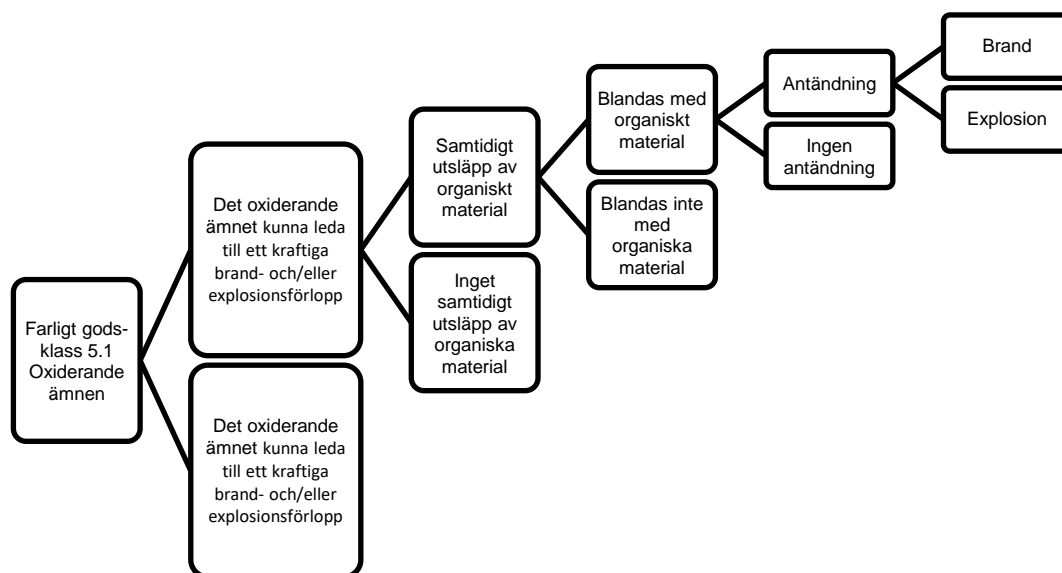
Ett utsläpp av ämnen som transporteras som farligt gods inom klass 5 leder i de flesta fall inte till några personskador. Skulle dock oxiderande ämnen komma i kontakt med organiska material så som exempelvis oljor och drivmedel skulle blandningen kunna självantända med ett explosionsartat brandförlopp som följd. Det explosionsartade händelseförloppet skulle kunna skada människor genom den tryckupbyggnad som uppstår eller till följd av den värmestrålning som uppstår.

De ämnen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid [26], [27]. Dessa ämnen har i beräkningarna bedömts utgöra 33 % av transportererna med farligt gods klass 5. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ämnet ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, för att minska reaktionsbenägenheten. Ammoniumnitrat har historiskt sett varit inblandat i olyckor med kraftiga bränder och explosioner. En stor del av de oxiderande ämnen som dock transporteras har bedömts kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material.

Bedömningen har varit att ämnen som transporteras som farligt gods inom klass 5 transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage antas därför vara densamma som för farligt gods som transporteras inom klass 3, se tidigare avsnitt Händelseförlopp vid utsläpp av brandfarliga vätskor – farligt gods-klass 3.

Vid en olycka på väg eller järnväg med oxiderande ämnen har det antagits att det samtidigt ske ett utsläpp av organiskt material i 10 % av fallen. Sannolikheten att det oxiderande ämnet sedan kommer i kontakt med det organiska materialet har antagits vara 25 %. Sannolikheten för att blandningen därefter ska antändas har bedömts vara 50 %. Ofta blandas en stabilisator in i det oxiderande ämnet vilken minskar reaktionsbenägenheten, därför bedöms det mer sannolikt att det uppstår en brand (90 %) än en explosion (10 %).

Händelseträdet i Figur 21 redovisar ett tänkbart händelseförlopp vid en farlig godsolycka med oxiderande ämnen för väg och järnväg.



Figur 21. Händelsetråd för farligt gods-klass 5.1 – Oxiderande ämnen.



## Bilaga B – Konsekvensbedömningar

För att kunna bestämma individ- och samhällsriskerna har konsekvensavstånden vid en olycka på väg och järnväg behövts beräknats. Nedan redovisas de skadekriterier och beräkningar som gjorts.

