



## **KV. DIABILDEN OCH RAMSÖKAREN 2 STOCKHOLM**

# **RISKBEDÖMNING DETALJPLANUTREDNING**

Datum: 2017-09-29  
Reviderad: 2019-04-29

Uppdragsansvarig: Dan Cornelius - Civilingenjör/brandingenjör  
Handläggare: Adam Lindström - Civilingenjör/brandingenjör

Åsboholmsgatan 6  
504 51 Borås

Kungsgatan 48<sup>B</sup>  
411 15 Göteborg

Västerlånggatan 27  
111 29 Stockholm

Kålgårdsbergsgatan 10  
451 30 Uddevalla

Bäckgatan 10<sup>C</sup>  
432 44 Varberg

Telefon vxl: 010-703 70 00

[www.prevecon.se](http://www.prevecon.se)

## Projektinformation

<b>Uppdragsnummer:</b>	20170717-01
<b>Uppdragsnamn:</b>	Kv. Diabilden och Ramsökaren 2
<b>Kommun:</b>	Stockholm
<b>Uppdragsgivare:</b>	Svenska Hus AB
<b>Uppdragsgivarens ref:</b>	Niklas Gahm

## Organisation - Prevecon Brand & Riskkonsult AB

<b>Uppdragsansvarig/ Internkontroll:</b>	..... Dan Cornelius - Civilingenjör/brandingenjör Telefon: 010-703 70 16
<b>Handläggare:</b>	..... Adam Lindström - Civilingenjör/brandingenjör Telefon: 010-703 70 32

## Dokumenthistorik

Version	Datum	Anmärkning	Handläggare	Internkontroll
Rev C	2019-04-29	Ändrad utformning av bebyggelse inom Ramsökaren 2. Ramsökaren 4 utgår.	AL	DC
Rev B	2017-11-24	Ändrad befolkningstäthet.	AL	DC
Rev A	2017-10-20	Ramsökaren 2 & 4 har tillkommit.	AL	DC
0	2017-09-29		AL	DC

Ny och reviderad text jämfört med föregående version av denna handling är skriven i **rött** och text som tagits bort är markerad som **genomstruken**. Avsnitten är dessutom markerade med ett vertikalt streck i vänster marginal. Endast revideringar som påverkar detalj- och funktionskraven eller utförandet av brandskyddet är markerade.

## SAMMANFATTNING

Prevecon Brand & Riskkonsult AB (Prevecon) har på uppdrag av Svenska Hus AB utfört en riskbedömning avseende detaljplaneutredning för ny bebyggelse (främst bostäder) inom fastigheterna Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2, Stockholm. Fastigheterna är belägna bredvid varandra, endast åtskilda av ett lägre parkeringshus inom fastigheten Ramsökaren 6. Då fastigheterna är belägna så pass nära varandra är risknivån med hänsyn till transport av farligt gods på Örbyleden densamma för båda fastigheterna.

**Revidering C är upprättad med hänsyn till att bebyggelse på fastigheten Ramsökaren 4 har utgått. Planerad bebyggelse inom fastigheten Ramsökaren 2 har dessutom justerats till att två huskroppar (istället för tre) uppförs.**

Syftet med denna handling är att utreda risknivån och ge förslag på lämpliga planbestämmelser med hänsyn till närhet till transportled för farlig gods. Prevecon har tidigare upprättat ett risk-PM för Kv. Diabilden i vilket äldre riskanalyser togs i beaktande. I denna handling är riskberäkningarna uppdaterade med nya förutsättningar och rekommenderade riskreducerande åtgärder är förfinade. Denna handling ersätter tidigare upprättat risk-PM.

Analysen redovisar risknivåer i form av platsspecifik individrisk och samhällsrisk. Risken har jämförts och värderats utifrån acceptanskriterier. Både individrisken och samhällsriskerna hamnar delvis inom ALARP-området, vilket innebär att risknivån kan anses vara acceptabel om riskreducerande åtgärder vidtas. Ett scenario med brandfarlig vätska står för merparten av individrisken och samhällsriskerna. Utan detta scenario hamnar både individrisken och samhällsriskerna under det undre acceptanskriteriet med god marginal. Även när indata varierar i känslighetsanalysen till mycket konservativa värden för området hamnar risknivåerna inom ALARP-området.

Med hänsyn till risknivåerna som beräknats i denna handling, samt då Örbyleden endast är en sekundär transportled med begränsat antal transporter per dygn och ämne, bedömer Prevecon att nedanstående skyddsavstånd och åtgärder ska vidtas (avståndet anges från Örbyleden). Resonemang och verifieringsberäkning redovisas i kapitel 12.

### Kv. Diabilden:

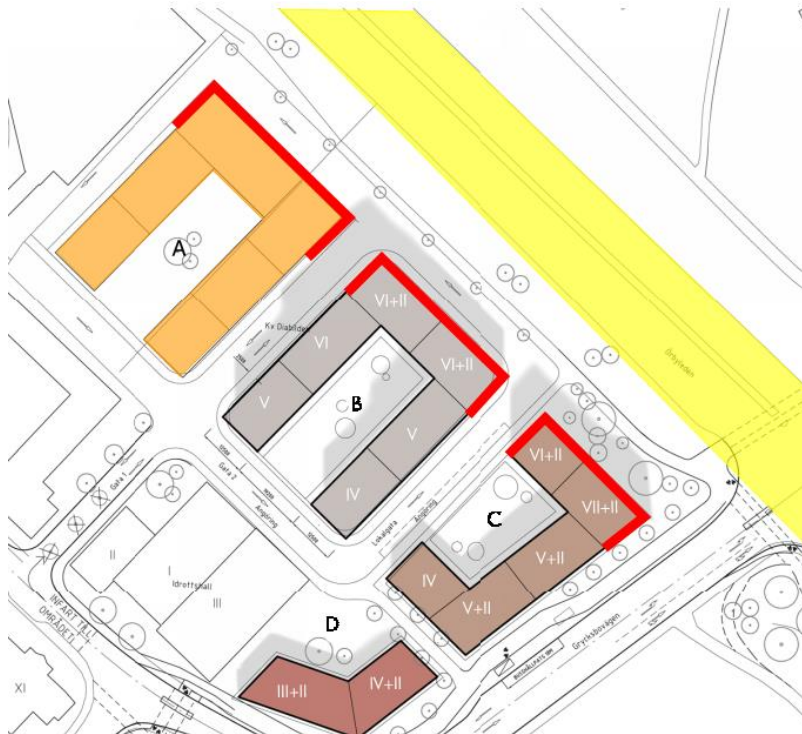
- **För Kv. Diabilden bör ett bebyggelsefritt område upprätthållas 25 meter från Örbyleden.**
- **Området inom 35 meter från Örbyleden bör utformas så att stadigvarande vistelse utomhus ej uppmuntras.** GC-väg accepteras. Butiker kan uppföras mot Örbyleden förutsatt att övriga åtgärder i denna riskbedömning genomförs. Butikerna får dock ej medföra att stadigvarande vistelse uppmuntras utanför butiken, t.ex. uteserveringar eller motsvarande. Restaurang med enbart verksamhet inomhus, matbutik, småskalig handel, etc., som uppfyller denna och övriga rekommenderade åtgärder, kan tillämpas.

#### Ramsökaren 2:

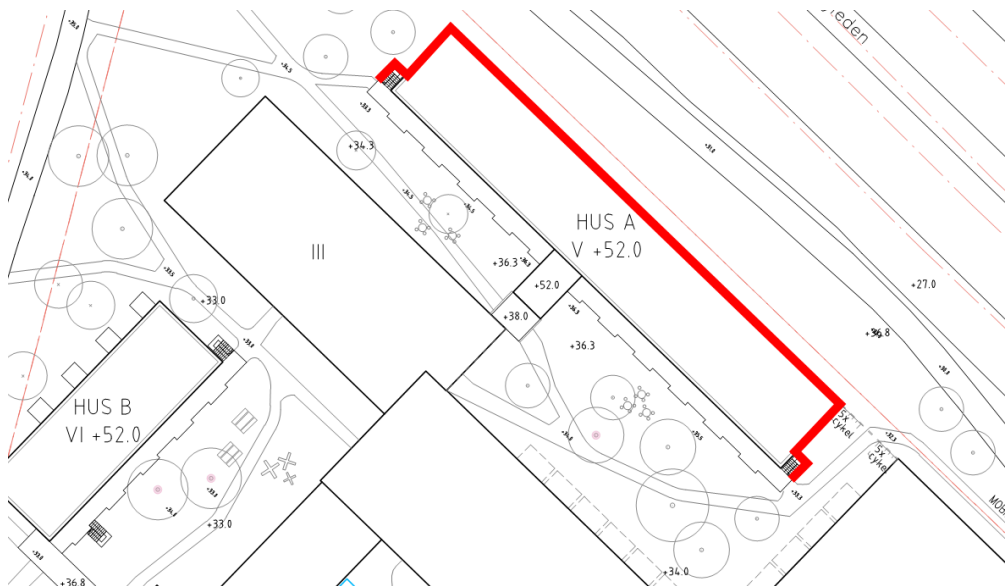
- Ny bebyggelse inom Ramsökaren 2 och 4 belägen ca 22 meter från Örbyleden bedöms vara acceptabel.
- Området inom 35 meter från Örbyleden bör utformas så att stadigvarande vistelse ej uppmuntras utomhus. GC-väg accepteras