### Skadekriterier

Nedan redovisas de skadekriterier som använts för att bestämma vilka konsekvensavstånd som har bedömts kunna uppstå vid en olycka.

### Explosion

Vid en explosion kan människor skadas via direkta tryckskador eller via indirekta skador, som exempelvis splitter, nedfallande föremål, eller blir omkullkastad av tryckvågen. Generellt hanterar människor en tryckvåg bättre än en byggnad eller konstruktion, där speciellt fönster är känsliga. Detta innebär att personer i byggnader kan drabbas värre än personer som befinner sig utomhus. Gränsen för direkta dödliga tryckskador vid en explosion för oskyddade personer har satts till 180 kPa (1 % omkomna) och 260 kPa (50 % omkomna) [28]. Vid 70 kPa kan det uppstå allvarliga skador på oskyddade personer (lungskador) [28]. Byggnader skyddar dåligt mot explosioner och därför antas dödligheten för personer som befinner sig inomhus i konsekvensområdet vara mycket hög. För att ta hänsyn till att även indirekta skador (orsakade av splitter, nedfallande byggnadsdelar och andra föremål) kan vara dödliga sätts i denna utredning gränsen för dödliga skador vid 70 kPa inomhus och utomhus med ett konservativt antagande om att 100 % av de personer som befinner sig inom olyckssfären orsakad av en explosion omkommer.

### Värmestrålning

I denna riskutredning har avståndet för dödlig värmestrålning har satts till 15 kW/m<sup>2</sup>. I de fall ett gasmoln antänds bedöms de personer som vistas inom gasmolnet omkomma men inte personer utanför. Dödligheten för personer som befinner sig utomhus eller inomhus på olika avstånd från riskkällan och som befinner sig skyddade av omgivande faktorer som exempelvis av byggnader, vegetation, bilar och andra föremål har inte tagits hänsyn till. Detta för att illustrera en konservativ risknivå.

Som jämförelse kan anges att vid 15 kW/m<sup>2</sup> bedöms 1 % av utsatta personer omkomma efter 20 sekunder, 50 % efter 1 minut och 99 % efter 2 minuter [28].

Sannolikheten för dödsfall till följd av värmestrålning är beroende av exponeringstiden. I Tabell 15 presenteras de exponeringstider som krävs för att sannolikheten för dödsfall ska uppgå till 1 %, 50 % respektive 99 % vid olika infallande strålningsnivåer, hämtade från institutionen för Brandteknik vid Lunds Universitet [29].

Tabell 15. Exponeringstid vid olika strålningsnivåer och resulterande skadeutfall.

Strålning, kW/m <sup>2</sup>	Erforderlig exponeringstid för att ge viss andel dödsfall		
	1 %	50 %	99 %
1,6	500 s	1300 s	3200 s
4,0	150 s	370 s	930 s
12,5	30 s	80 s	200 s
37,5	8 s	20 s	50 s

Några längre exponeringstider bedöms ej vara relevanta då händelseförlopp som genererar värmestrålning antingen är kortlivade, exempelvis vid en BLEVE eller gasmolnsbrand, eller får människor att flytta sig bort från värmekällan, exempelvis vid en pölbrand eller jetflamma.

#### Förgiftning vid exponering för giftig gas

Vid ett utsläpp av giftiga gaser kan personer omkomma om de utsätts för höga koncentrationer av gasen. Vid konsekvensberäkningarna har svaveldioxid varit den dimensionerande gasen. Gränsen för dödliga skador har satts vid den koncentration som motsvarar LC50. Vid denna koncentration kan man förvänta sig att 50 % dör om de exponeras för gasen i mer än 30 min. I denna utredning har avståndet till denna koncentration satts som det avstånd där personer kan omkomma. Dödligheten för personer som befinner sig utomhus antas vara 50 %. Detta eftersom en stor del av dessa personer kan antas hinna sätta sig i säkerhet. Inomhus antas 10 % av den exponerade befolkningen omkomma.

- LC<sub>50</sub> för svaveldioxid är 750 ppm [30]
- LC<sub>50</sub> för klor är 250 ppm [30]

Svaveldioxid och klor är mycket giftiga gaser och att anta att samtliga gaser som transporteras på väg är svaveldioxidtransporter samt att samtliga på järnväg är klortransporter anses som ett konservativt antagande som mycket troligt leder till fler beräknat omkomna än om antalet istället hade beräknats utifrån giftighet för "genomsnittsgasen". Därutöver har bedömningen varit att det är konservativt att anta att personer utsätts för gasen i mer än 30 minuter.

#### Konsekvensberäkning för respektive farligt gods-klass

Nedan under följande underrubriker i detta avsnitt följer detaljerade redovisningar angående de konsekvensberäkningar som har genomförts inom denna riskutredning för

respektive farligt gods-klass som har beaktats. För de farligt gods-klasserna som inte har beaktats se Bilaga C – Farliga godsklasser som inte har bedömts i denna riskutredning.

Konsekvensberäkning för explosiva varor – farligt gods-klass 1

För att beräkna konsekvensavstånd vid explosioner har beräkningsmetodik från FOA - *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker* [28] använts.

Genom att räkna om massan av explosivämnet (TNT) till en ekvivalent mängd brännbar gas kan tryckupbyggnaden vid olika avstånd från explosionens centrum beräknas. I beräkningarna har antagandet varit att gasmolnet exploderar med detonationsklass 10 (vilket motsvarar den högsta klassen). Nedan redovisas beräkningsgången och resultat.

Massomvandlingsekvation<sup>9</sup>:

$$m_{metan} = \frac{m_{TNT} \times \Delta H_c(TNT)}{\Delta H_c(metan) \times X}$$

$m_{metan}$  = Massa metan som deltar i gasmolnsexplosionen

$m_{TNT}$  = Massan explosivämne (TNT)

$\Delta H_c(TNT)$  = Förbränningsvärme [ $1,2 \times 10^6 J/kg$ ]

$\Delta H_c(metan)$  = Förbränningsvärme [ $5,6 \times 10^7 J/kg$ ]

$X$  = Effektivitetsfaktor [0,2]

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum måste ett dimensionslöst avstånd och tryck bestämmas. Det dimensionslösa avståndet bestäms genom formeln nedan [28].

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

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

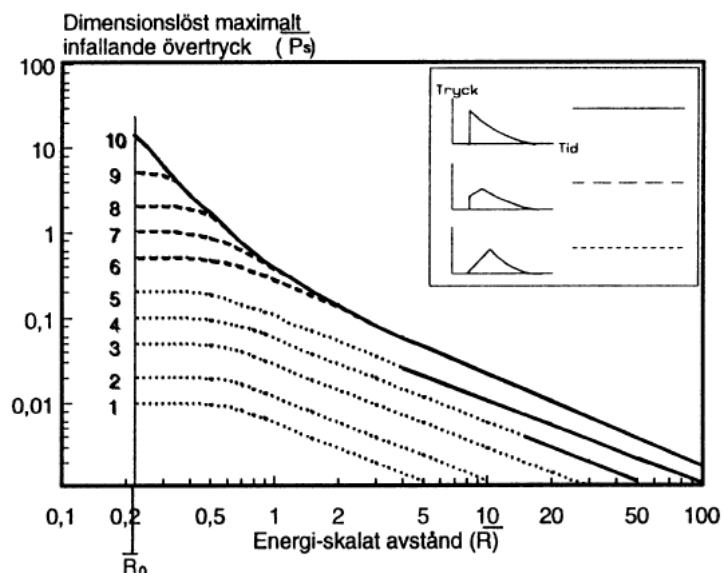
$R$  = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

$E$  = Energimängd i gasmolnet [J]

$P_0$  = Atmosfärstryck [Pa]

<sup>9</sup> TNT-Equivalency Method.

När det dimensionslösa avståndet är bestämt kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 22 nedan.



Figur 22. Bestämning av dimensionslöst tryck. I dessa beräkningar har detonationsklass 10 använts för att ligga på den konservativa sidan [28].

Då det dimensionslösa trycket är bestämt kan explosionstrycket bestämmas med hjälp av följande formel [28].