#### Åtgärder för både Kv. Diabilden och Ramsökaren 2:

- Fasader inom 35 meter från Örbyleden bör utföras i **lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbart material**. Även fasader (långsidor/flyglar) som ej direkt vetter mot Örbyleden bör utföras enligt denna punkt. Fönster och dörrar ska utföras i lägst klass EI 30. Det accepteras att fönster utförs öppningsbara. **Observera att trapphus vid hus A inom Ramsökaren 2 är belägna inom 35 meter från Örbyleden. Trapphusen måste således utföras i klass EI 30 mot Örbyleden. Kortsidor på loftgångar kan dock vara öppna.**
- Fasader, inom 35 meter från Örbyleden, som vetter mot Örbyleden bör **ej utföras med balkonger**. Om balkongerna förses med obrännbart strålningsskydd motsvarande brandteknisk klass EW 30 på den sida, eller di sidor, som vetter mot Örbyleden accepteras dock ett avstånd på 25 meter mellan Örbyleden och balkonger på långsidor/flyglar. **Följande ska således uppfyllas:**
  - Balkonger på fasader som är parallella med Örbyleden ska utföras med obrännbart strålningsskydd i klass EW 30 runt hela balkongen.
  - Balkonger på fasader som är vinkelräta mot Örbyleden ska utföras med obrännbart strålningsskydd i klass EW 30 på den sida som vetter mot Örbyleden. Strålningsskyddet kan utföras av t.ex. en skärm, indragning av balkong eller en kombination av båda.
- Inom 35 meter från Örbyleden bör det vara möjligt att utrymma i riktning från Örbyleden. Detta gäller även för enskilda lägenheter/lokaler inom en byggnad, d.v.s. inga ensidiga lägenheter/lokaler mot Örbyleden. Trapphus bör ej endast mynna mot Örbyleden.
- Friskluftsintag inom 100 meter från Örbyleden (gäller även springventiler) bör riktas bort från Örbyleden och ventilationssystem bör förses med nödstopp.
- Dike längs med Örbyleden ska behållas.
- Befintligt höjdförhållande mellan Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2 och Örbyleden bör i största möjliga mån behållas. Befintligt höjdförhållande mellan Ramsökaren 2 och Örbyleden är gynnsamt ur risksynpunkt men påverkar endast konsekvensensavstånden i mindre omfattning. Höjdförhållandet bör minst motsvara befintligt förhållande mellan Diabilden och Örbyleden (så att brännbar vätska ej rinner mot fastigheterna).



Skiss över planerad bebyggelse inom Kv. Diabilden i förhållande till Örbyleden. Röd markering anger brandtekniskt klassade fasader mot Örbyleden.



Skiss över planerad bebyggelse inom Ramsökaren 2 i förhållande till Örbyleden. Röd markering anger brandtekniskt klassade fasader mot Örbyleden. Kortsidor på loftgångar kan vara öppna.

## INNEHÅLL

<b>Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>8</b>
1.1 Uppdragsbeskrivning	8
1.2 Syfte	8
1.3 Bakgrund	8
1.4 Avgränsningar	9
1.5 Målgrupp	10
1.6 Begrepp och definitioner	10
<b>2 Lagar och riktlinjer</b>	<b>11</b>
2.1 Skyddsavstånd transportled för farligt gods	11
2.2 Avstånd till bensinstation	15
2.3 Övriga lagar och riktlinjer	15
2.4 Jämförelse med aktuellt planområde	16
<b>3 Transport av farligt gods</b>	<b>17</b>
3.1 Allmänt om konsekvenser till följd av vådautsläpp	17
3.1.1 Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål	18
3.1.2 Klass 2 – Gaser	18
3.1.3 Klass 3 – Brandfarliga vätskor	19
3.1.4 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	19
<b>4 Arbetsmetod</b>	<b>20</b>
4.1 Övergripande om metod för riskhanteringsprocessen	20
4.2 Arbetsmetod för denna analys	21
4.3 Val av acceptanskriterier	22
<b>5 Förutsättningar</b>	<b>25</b>
5.1 Områdesbeskrivning	25
5.2 Trafikinformation	27
5.2.1 Trafikflöde av farligt gods	28
5.3 Väderförhållanden	30
5.4 Befolkningstäthet	30
<b>6 Riskidentifiering</b>	<b>33</b>
6.1 Farligt godsolycka	33
6.1.1 Dimensionerande olyckshändelser	33
6.2 Tunnelbana	34
<b>7 Bedömning av sannolikheter och frekvenser</b>	<b>35</b>
7.1 Farligt godsolycka	35
<b>8 Konsekvensberäkningar</b>	<b>36</b>
8.1 Transport av farligt gods	36

<b>9</b>	<b>Riskmått</b>	<b>38</b>
9.1	Individerisk .....	38
9.2	Samhällsrisik .....	39
<b>10</b>	<b>Känslighetsanalys</b>	<b>42</b>
<b>11</b>	<b>Risikvärdering</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>Rekommenderade risikreducerande åtgärder</b>	<b>46</b>
<b>13</b>	<b>Värdering av osäkerheter</b>	<b>51</b>
<b>14</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>53</b>
<b>15</b>	<b>Referenser</b>	<b>54</b>
	<b>Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetsberäkningar</b>	<b>56</b>
	<b>Bilaga B – Konsekvensberäkningar</b>	<b>62</b>
	<b>Bilaga C – Beräkning av individerisk</b>	<b>68</b>
	<b>Bilaga D – Beräkning av samhällsrisik</b>	<b>69</b>



# 1 INLEDNING

## 1.1 UPPDRAGSBESKRIVNING

Prevecon Brand & Riskkonsult AB (Prevecon) har på uppdrag av Svenska Hus AB utfört en riskbedömning avseende detaljplaneutredning för ny bebyggelse (främst bostäder) inom fastigheterna Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2, Stockholm. Fastigheterna är belägna bredvid varandra, endast åtskilda av ett lägre parkeringshus inom fastigheten Ramsökaren 6. Då fastigheterna är belägna så pass nära varandra är risknivån med hänsyn till transport av farligt gods på Örbyleden densamma för båda fastigheterna.

Revidering C är upprättad med hänsyn till att bebyggelse på fastigheten Ramsökaren 4 har utgått. Planerad bebyggelse inom fastigheten Ramsökaren 2 har dessutom justerats till att två huskroppar (istället för tre) uppförs. Ändringen medför att 88 lägenheter uppförs (58 lägenheter i det längre huset mot Örbyleden och 30 lägenheter i huset mot tunnelbanan). I tidigare förslag planerades för 117 lägenheter och 30 studentlägenheter. Således är befolkningstätheten inom studerat område något lägre än tidigare, vilket leder till en lägre samhällsrisk än vad som tidigare har beräknats. Dock görs inga korrigeringar i beräkningarna för samhällsrisk med hänsyn till den något lägre befolkningstätheten. Detta eftersom samhällsrisknivån endast kommer ändras marginellt med den justerade befolkningstätheten. Inom Diabilden är befolkningstätheten likt tidigare versioner av denna handling.

Prevecon har tidigare upprättat ett risk-PM, daterat 2016-06-30. Denna riskbedömning ersätter risk-PM:et.

## 1.2 SYFTE

Riskbedömningen har utförts för att redovisa och värdera risker avseende transport av farligt gods på väg. I riskbedömningen ges förslag på riskreducerande åtgärder för att uppnå ett acceptabelt utförande av den nya bebyggelsen med hänsyn till den risknivån som föreligger inom berörda fastigheter (Kv. Diabilden och Ramsökaren 2, Stockholm).

## 1.3 BAKGRUND

Svenska Hus AB planerar att uppföra ny bebyggelse på Bandhagens bollplan samt på Ramsökaren 2. Bollplanen är rödmarkerad i figur 1 och yta vid Ramsökaren 2 är markerad med turkost. Längs med området löper Örbyleden vilken är betecknad som en sekundär transportled för farligt gods i det nationella vägnätet. Örbyleden utgör även omledningsväg när Södra länken stängs för trafik, vilket även omfattar farligt gods.





Figur 1. Placering av ny bebyggelse på Bandhagens bollplan, röd markering, och yta vid Ramsökaren 2 som delvis kommer att kompletteras med ny bebyggelse, turkos markering (bild från eniro.se).

I samband med att ny bebyggelse planläggs ska risker utredas, kartläggas och hanteras så att den nya bebyggelsen utförs på ett förenligt sätt med den riskbild som föreligger inom området.

## 1.4 AVGRÄNSNINGAR

Uppdraget avser enbart att studera de risker som innefattar farligt godsolyckor genererade av transporter på Örbyleden.

Endast konsekvenser där människor omkommer hanteras i riskanalysen. Övriga risker som kan påverka personers hälsa, exempelvis buller, vibrationer etc. har exkluderats. Därtill omfattas ej olyckshändelser där långvarig exponering krävs för att ge upphov till negativa konsekvenser.

## 1.5 MÅLGRUPP

Målgruppen för denna rapport är företräddelsevis beställaren, Svenska Hus AB. Rapporten är framtagen under förutsättning att läsaren besitter vissa grundkunskaper om riskbedömning.