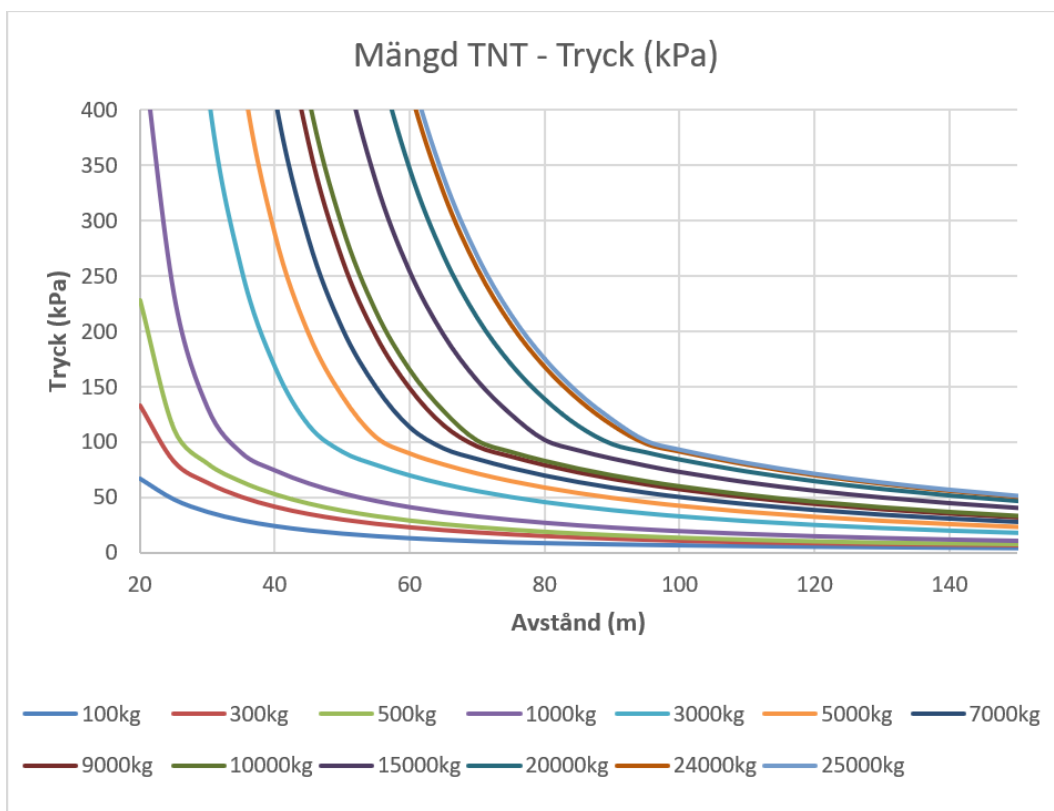
$$\bar{P} = \frac{P_s}{P_0}$$

$$\bar{P} = \text{Dimensionslöst tryck [-]}$$

$$P_s = \text{Explosionstryck [Pa]}$$

$$P_0 = \text{Atmosfärstryck [Pa]}$$

Resultatet av ovanstående beräkningar redovisas i Figur 23 nedan.



Figur 23. Explosionstryck vid detonation av olika mängder explosivämne som funktion av avståndet från explosionens centrum.

Konsekvensavståndet för en explosion bestäms mot bakgrund av gränsvärdet på 70 kPa, se det tidigare avsnittet Skadekriterier. Nedan i Tabell 16 redovisas avståndet till detta gränsvärde för en explosion med olika stora mängder av explosivämnen.

Tabell 16. Avstånd till 70 kPa övertryck vid en explosion.

Mängd explosivämne [kg]	Avstånd till 70 kPa [m]
100	20
300	30
500	35
1000	45
3000	60

Mängd explosivämne [kg]	Avstånd till 70 kPa [m]
5000	75
7000	80
9000	90
10000	95
15000	110
20000	120
24000	120
25000	130

Vid beräkning av individ- och samhällsriskberäkningarna har ett litet och ett stort utsläpp på väg representerats av en explosion med 1 ton respektive 16 ton. För järnväg har ett litet och ett stort utsläpp representerats av en explosion med 0,75 ton respektive 1 ton.

#### Konsekvensberäkning för brandfarliga gaser – farligt gods-klass 2.1

Konsekvenserna för utsläpp av brandfarlig gas har beräknats med hjälp av mjukvaran ALOAH [5]. Beräkningarna är gjorda för kondenserad gas, vilket har bedömts vara konservativt då de förväntade konsekvenserna är högre för dessa gaser jämfört med komprimerade gaser. Nedan i Tabell 17 och Tabell 18 redovisas indata för beräkningarna och resultat.

Tabell 17. Indata för konsekvensberäkningar. Värde 1, 2 och 3 representerar olika modellkörningar där indata har varierats. Saknar en cell ett värde (markerat med ett sträck (-)) har samma värde som anges i kolumnen för "Värde 1" använts.

Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Vind (m/s)	2	6	-
Stabilitetsklass	A	E	D
Temperatur (°C)	15	-	-
Ytrådhet	Stad/Skog	-	-
Luffuktighet	50%	-	-

Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Väder	Molnigt	-	-
Ämne	Propan	-	-
Tank	D:2 m L:18	D:2,5 m L:20	-
Massa propan (ton)	25	25	-
Fyllnadsgrad	80%	-	-
Hålet	Mitten av vätskenivå	-	-
Håldiameter (mm)	31	9	3
Övertryck i tank	7 bar	-	-

Nedan i Tabell 18 redovisas resultaten av beräkningarna. Resultaten har tolkats på följande sätt:

- BLEVE: Längden avser det avstånd från centrum där människor förväntas få andra gradens brännskador under den tid som eldklotet varar [28]. Tiden är utskriven inom parentes. Vid andra gradens brännskador förväntas 15 % av en exponerad befolkning omkomma till följd av skadorna. Avståndet har därför bedömts vara konservativt.
- Jetflamma: Längden avser jetflammans längd. Bredden avser avståndet från jetflamman till 15 kW/m<sup>2</sup>. Konsekvensområdet beräknas som en rektangel där bredden utgörs av det dubbla avståndet för avståndet till 15 kW/m<sup>2</sup> eftersom strålningen sker i två riktningar. Inom detta område förväntas oskyddade personer omkomma. Utbredningen av jetflamma antas vara vinkelrät (90°) från transportleden och utbreda sig längs med markplanet. Detta innebär att området som påverkas av en jetflamma alltid är det största möjliga, vilket har bedömts vara ett konservativt antagande.
- Gasmolnsbrand: Gasplymen bedöms ha formen av en liksidig triangel. Längden avser triangelns höjd (vilket har motsvarat avståndet från transportleden i beräkningarna) och bredden avser halva plymens bas (halva spridningsavståndet i sidled på det längsta konsekvensavståndet).

Tabell 18. Resultatet av konsekvensberäkningarna i ALOHA [5].

Scenario	Väg		Järnväg	
	Längd (m)	Bredd (m)	Längd (m)	Bredd (m)
BLEVE	150 (11s)		375	
Jetflamma (liten)	2	5	10	6
Jetflamma (medelstor)	5	10	23	17
Jetflamma (stor)	23	28	74	74
Gasmolnsbrand (liten)	11	3		
Gasmolnsbrand (medelstor)	11-19	3-10		
Gasmolnsbrand (stor)	51-154	18-145	162-274	53-221

### Konsekvensberäkning för giftiga gaser – farligt gods-klass 2.3

Konsekvenserna vid ett utsläpp av giftig gas har beräknats med hjälp av mjukvaran ALOHA [5]. Vid beräkningarna för en eventuell farligt gods-olycka med giftig gas har svaveldioxid använts som den dimensionerande gasen för olyckor på väg och klorgas för olyckor på järnväg. Nedan i Tabell 19 och Tabell 20 redovisas indata för beräkningarna och resultat.

Tabell 19. Indata för konsekvensberäkningar. Värde 1, 2 och 3 representerar olika modellkörningar där indata har varierats. Saknar en cell ett värde (markerat med ett sträck (-)) har samma värde som anges i kolumnen för "Värde 1" använts.

Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Vind (m/s)	2	6	-
Stabilitetsklass	A	E	D
Temperatur (°C)	15	-	-



Indata	Värde 1	Värde 2	Värde 3
Ytrådhet	Stad/Skog	-	-
Luffuktighet	50%	-	-
Väder	Molnigt	-	-
Ämne	Svaveldioxid	Svaveldioxid	-
Tank	D:2 m L:18	D:2,5 m L:20	-
Massa propan (ton)	25	25	-
Fyllnadsgrad	80%	-	-
Hålet	Mitten av vätskenivå	-	-
Håldiameter (mm)	31	9	3
Ångtryck (kPa)	Klor: 670	Svaveldioxid: 330	-
Gränsvärde (LC <sub>50</sub> )	Svaveldioxid: 750 ppm	Svaveldioxid: 750 ppm	

Nedan i Tabell 20 redovisas resultaten av konsekvensberäkningarna. Plymen har konservativt beaktats som en rektangel i beräkningarna. Längden i Tabell 20 beskriver rektangelns längd (vilket har motsvarat avståndet från transportleden i beräkningarna) och bredden beskriver halva rektangelns bredd (spridning i sidled).