## 1.6 BEGREPP OCH DEFINITIONER

I detta kapitel beskrivs begrepp och definitioner. Begrepp som berör de olika arbetsmomenten i denna rapport, t.ex. riskanalys och riskbedömning, hanteras i kapitel 4.

### Risk

Risk kan definieras som en sammanvägning av sannolikheten för att en händelse ska inträffa samt de negativa konsekvenser händelsen kan leda till [1].

### Individrisk

Individrisk är ett riskmått där sannolikheten för att en viss individ omkommer under en tidsperiod, ofta ett år, beskrivs. Individrisk kan uttryckas som platsspecifik risk eller individspecifik risk.

Platsspecifik risk innebär risken att omkomma för en hypotetisk person som antas befinna sig kontinuerligt på en specifik plats (i denna riskanalys antas personen befinna sig utomhus). Individspecifik risk tar hänsyn till att individen i fråga inte befinner sig på samma plats hela tiden [1]. I denna rapport är det den platsspecifika risken som beräknas.

### Samhällsrisk

Samhällsrisk är ett riskmått som inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk, och är i hög grad beroende av persontätheten. Syftet med samhällsrisk är att beskriva hur riskbilden ser ut inom ett större område d.v.s. beskriva hur sannolikt det är med olyckor där konsekvensen blir att många omkommer [1]. Samhällsrisk anges i frekvens (antal händelser per år) och konsekvens (antal omkomna). Samhällsrisk kan uttryckas med hjälp av FN-diagram.

### Acceptanskriterier

Acceptanskriterier används för att bedöma om risken är acceptabel eller ej. Det finns både kvalitativa och kvantitativa kriterier för både individrisk och samhällsrisk [1]. I riskbedömningar används dock allt som oftast kvantitativa kriterier för att kunna jämföra risknivåer och åtgärdsförslag.

### Farligt godsolycka

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö eller egendom.

Med farligt godsolycka innebär att det skadliga ämnet har kommit ut till omgivning. En tankbil som har kört av vägen och vält är därmed ingen farligt godsolycka om inte det farliga godset har kommit ut till omgivningen.

### Riskavstånd

Avstånd från riskkällan till område där människor ej bedöms påverkas av risken.

## 2 LAGAR OCH RIKTLINJER

Nedan beskrivs övergripande de lagar och riktlinjer som normalt tillämpas vid riskhantering vid farligt gods vid planärenden.

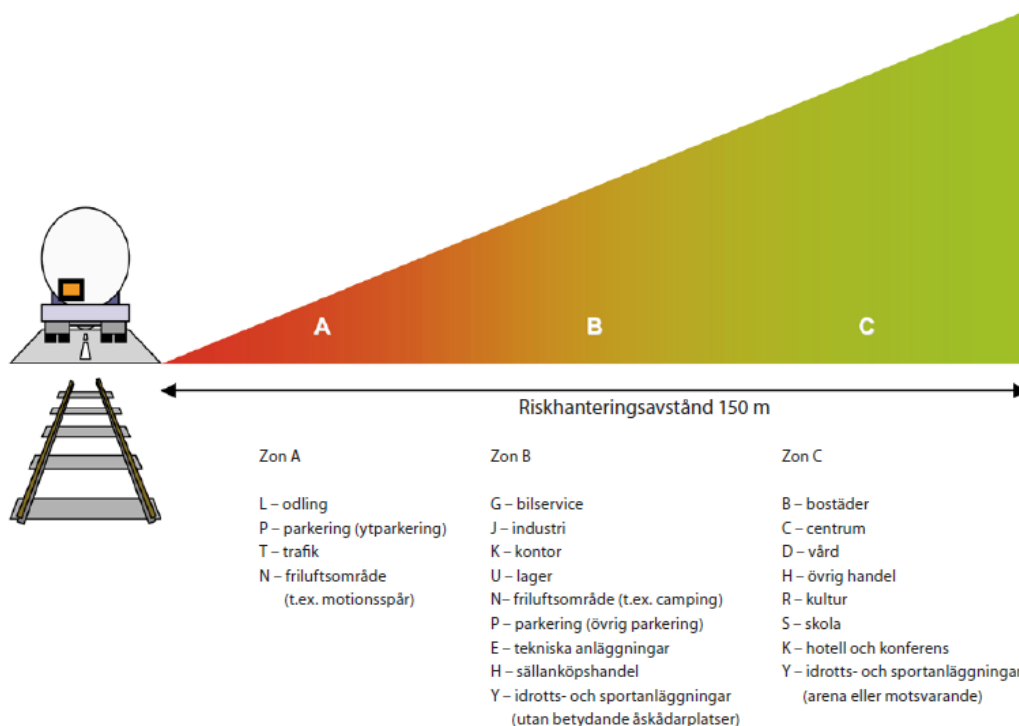
Plan- och bygglagen (SFS 2010:900) med tillhörande förordning reglerar de krav som ställs vid planläggning av mark och vatten och om byggande. Plan- och bygglagen (PBL) ställer inga direkta krav på att en riskbedömning ska genomföras, dock ställs krav på att en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människor i dagens samhälle och för kommande generationer ska främjas, vilket i praktiken medför att en riskbedömning måste göras vid planläggning. Även miljöbalken (SFS 1998:808) berör en hållbar utveckling för människors hälsa.

### 2.1 SKYDDSAVSTÅND TRANSPORTLED FÖR FARLIGT GODS

Utöver lagar ger landets Länsstyrelser ut riktlinjer för att mer detaljerat beskriva hur och när riskanalyser och riskbedömningar bör genomföras. Vanligtvis används de rekommendationer som Länsstyrelserna i Stockholms län, Skåne län och Västra Götalands län har upprättat. Avsteg från rekommendationerna gällande skyddsavstånd kan allt som oftast göras med en utförlig riskanalys som grund. Det bör dock poängteras att Länsstyrelsen i Stockholms län nyligen har givit ut nya riktlinjer, se längre ner i detta kapitel, där länsstyrelsen ger indikationer på vilka skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder som minst är nödvändiga oberoende av rådande risknivå utmed rekommenderade transportleder för farligt gods.

#### **Riskpolicy i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län**

Policyn grundar sig på plan- och bygglagen (SFS 2010:900) samt miljöbalken (SFS 1998:808) och berör hur markanvändning, avstånd och riskhantering bör beaktas för detaljplaner i närheten av transportleder för farligt gods. Inom 150 meters avstånd från transportleder för farligt gods bör riskhanteringsprocessen beaktas [2]. Därtill har Länsstyrelserna tagit fram förslag på markanvändning inom detta avstånd, se figur 2.



Figur 2. Zonindelning enligt Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län [2].

### Västra Götalands län

Göteborgs stad har tagit fram en översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods [3]. Översiktsplanen har i praktiken kommit att bli vägledande rekommendationer för Västra Götalands län. Rekommenderade skyddsavstånd ges i tabell 1.

Tabell 1. Rekommenderade skyddsavstånd från järnväg enligt Göteborgs stad.

Riskkälla	Typ av bebyggelse	Avstånd
Järnvägar	Byggnadsfritt	0-30 m
	Tät kontorsbyggnad	30 m
	Sammanhållen bostadsbyggnad	80 m

### Skåne län

Skåne län har tagit fram tre olika vägledningarna som utgör riktlinjer för riskhantering inom aktuellt område. Två av vägledningarna baseras på kvantitativa riskanalyser medan en av vägledningarna i mångt och mycket följer de skyddsavstånd som rekommenderas i riktlinjen [4]. Skyddsavstånden återges i tabell 2.

Tabell 2. Rekommenderade skyddsavstånd enligt Skåne län.

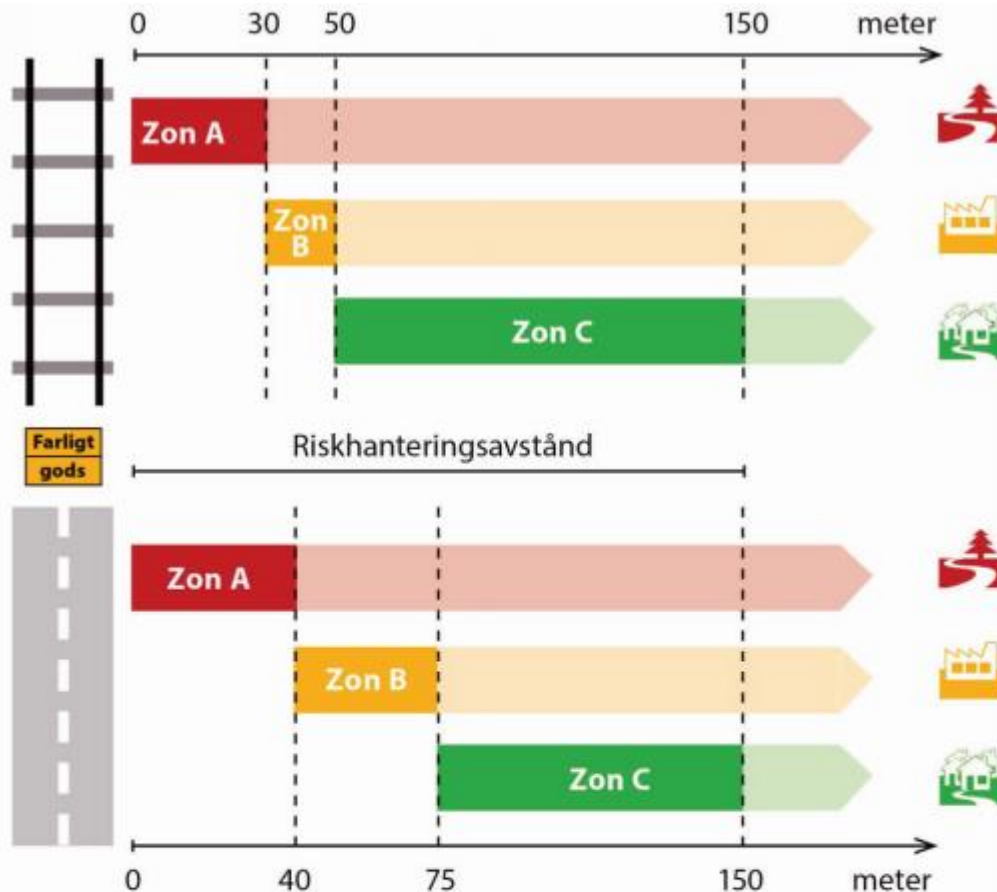
Riskkälla	Typ av bebyggelse	Avstånd
Transport av farligt gods	Byggnadsfritt	0-30 m
	Industri, lager samt bilservice	30 m
	Bostäder (småhusbebyggelse), centrum, kontor (dock ej hotell) samt idrott-s och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats).	70 m
	Vård, skola, bostäder (tät flerbostadsbebyggelse) samt kontor (inklusive hotell och konferens).	150 m