Tabell 20. Resultat av konsekvensberäkningar i ALOHA [5].

Scenario	Väg		Järnväg	
	Längd (m)	Bredd (m)	Längd (m)	Bredd (m)
Svaveldioxid (liten)	2-36	6-12	-	-
Svaveldioxid (medelstor)	47-100	10-40	-	-
Svaveldioxid (stor)	187-452	45-200	-	-
Klor (liten)	-	-	214-239	38-96

Scenario	Väg		Järnväg	
	Längd (m)	Bredd (m)	Längd (m)	Bredd (m)
Klor (medelstor)	-	-	657-703	120-340
Klor (stor)	-	-	2200-2400	480-1560

### Konsekvensberäkning för brandfarliga vätskor – farligt gods-klass 3

Konsekvensberäkningarna har utförts med hjälp av mjukvaran ALOHA [5]. Nedan redovisas scenarier, indata, och resultat.

Följande förutsättningar gäller för beräkningarna:

- Bränsle: Hexan<sup>10</sup>
- Pölarea: 200 och 400 m<sup>2</sup>
- Temperatur: 15 °C
- Vind: 3-6 m/s
- Stabilitetsklass: D

Nedan i Tabell 21 redovisas resultaten av beräkningarna.

Tabell 21. Resultat av konsekvensberäkningar för olycksscenarierna/skadehändelserna vid en eventuell olycka som involverar utsläpp och antändning av brandfarlig vätska.

Scenario	Konsekvensavstånd	
	Längd (m)	Bredd (m)
Stor pölbrand	58	-
Medelstor pölbrand	43	-
Liten pölbrand	32	-

### Konsekvensberäkning för oxiderande ämnen – farligt gods-klass 5

Ett eventuellt läckage av oxiderande ämnen eller organiska peroxider kan leda till brand eller explosion om det utläckta ämnet även vid olyckan blandas med organiska ämnen så

<sup>10</sup> Högre förbränningshastighet och energivärde jämfört med bensen vilket har bedömts utgöra ett konservativt antagande.

som exempelvis oljor eller drivmedel. Den uppkomna branden kommer dock sannolikt vara mycket intensiv men kortvarig.

Vid en eventuell olycka med farligt gods-klass 5 på väg förväntas explosionens storlek vara begränsad av mängden drivmedel i transportfordonet, vilket vanligen inte är mer än 400 kg. En explosiv oxidator-bränsleblandning innehåller ca 13% bränsle. Detta ger att den explosiva blandningen kan uppgå till maximalt 3 ton.

Vid en eventuell olycka med farligt gods-klass 5 på järnväg är det dock svårt att förutse hur mycket organiskt material som ett eventuellt utsläpp av ett oxiderande ämne kan komma i kontakt med. Bedömningen har därför varit att en explosion med 4 gånger så mycket oxidator-bränsleblandning, det vill säga 12 ton, har utgjort ett representativt och konservativt antagande, se Figur 23 under avsnittet Konsekvensberäkning för explosiva varor – farligt gods-klass 1.

Nedan i Tabell 22 redovisas konsekvenserna som använts vid individ- och samhällsrisikberäkningarna för en eventuell olycka med farligt gods-klass 5.

Tabell 22. Konsekvensbedömning vid brand och explosion vid en eventuell farligt gods-olycka med ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider.

Scenario	Konsekvensavstånd [m] <sup>11</sup>
Explosion järnvägsolycka (70 kPa övertryck)	95
Brand	58 <sup>12</sup>

<sup>11</sup> Se Figur 23 i kapitlet om explosionstryck.

<sup>12</sup> Se konsekvenser för stort utsläpp av brandfarlig vätska.