### Stockholms län

Länsstyrelsen i Stockholm län har gett ut riktlinjer för riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer [5]. Riktlinjerna anger rekommenderade skyddsavstånd mellan riskkällor och olika typer av bebyggelse. Skyddsavstånden skiljer sig endast marginellt från de riktlinjer som Skåne län [4] och Västra Götalands län [3] har gett ut.

Länsstyrelsen i Stockholm har även nyligen gett ut riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods [6]. Riktlinjerna tydliggör hur Länsstyrelsen i Stockholms län bedömer risker vid granskning av detalj- och översiktsplaner och är en uppdatering gällande skyddsavstånd och riskreducerande åtgärder. Rekommenderad markanvändning och skyddsavstånd återges i figur 3.





Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G – drivmedelsförsörjning (obemannad) L – odling och djurhållning P – parkering (ytparkering) T – trafik	E – tekniska anläggningar G – drivmedelsförsörjning (bemannad) J – industri K – kontor N – friluftsliv och camping P – parkering (övrig parkering) Z – verksamheter	B – bostäder C – centrum D – vård H – detaljhandel O – tillfällig vistelse R – besöksanläggningar S – skola

Figur 3. Rekommenderad markanvändning och skyddsavstånden enligt Länsstyrelsen i Stockholms län [6].

Länsstyrelsen anser att skyddsavstånd är att föredra framför andra riskreducerande åtgärder och vid korta avstånd läggs större vikt vid eventuella konsekvenser av en olycka med farligt gods än sannolikheten att en sådan olycka inträffar. Rekommendationen för drivmedelsförsörjning i zon A gäller inte för järnväg utan endast för vägar.

Intill primära leder för farlig gods rekommenderar Länsstyrelsen att ett bebyggelsefritt område på minst 25 meter från vägen upprättas. Inom 30 meter anges ett antal riskreducerande åtgärder för olika verksamheter:

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) gäller att:

- glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

För markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K), drivmedelsförsörjning (G), Industri (J) och verksamheter (Z) gäller att:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI 30.
- friskluftsintag ska riktas bort från vägen.
- det ska vara möjligt att utrymma bort från vägen på ett säkert sätt.

För sekundära transportleder anger Länsstyrelsen att det är svårare att ge en generell vägledning eftersom riskbilden kan variera mellan olika vägar med hänsyn till vilka konsekvenser och sannolikheter som kan förväntas. Markanvändning bostäder (B), centrum (C), vård (D), handel (H), friluftsliv och camping (N), tillfällig vistelse (O), besöksanläggningar (R), skola (S) och kontor (K) ska för de flesta sekundära leder uppföras med 25 meter till vägen. Det kan dock vara möjligt att bygga närmare en sekundär led men sannolikt ej mindre än 15-20 meter.

Länsstyrelsen anger dessutom att riskutredningar ska utreda eventuellt behov av riskreducerande åtgärder utöver de krav som länsstyrelsen anger.

## 2.2 AVSTÅND TILL BENSINSTATION

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut riktlinjer för avstånd mellan bensinstationer och olika typer av bebyggelser [5]. Mellan bensinstationer och sammanhållen bostadsbebyggelse bör ett värde på 50 meter eftersträvas.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har gett ut en handbok för hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer [7]. I handboken listas skyddsavstånd från olika objekt (byggnader) och riskkällor på bensinstationer (påfyllningsanslutning, mätarskåp, etc.). Det längsta skyddsavståndet uppgår till 25 meter.

## 2.3 ÖVRIGA LAGAR OCH RIKTLINJER

Förutom ovanstående lagar, riktlinjer och rekommendationer förekommer ett antal lagar och föreskrifter som kan vara relevanta för markanvändning och planärenden med hänsyn till människors säkerhet och hälsa. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ger till exempel ut föreskrifter angående hantering och förvaring av brandfarliga varor.



## 2.4 JÄMFÖRELSE MED AKTUELLT PLANOMRÅDE

Ny bebyggelse inom Kv. Diabilden, Stockholm, uppförs ca 25 meter från Örbyleden. Således uppfylls Länsstyrelsen Stockholms senaste rekommendationer angående minsta skyddsavstånd enligt kapitel 2.1.

Ny bebyggelse inom Ramsökaren 2 planeras att uppföras ca 22 meter från Örbyleden. Således måste en dialog föras med Länsstyrelsen och om de anser att de risknivåer samt riskreducerande åtgärder som presenteras i denna handling kan motivera att byggnader får uppföras 22 meter från Örbyleden.

Byggnader inom Kv. Diabilden bedöms kunna utformas utan hänsyn till närliggande bensinstation då avstånd till bensinstation uppgår till ca 120 meter. Avstånd till bensinstation från Ramsökaren 2 är ännu längre. Närhet till bensinstation utreds således ej vidare i denna handling

### 3 TRANSPORT AV FARLIGT GODS

Farligt gods delas in i nio olika klasser beroende på vilka egenskaper ämnet har. De olika klasserna och exempel på ämnen redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Indelning av farlig gods i olika klasser.

Klass	Ämne	Exempel
1	Explosiva ämnen och föremål.	Sprängämnen, tändmedel, ammunition.
2	Brännbara gaser och giftiga gaser.	Gasol, vätgas, klor, ammoniak.
3	Brandfarliga vätskor.	Bensin, dieselolja, eldningsolja.
4	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen, fasta okänsliggjorda explosiva ämnen, självantändande ämnen och Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten.	Metallpulver, karbid, fosfor.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider.	Natriumklorat, väteperoxid.
6	Giftiga ämnen och smittförande ämnen.	Arsenik, bly, kvicksilver, cyanid.
7	Radioaktiva ämnen.	
8	Frätande ämnen.	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid.
9	Övriga farliga ämnen och föremål.	Asbest, gödningsämnen.

#### 3.1 ALLMÄNT OM KONSEKVENSER TILL FÖLJD AV VÅDAUTSLÄPP

Vid en farligt godsolycka är det främst ämnen i klass 1, 2 och 3 som kan medföra negativa konsekvenser för människor i det aktuella området. Brandfarliga fasta ämnen (klass 4) liksom frätande ämnen (klass 8) kan medföra negativa konsekvenser på människor, men då endast i omedelbar närhet till utsläppet eller i direkt kontakt med ämnet. För giftiga ämnen (klass 6) uppstår risk för skada endast om man får direktkontakt med ämnet eller får det i sig. Vådautsläpp av oxiderande ämnen samt organiska peroxider (klass 5) medför normalt sett inte allvarliga konsekvenser för människor men kan om de blandas med t.ex. fordonets drivmedel leda till liknande konsekvenser som för klass 1.

Radioaktiva ämnen (klass 7) behandlas normalt sett inte i riskanalyser eftersom akut skada vanligtvis inte uppkommer. Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9) är en mycket bred grupp av ämnen där konsekvenserna beror av situation och ämne.

Enligt ovanstående resonemang redovisas nedan vilka konsekvenser för människor som olyckor med farligt gods i klass 1, 2, 3 och 5 kan leda till.

### 3.1.1 KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN OCH FÖREMÅL

För explosiva varor är det främst undergruppen 1.1, massexplosiva varor, som kan orsaka skador på människor. En olycka med 15-25 ton massexplosiva ämnen kan orsaka så höga tryck att byggnader skadas/raseras på flera hundra meters avstånd. Människor tål höga tryck bättre än byggnader, dock kan en raserad byggnad i sin tur orsaka skador på människor. Cirka 60 meter från olycksplatsen kan människor dö som en direkt följd av tryckökningen.

Massexplosiva varor transporteras i relativt liten omfattning och då ofta som styckegods, vilket innebär endast små mängder i taget. På grund av de små transportvolymerna och relativt få transporter är riskbidraget från explosiva varor litet.

### 3.1.2 KLASS 2 – GASER

För att transportera och förvara gas med så liten volym som möjligt kan man trycksätta gasen så att den övergår i vätskefas. En behållare fylls till cirka 80 % vilket innebär att behållaren till viss del även innehåller gasformigt ämne. Transporter med trycksatta gaser transporteras i tjockväggiga tankar. Om behållaren skadas så att den går sönder och ämnet börjar läcka ut, blir konsekvenserna betydligt värre om ämnet kommer ut i vätskefasen än i gasfasen. Konsekvenserna skiljer sig även åt om det är en brännbar eller giftig gas.

#### **Brännbara gaser**

Brandfarliga gaser är till exempel gasol, acetylen, vätgas och metan. Det ämne som representerar brännbar gas i denna riskanalys är gasol. Dels för att gasoltransporter är relativt vanliga, dels för att konsekvenserna vid ett gasolutsläpp kan bli mycket allvarliga (gasol utgör en blandning av olika kolväten och antas representera flera olika kolväten). Vid läckage av gasol kan följande händelser inträffa:

- Jetflamma uppstår om gasen antänds direkt. Flamman ger upphov till värmestrålning som kan skada människor. Är utsläppet gasformigt blir skadorna begränsade till den närmsta omgivningen. Sker utsläppet i vätskefasen blir flammen betydligt större och ett större område påverkas av värmestrålningen. I analysen antas läckaget uppstå nära vätskeytan i tanken, vilket innebär att utsläppet både innehåller vätska och gas.
- Om utsläppet inte antänds direkt kan gasolen bilda ett brännbart gasmoln som kan antändas i ett senare skede. Gasmolnets storlek beror på läckagestorlek och vindhastigheten samt om utsläppet sker i gasfas, nära vätskeytan eller i vätskefas. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan i tanken, vilket innebär att utsläppet både innehåller vätska och gas. I analysen antas att utsläppet sker nära vätskeytan.

- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). En BLEVE kan uppstå om en behållare med gasol utsätts för brand. Trycket inne i behållaren blir högt på grund av värmen och till slut sprängs behållaren och gasolen bildar ett aerosolmoln (gasmoln som även innehåller vätska) i den omgivande luften. Om detta aerosolmoln antänds sker en snabb och kraftig förbränning som kan få mycket allvarliga konsekvenser. En BLEVE drabbar främst dem som vistas utomhus och inte hinner eller tänker på att fly undan. Från det att en farligt godsolycka sker till dess att en BLEVE kan uppstå dröjer ofta så länge att berörda områden hinner evakueras. Risken för att en BLEVE ska inträffa är mycket liten, och gäller främst transporter på järnväg då flera behållare transporteras på samma gång.
- Om det inte förekommer några tändkällor eller om gasen i gasmolnet inte ligger inom brännbarhetsområdet, kan ett gasmoln uppstå utan antändning. Detta scenario antas inte medföra några konsekvenser för människor.

### **Giftiga gaser**

Det kan vara svårt att i förväg uppskatta hur omfattande konsekvenser ett utsläpp med giftig gas kan få då gasens utbredning styrs av många omgivande faktorer, exempelvis väder, vind och topografi. Klor är en av de mest giftiga gaserna, och då klor är en tung gas sprids den längs marken, vilket särskilt drabbar människor som befinner sig utomhus. Ett klorutsläpp kan orsaka dödsfall flera hundra meter från utsläppskällan. Personer som vistas inomhus klarar sig i regel förutsatt att fönster och ventilation är stängda.

Ammoniak och svaveldioxid är två andra giftiga gaser. Användningen av klor förväntas minska då klor dels är mycket giftigt för människor, dels mycket skadligt för miljön. Ammoniak ersätter klor i allt fler processer. Inga transporter av giftiga gaser sker på Örbyleden enligt genomförda mätningar [8].

### **3.1.3 KLASS 3 – BRANDFARLIGA VÄTSKOR**

Vid ett utsläpp av en brandfarlig vätska bildas det en pöl som kan antändas. Värmestrålningen från pölbranden kan orsaka konsekvenser på människor som befinner sig i närhet av branden. Värmestrålningen beror på pölens area. För att förebygga personskador till följd av pölbrand bör hinder finnas som hindrar pölen att breda ut sig och rinna i riktning mot bebyggelse. Bensin som är mer brandfarligt än till exempel diesel och eldningsolja representerar de brandfarliga vätskorna i denna riskanalys.

### **3.1.4 KLASS 5 – OXIDERANDE ÄMNE OCH ORGANISKA PEROXIDER**

Ett utsläpp av oxiderande ämnen leder normalt ej till risk för personskador. För flertalet ämnen (undantaget vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid) ger dock ett utsläpp som blandas med brännbara ämnen och antänds mycket kraftiga explosioner.



Dokumenttyp <b>Rapport</b>	Version <b>Rev C</b>	Sida <b>21 / 72</b>
Uppdragsnamn <b>KV. DIABILDEN OCH RAMSÖKAREN 2 STOCKHOLM</b>	Uppdragsnummer <b>20170717-01</b>	
<b>RISKBEDÖMNING – REVIDERING C DETALJPLANUTREDNING</b>	Handläggare <b>Adam Lindström</b>	
	Datum <b>2017-09-29</b>	Revidering <b>2019-04-29</b>

## 4.2 ARBETSMETOD FÖR DENNA ANALYS

Utifrån det som beskrivits i kapitel 4.1 består denna riskbedömning av följande arbetsmoment:

### Förutsättningar

För att utföra en kvantitativ riskanalys krävs att följande information:

- Områdesorientering, exempelvis topografi, byggnader, natur, geografisk placering, etc.
- Inventering av trafikflöden samt transporterade mängder farligt gods. Om inventering ej ger tillräckligt underlag kompletteras transportstatistiken med riksvärden.
- Information om mottagare/avsändare av farligt gods. Detta kan innebära att fördelningen av transporterade ämnen skiljer sig från den nationella statistiken över transportmängder på olika vägsträckor.
- Statistik över väderdata, exempelvis vindriktningar, vindhastigheter och temperaturer.
- Prognos för framtida trafikering och transportmängder.

### Riskidentifiering

En riskinventering genomförs där oönskade händelser som kan påverka personer i planområdet identifieras. Identifieringen mynnar ut i val av dimensionerande olycksscenarioer med hänsyn till transport av farlig gods.

### Bedömning av sannolikheter och frekvenser

Beräkning av sannolikheter och frekvenser för de dimensionerande olycksscenarioerna som medför negativ påverkan på personer i området. Olycksfrekvenser för vägtrafik är hämtas bland annat från rapporter utgivna av Väg- och transportforskningsinstitutet [9] sam Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) [10].

### Bedömning av konsekvenser

För respektive dimensionerande olycksscenarioer utförs konsekvensberäkningar med handberäkningar samt med hjälp av datorprogrammen Gasol, utvecklat vid Lunds Universitet för Räddningsverket, och BfK – Beräkningsmodell för Kemikalieexponering, utvecklat vid försvarets forskningsinstitut. Konsekvensberäkningarna renderar i riskavstånd.

### Riskberäkningar

Sannolikheter och frekvenser vägs samman med konsekvensberäkningarna och ger ett riskmått (t.ex. individrisk och samhällsrisk). I denna analys beräknas endast individrisken.

### Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen varierar indata för att ta reda på hur robust resultatet är i förhållande till förändrade förutsättningar, t.ex. kan mängden transporterat gods regleras för framtida ökning/minskning, vilket då leder till en annorlunda risknivå än då grundindatan används.

### Riskvärdering

De framräknade riskmåttin inom området jämförs mot kriterier för att översätta numeriska värden till värdebedömningar, de så kallade acceptanskriterierna, för att bedöma om risken inom området är acceptabel eller ej.

### Riskreducerande åtgärder

För att minska riskens storlek kan riskreducerande åtgärder vidtas. Här ges vid behov förslag på åtgärder som bör vidtas för att öka säkerheten för de personer som befinner sig inom området.

### Värdering av osäkerheter

Vid framtagandet av riskanalyser är det oundvikligt att all information inte är platsspecifik, att konsekvenser är svåra att uppskatta (skillnad mellan att skadas eller omkomma som exempel), d.v.s. antaganden måste göras. I detta kapitel värderas därmed de osäkerheter som uppstår då antaganden görs samt begränsningar i beräkningar.