## Bilaga C – Farliga gods-klasser som inte har bedömts i denna riskutredning

De övriga farligt gods-klasserna som inte har beaktats i denna riskutredning har inte bedömts utgöra någon risk för det aktuella området och anledningarna till detta motiveras nedan för respektive farligt gods-klass.

### Farligt gods-klass 4

Farligt gods-klass 4, brandfarliga fasta ämnen, har inte beaktats i denna riskutredning eftersom en brand med brandfarliga fasta ämnen inte har bedömts spridas särskilt långt ifrån en eventuell olycksplats och mängderna som transporteras på det svenska väg- och järnvägsnätet är små.

### Farligt gods-klass 4.3

Farligt gods-klass 4.3, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten, kan förvisso vid en eventuell olycka få allvarliga konsekvenser om brandfarlig gas bildas. Olycksscenarier/Skadehändelser involverande farligt gods-klass 4.3 bedöms dock inte i denna riskutredning främst till följd av två anledningar. För det första transporteras små mängder på det svenska väg- och järnvägsnätet, och för det andra förutsätter olycksscenarierna/skadehändelserna att det farliga godset ska komma i kontakt med vatten för att sedan kunna antända. Frekvensen för en eventuell olycka med farligt gods av klass 4.3 har därför bedömts vara så pass marginell att olycksscenarier/skadehändelser med farligt gods-klass 4.3 inte har bedömts kunna påverka resultaten i denna riskutredning och har därför ej beaktats.

### Farligt gods-klass 6

Farligt gods-klass 6, giftiga och smittförande ämnen, omfattar ämnen som är eller kan befaras vara hälsovådliga eller dödliga för människor vid kontakt under ett enstaka tillfälle eller under kort tid av relativt små mängder genom antingen inandning, hudabsorption eller förtäring. Smittförande ämnen avser ämnen som är kända för att eller sannolikt kan innehålla patogener. Patogener är mikroorganismer (inklusive bakterier, virus, rickettsier, parasiter, och/eller svampar) eller andra smittförande substanser, exempelvis prioner, som kan orsaka sjukdomar hos människor eller djur. Det har bedömts som osannolikt med dödliga konsekvenser på tredjeman vid en eventuell olycka med farligt gods av klass 6 längre bort än vid olycksplatsens omedelbara närhet. Transportvolymerna av klass 6 vid transport är även begränsade och givet detta har en eventuell olycka med farligt gods-klass 6 inte i beaktats i denna riskutredning.

### Farligt gods-klass 7

Farligt gods-klass 7, radioaktiva ämnen, omfattar ämnen som kan ge upphov till strålskador både på kort- och långsikt. Transportvolymerna av klass 7 vid transport så begränsade vid transport på väg och järnväg att en eventuell olycka med farligt gods-klass 7 inte har bedömts kunna resultera i dödliga konsekvenser på tredjeman vid en eventuell olycka och har därmed inte beaktats i denna riskutredning.

### Farligt gods-klass 8

Farligt gods-klass 8, frätande ämnen, omfattar ämnen så som exempelvis svavel-syra eller salpetersyra vilka kan resultera i häftiga reaktioner vid kontakt med metall, vatten eller brandfarliga ämnen med brand, strålningspåverkan, och brandspridning som följd. Konsekvenserna av ett utsläpp har dock bedömts vara begränsade till utsläppsplatsens omedelbara närområde. Därför har bedömningen varit att konsekvenserna av en eventuell olycka med farligt gods-klass 8 inte kan generera dödliga konsekvenser på tredjeman inom det aktuella området och har därmed inte beaktats i denna riskutredning. Åtgärder som begränsar vistelse i närområdet till transportleden, skyddar mot spridning av vätskor, och begränsad konsekvenserna vid bränder skyddar även mot konsekvenserna som kan orsakas av denna farligt gods-klass.

### Farligt gods-klass 9

Farligt gods-klass 9, övriga farliga ämnen och föremål, omfattar ämnen och föremål som utgör en fara under transport men som inte omfattas av någon definition för de övriga farligt gods-klasserna. Exempel på ämnen och föremål är miljöfarliga ämnen, litiumbatterier, vattenförorenade vätskor, och starka magneter. Olyckor med denna farligt gods-klass har inte bedömts resultera i dödliga konsekvenser på tredjeman inom det aktuella området vid en eventuell olycka och har därmed inte beaktats i denna riskutredning.