## 4.3 VAL AV ACCEPTANSKRITERIER

Acceptanskriterier används för att kontrollera om den beräknade risken är acceptabel eller ej. I Sverige finns det inga uttalade acceptanskriterier som bör tillämpas vid riskanalyser. Däremot finns det ett antal praxis. Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) har tagit fram fyra övergripande principer för att bedöma risker [1]:

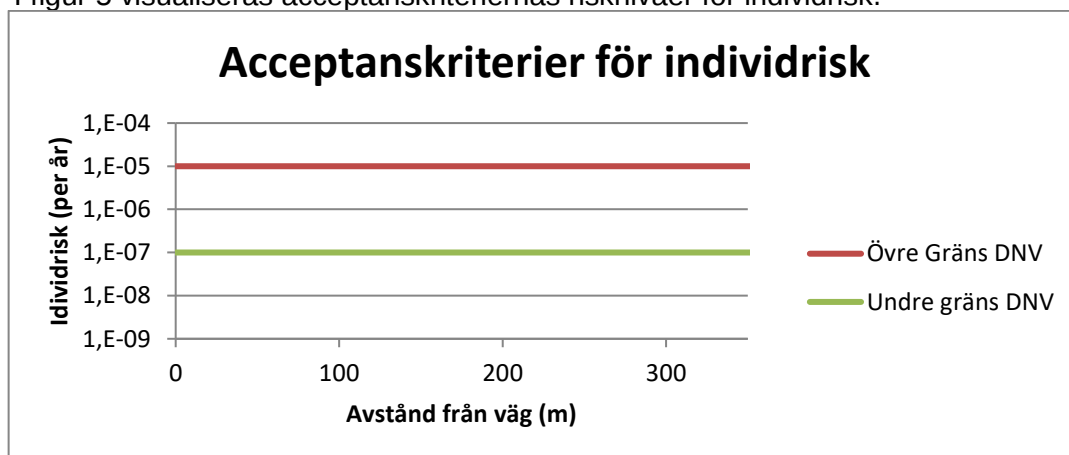
- **Rimlighetsprincipen:** Risken som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas.
- **Proportionalitetsprincipen:** De totala risker som en verksamhet medför bör vara proportionerliga med exempelvis de produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen:** Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför.
- **Principen om undvikande av katastrofer:** Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga resurser än i form av katastrofer.



I flera länder översätts acceptanskriterier till ett numeriskt värde; en övre nivå där riskerna ej kan anses vara acceptabla och en undre nivå där riskerna kan anses vara acceptabla. I Sverige finns inga fastställda numeriska värden men vanligen används de kriterier som tagits fram av DNV (Det Norske Veritas) [1]. För individrisken gäller följande för beräkning längs med en vägsträcka om 1 km:

- Risknivåer högre än  $1 \times 10^{-5}$  per år accepteras normalt ej.
- Risknivåer under  $1 \times 10^{-7}$  per år anses så låga att ytterligare riskreducerande åtgärder inte behöver värderas.
- Vid risknivåer mellan dessa gränser ska riskreducerande åtgärder värderas ur ett kostnads-/nyttaperspektiv. Rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt. Detta område kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable).

I figur 5 visualiseras acceptanskriterierna risknivåer för individrisk.



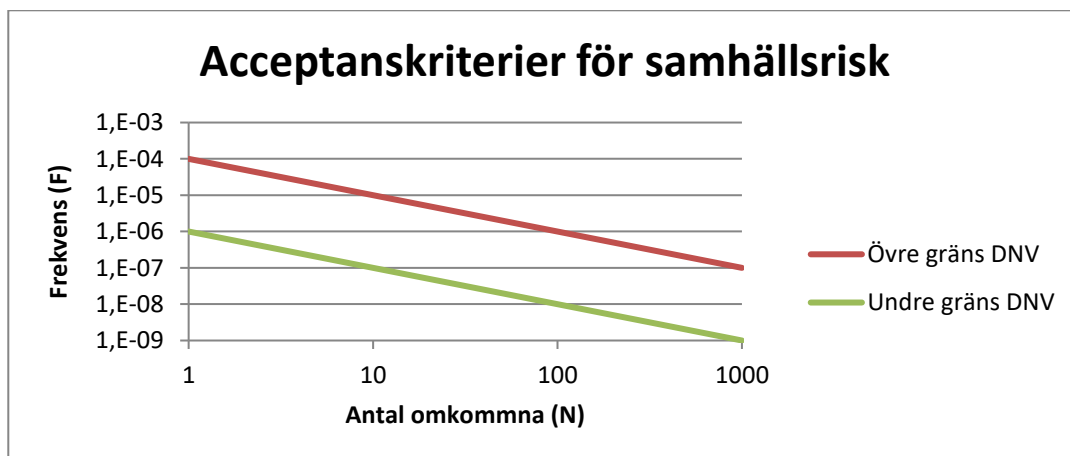
Figur 5. Visualisering av acceptanskriterier för individrisk.

Acceptanskriterierna i figur 5 kan tillämpas vid följande förutsättningar:

- Vid beräkning av risknivå antas att individen har en genomsnittlig känslighet för risken, är kontinuerligt närvarande och befinner sig utomhus.
- Kriterier tillämpas för allmänheten.
- Kriteriet avser summan av industriella risker som den mest exponerade individen är utsatt för.
- Vid tillämpning av kriteriet kan särskild hänsyn behöva tas till individers vistelsetid, förhållandet beträffande utrymning och eventuell ökad känslighet hos utsatta grupper. Dessa värderingar bör med tanke på osäkerheter göras från en konservativ utgångspunkt.

Acceptanskriterier finns även för samhällsrisk. Vanligen används, även för samhällsrisk, de kriterier som tagits fram av DNV (Det Norske Veritas) [1] och samhällsriskens presenteras i en FN-kurva, se figur 6.

- Övre gräns enligt DNV:  
 $F=1 \times 10^{-4}$  per år för  $N=1$ . Det innebär att frekvensen för att en person ska omkomma är  $1 \times 10^{-4}$  per år, det vill säga ett dödsfall på 10000 år.
- Undre gräns enligt DNV:  
 $F=1 \times 10^{-6}$  per år för  $N=1$ . Det innebär att frekvensen för att en person ska omkomma är  $1 \times 10^{-6}$  per år, det vill säga ett dödsfall på 1000000 år.
- Lutning på FN-kurvan ska vara -1.
- Vid risknivåer mellan övre och undre gränsen ska riskreducerande åtgärder värderas ur ett kostnads-/nyttaperspektiv. Rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt. Detta område kallas för ALARP-området (As Low As Reasonably Practible).



Figur 6. Visualisering av acceptanskriterier för samhällsrisk.

## 5 FÖRUTSÄTTNINGAR

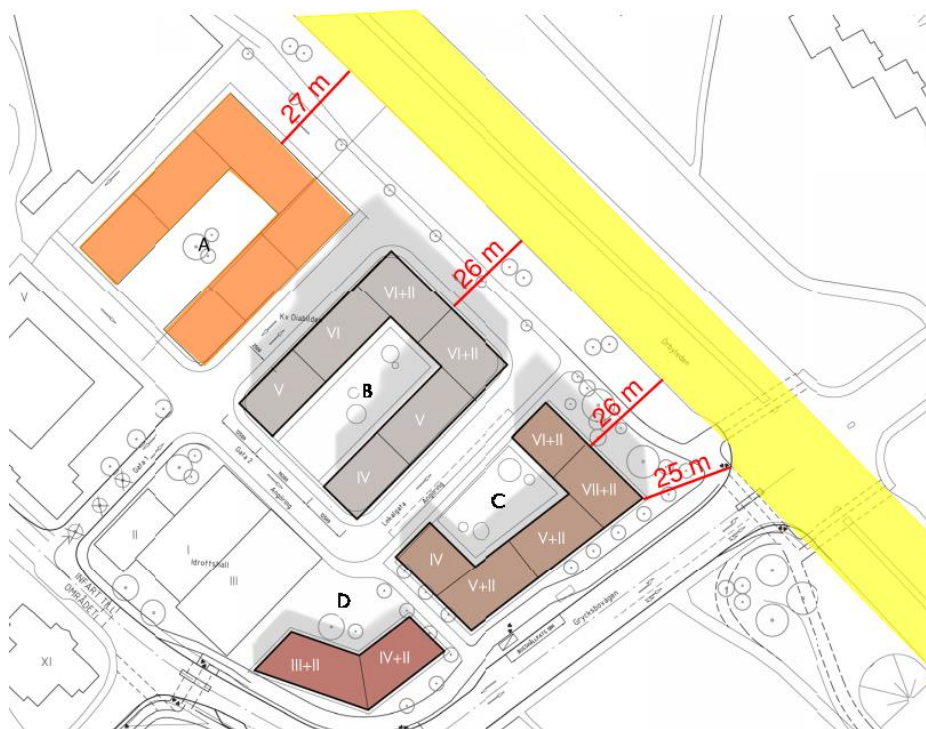
### 5.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Planområdet är beläget i södra Stockholm i nära anslutning till Bandhagens centrum.

#### *Diabilden*

Kv. Diabilden utgörs i dagsläget av obebyggd mark (bollplan). Sydöst om bollplanen finns en mindre kulle med träd och buskage. Nordväst är ett parkeringsgarage (överbyggd parkering med parkeringsplatser även på "tak") uppfört. Bandhagens före detta gymnasium (Ramsökaren 2) finns ytterligare något steg åt nordväst. Åt väster gränsar Diabilden mot lägenhetshus och Bandhagshallen.

Planerad bebyggelse på Diabilden kommer att uppföras mellan ca 25 - 27 meter från Örbyleden, se figur 7.



Figur 7. Avstånd mellan planerad bebyggelse inom Kv. Diabilden och Örbyleden.

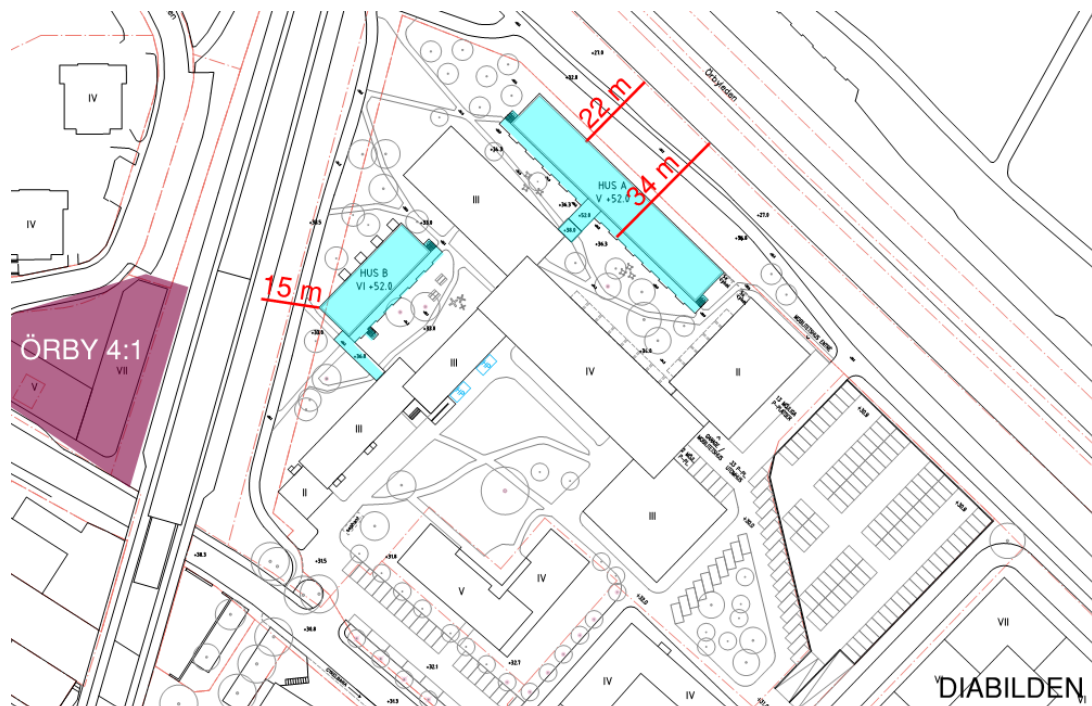
Mellan planerad bebyggelse inom Kv. Diabilden och Örbyleden löper en GC-väg. Mellan GC-väg och Örbyleden finns ett dike. Örbyleden är ej försedd med kantsten eller vägräcke, se figur 8. Diabilden är dock belägen något högre än Örbyleden.



Figur 8. Miljö mellan Örbyleden och Diabilden (bollplan), (bild från eniro.se).

### Ramsökaren 2

Planerad bebyggelse på Ramsökaren 2 uppförs minst 22 meter från Örbyleden enligt figur 9. Avstånd till tunnelbanan uppgår till ca 15 meter.



Figur 9. Ny bebyggelse på Ramsökaren 2 och avstånd till Örbyleden samt tunnelbana. Observera att järnvägsspåren ej är utritade i figuren. 15 meter ska hållas till spåren.

## 5.2 TRAFIKINFORMATION

Enligt en trafikanalys upprättad av WSP var den totala trafiken på Örbyleden i genomsnitt 20 200 fordon per dygn i oktober 2015 [8]. Av 20 200 fordon per dygn utgjorde 15 % tung trafik. Av den tunga trafiken utgjordes 0,9 % av lastbilar med farligt gods. Det ger således drygt 27 transporter med farligt gods per dag. Trafikmängden uppmättes mellan 28:e september och 26:e oktober (d.v.s. totalt 29 dygn) och gäller endast vardagar.

Enligt mätningar genomförda av WSP under två veckor (även helger) i oktober år 2015 noterades 280 transporter av farligt gods via Örbyleden [8], vilket således ger 20 transporter av farligt gods per dygn. Mätpunkten var belägen i anslutning till studerat planområde.

Riskenivåerna i denna handling ska inkludera vardagar och helgdagar (ett längre perspektiv än endast vardagar studeras). Därmed nyttjas 20 transporter av farligt gods per dygn för Örbyleden. Dock utan hänsyn till omledningstrafik från Södra länken.

Hastigheten på Örbyleden längs med Diabilden och närområdet är begränsad till 70 km/h.

För att ta hänsyn till transporter med farligt gods som sker längs med Örbyleden då Södra länken stängs av studeras även antalet transporter med farligt gods på Södra Länken. Enligt mätningar i oktober 2015 noterades 3 657 transporter med farligt gods [8], vilket motsvarar ca 126 transporter per dygn. Därtill var Södra länken stängd i ca 10 000 minuter (både år 2015 och 2016) [11], vilket motsvarar knappt 7 dygn. Således antas det konservativt att transporter med farligt gods på Södra länken leds om till Örbyleden under motsvarande 7 dygn på ett år, samt att alla transporter med farligt gods leds om via Örbyleden. På ett år antas därmed 882 transporter med farligt gods ledas om från Södra Länken till Örbyleden.

Totalt erhålls  $20 \cdot 365 + 882 = 8\,182$  transporter av farligt gods per år på Örbyleden, vilket motsvarar drygt 22 transporter av farligt gods per dygn.



## 5.2.1 TRAFIKFLÖDE AV FARLIGT GODS

Vid mätningarna i oktober 2015 identifierades även vilken klass av farligt gods som transporterades på Örbyleden [8], se tabell 4. Antalet transporter per dygn och klass är beräknat från totalt 20 transporter av farlig gods per dygn.

Tabell 4. Andelen av olika klasser av farligt gods på Örbyleden utan omledning av Södra länken.

Klass	Ämne	Andel i procent	Antal transporter per dygn
1	Explosiva ämnen och föremål.	0,0	0
2	Brännbara gaser och giftiga gaser.	36,0	7,2
3	Brandfarliga vätskor.	19,3	3,9
4	Brandfarliga fasta ämnen etc.	0,0	0
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider.	0,0	0
6	Giftiga ämnen och smittförande ämnen.	0,0	0
7	Radioaktiva ämnen.	0,0	0
8	Frätande ämnen.	6,2	1,2
9	Övriga farliga ämnen och föremål.	12,0	2,4
-	Styckegods	26,5	5,3

Således är det endast klass 2 och 3 som berörs av denna handling enligt resonemang i kapitel 3. Vilka ämnen som transporterades som styckegods är inte kartlagt. För att ändå ta hänsyn till dessa transporter antas de i denna handling motsvara 1 transport av brännbar gas per dygn (t.ex. gasolflaskor). Detta tillvägagångssätt är konservativt om merparten av styckegodset utgörs av t.ex. klass 4 men kan underskatta risknivåerna om merparten av styckegodset utgör t.ex. klass 3.

Samtliga gaser i klass 2 var, i den mätning som WSP genomförde, brännbara (metangas, naturgas och andra kolväten). Brandfarliga vätskor var främst fördelat på bensin samt diesel.

Motsvarande fördelning för Södra länken redovisas i tabell 5. Antalet transporter per dygn och klass är beräknat från totalt 126 transporter av farlig gods per dygn.

Tabell 5. Andelen av olika klasser av farligt gods på Södra länken.

Klass	Ämne	Andel i procent	Antal transporter per dygn
1	Explosiva ämnen och föremål.	0,0	0
2	Brännbara gaser och giftiga gaser.	4,4	5,5
3	Brandfarliga vätskor.	80,7	101,7
4	Brandfarliga fasta ämnen etc.	0,0	0
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider.	0,0	0
6	Giftiga ämnen och smittförande ämnen.	0,0	0
7	Radioaktiva ämnen.	0,0	0
8	Frätande ämnen.	0,9	1,1
9	Övriga farliga ämnen och föremål.	5,1	6,4
-	Styckegods	8,5	10,7

Likt för Örbyleden antas styckegods motsvara transport av brännbar gas. Då det transporteras dubbelt så mycket styckegods på Södra länken antas detta motsvara 2 transporter av brännbar gas per dygn.

Även för Södra länken var samtliga gaser i klass 2 brännbara (metangas, naturgas och andra kolväten) i den mätning som WSP genomförde. Brandfarliga vätskor var främst fördelat på bensin, etanol samt diesel.

Slutligen slås transport av farligt gods på Örbyleden ihop med transporten vid omledning från Södra länken. Enligt resonemang i kapitel 3 kan antalet klasser som studeras vidare i denna handling begränsas till klass 2 och klass 3 i tabell 4 och tabell 5. Genomsnittligt antal transporter av brännbar gas (giftig gas förekommer ej) och brandfarlig vätska beräknas enligt följande:

**Brännbar gas**

$((7,2+1) \cdot 365 + (5,5+2) \cdot 7) / 365 = 8,3$  transporter per dygn (hänsyn har tagits till styckegods).

**Brandfarlig vätska**

$(3,9 \cdot 365 + 101,7 \cdot 7) / 365 = 5,9$  transporter per dygn.



### 5.3 VÄDERFÖRHÅLLANDEN

Vind och väderförhållanden har en stor betydelse framförallt vid spridning av gaser.

Enligt Helmersson [9] är det brukligt att vikta ihop vädertyperna neutral och stabil då de ger olika spridningsförhållanden och konsekvenser. Följande väderdata har antagits enligt Helmersson:

- Neutralt väder, vindhastighet 5 m/s 80 % av tiden.
- Stabilt väder, vindhastighet 2 m/s 20 % av tiden.

Närmsta mätstation för vindförhållanden Stockholms mätstation. Enligt statistik från Statens meteorologiska institut var genomsnittlig vindhastighet 3,4 m/s mellan åren 1961-2017 [12], vilket stämmer relativt bra överens med Helmerssons värden. Att vindhastigheterna överensstämmer får ses som en tillfällighet men påvisar att Helmerssons antagande är tillämplbara. Det ska dock observeras att vindhastigheten vid enstaka tillfällen kan överskrida ansatt vindhastighet. Att dimensionera riskreducerande åtgärder efter sådana omständigheter ger dock inte ett kostnadseffektivt tillvägagångssätt.

Enligt samma statistik från SMHI åskådliggörs även vindriktning mellan åren 1961 och 2017. Förenklat delas vindriktningen upp i två fall där vindriktningen är 140-320 grader är bort från planområdet (mot Stureby) och övriga vindriktningar är mot planområdet. I drygt 60 % av fallen blåser det bort från planområdet och i 40 procent mot planområdet.

### 5.4 BEFOLKNINGSTÄTHET

I samband med en riskanalys för Kållereds centrum, Mölndal, anges att befolkningstätheten kan karakteriseras av följande schablonvärden [13]:

- Tät stadsbebyggelse – 10 000 personer/km<sup>2</sup>.
- Stadsbebyggelse – 5 000 personer/km<sup>2</sup>.
- Bostads- och industriområde – 2 500 personer/km<sup>2</sup>.

Enligt Kylefors [14] kan det antas att befolkningstätheten i förorter med lägenhetshus är 2000-4000 personer/km<sup>2</sup>. För stadscentrum är denna siffra mer än 4000 personer/km<sup>2</sup>.

För Stockholms kommun uppgick befolkningstätheten år 2015 till i genomsnitt 4 935 personer/km<sup>2</sup> [15]. För att dock ta hänsyn till lokala förhållanden inom riskområdet görs en mer detaljerad befolkningsuppskattning. Området som studeras sträcker sig en kilometer längs med Örbyleden med Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2 i mitten av denna sträcka. Det längsta riskavståndet enligt avsnitt 8 uppgår till drygt 130 meter. Det innebär att en area om 0,13 km<sup>2</sup> studeras på båda sidor om Örbyleden.

Uppgifter på antalet lägenheter och dess storlek (samt RoK) har erhållits via mail<sup>1</sup>. Det genomsnittliga antalet RoK har beräknats och antagits motsvara antalet personer i en lägenhet.

Inom Kv. Diabilden (kvarter A, B, C och D) blir det totala personantalet drygt 1000 personer. Motsvarande siffra för Ramsökaren (inklusive befintlig bebyggelse) blir knapp 500 personer. **Detta antal är något överskattat då två av byggnaderna som tidigare planerades har utgått. Ändringen medför att 88 lägenheter uppförs (58 lägenheter i det längre huset mot Örbyleden och 30 lägenheter i huset mot tunnelbanan). I tidigare förslag planerades för 117 lägenheter och 30 studentlägenheter. Således är befolkningstätheten inom studerat område något lägre än tidigare, vilket leder till en lägre samhällsrisk än vad som tidigare har beräknats. Dock görs inga korrigeringar i beräkningarna för samhällsrisk med hänsyn till den något lägre befolkningstätheten. Detta eftersom samhällsrisknivån endast kommer ändras marginellt med den justerade befolkningstätheten. Inom Diabilden är befolkningstätheten likt tidigare versioner av denna handling.**

Nordväst om Ramsökaren ligger fyra punkthus och en längre byggnad som även omfattas av studerat område. Punkthusen består av fyra våningsplan med uppskattningsvis fyra lägenheter per plan. I genomsnitt antas 2 personer bo i lägenheterna, vilket ger knappt 130 personer i de fyra punkthusen. Den längre byggnaden har 39 balkonger. Det antas att varje lägenhet har tillgång till en balkong och att i snitt 2,5 personer bor i respektive lägenhet, vilket ger knappt 100 personer i den längre byggnaden. Motsvarande analys för övriga byggnader inom studerat område kan ej göras med lätthet. Därför adderas 400 personer till det totala personantalet för att erhålla ett konservativt värde (mindre flerbostadshus, etc.).

Totalt vistas således drygt 2100 personer inom studerat området sydväst om Örbyleden (mot Bandhagen). Det ger en lokal befolkningstäthet på ca 16150 personer/km<sup>2</sup> (2100/0,13).

I området mot Stureby förekommer glesare bebyggelse med radhus och mindre flerbostadshus. Befolkningstätheten inom detta område antas motsvara befolkningstätheten som generellt gäller för Stockholms kommun, d.v.s. knappt 5000 personer/km<sup>2</sup>, vilket anses vara ett konservativt värde.

Eftersom studerat område främst består, och kommer att bestå, av bostäder gäller ovanstående befolkningstätheter nattetid när flertalet av de boende förväntas vara hemma. Hur många personer som befinner sig inom området på dagtid är svårt att uppskatta. För bostadsområden anger dock holländska riktlinjer att 70 % av befolkningstätheten nattetid kan antas råda dagtid [16]. I de holländska riktlinjerna anges även att 93 % av befolkningen kan antas befinna sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten.

För studerat området antas det därmed att 70 % av befolkningen befinner sig inom området dagtid. För att behålla ett konservativt tillvägagångssätt antas 10 % av dessa

<sup>1</sup> Mailkorrespondens med Niklas Gahm och Jenny Kåhre, 2017-11-21.

befinnas sig utomhus under dagtid. 1 % antas finnas sig utomhus under natten. Dagtid råder mellan 8.00 – 18.30. Natttid antas befolkningstätheten vara 100 %. Befolkningstätheten vid planområdet summeras i tabell 6.

Tabell 6. Antagen befolkningstäthet vid planområdet.

Andel av dygn (%)	Befolkningstäthet (pers./km <sup>2</sup> )	Andel utomhus (%)	Andel inomhus (%)
Mot Bandhagen			
43,75 (dagtid)	11305	10	90
56,25 (natttid)	16150	1	99
Mot Stureby			
43,75 (dagtid)	3500	10	90
56,25 (natttid)	5000	1	99

20 meter från Örbyleden mot Bandhagen antas befolkningstätheten vara 0 då detta område är bebyggelsefritt. Mot Stureby ligger ett flerbostadshus med gaveln ca 30 meter från Örbyleden. Övrig bebyggelse ligger mer än 40 meter från Örbyleden (även huvuddelen av grönområdet ligger mer än 40 meter från Örbyleden). Därmed antas befolkningstätheten vara 0 inom 40 meter från Örbyleden mot Stureby.

## 6 RISKIDENTIFIERING

### 6.1 FARLIGT GODSOLYCKA

En farligt godsolycka på Örbyleden kan inträffa genom antingen kollision eller singelolycka. Av de farligt godstransporter som sker på Örbyleden är den endast brännbar gas och brandfarlig vätska som bedöms påverkar planområdet. Se även kapitel 3 och kapitel 5.2.1

Det ämne som representerar brännbar gas i denna riskanalys är gasol. Dels för att gasoltransporter är relativt vanliga (även om transporter med metan och naturgas sker i stor utsträckning på Örbyleden), dels för att konsekvenserna vid ett gasolutsläpp kan bli mycket allvarliga (gasol utgör en blandning av olika kolväten och antas representera flera olika kolväten däribland metan och naturgas).

Bensin som är mer brandfarligt än till exempel diesel och eldningsolja representerar de brandfarliga vätskorna i denna riskanalys.

#### 6.1.1 DIMENSIONERANDE OLYCKSHÄNDELSER

##### **Brandfarlig gas (klass 2.1) - Gasol**

Gasol antas transporteras i tankbilar utan släp. En tankbil rymmer cirka 25 ton tryckkondenserad gasol. Sluthändelserna som kan påverka planområdet vid en olycka redovisas i tabell 6. Händelsesträd för farligt godsolycka med gasol redovisas i bilaga A.

Tabell 7. Dimensionerande olyckshändelse med brandfarlig gas.

Scenario	Händelse
<b>G1</b>	Stort momentant utsläpp, explosion.
<b>G2</b>	Stort momentant utsläpp, fördröjd antändning, neutral skiktning, brand.
<b>G3</b>	Stort momentant utsläpp, fördröjd antändning, stabil skiktning, brand.
<b>G4</b>	Stort kontinuerligt utsläpp, jetflamma uppstår.
<b>G5</b>	Stort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
<b>G6</b>	Stort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.
<b>G7</b>	Medelstort utsläpp, jetflamma uppstår.
<b>G8</b>	Medelstort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
<b>G9</b>	Medelstort kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.

Scenario	Händelse
<b>G10</b>	Litet utsläpp, jetflamma uppstår.
<b>G11</b>	Litet kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, neutral skiktning.
<b>G12</b>	Litet kontinuerligt utsläpp, fördröjd antändning av gasmoln, vinden blåser mot planområdet, stabil skiktning.

### Brandfarlig vätska (klass 3) - Bensin

Vid transport av brandfarliga vätskor antas i denna analys det vara bensin i samtliga scenarier då detta är ett konservativt antagande eftersom bensin har lägre flampunkt och avger högre strålningsvärme jämfört med till exempel diesel.

Sluthändelserna som kan påverka planområdet vid en olycka redovisas i tabell 7. Händelsesträd för farligt godsolycka med bensin redovisas i bilaga A.

Tabell 8. Dimensionerande olyckshändelse med brännbar vätska.

Scenario	Händelse
<b>B1</b>	Mycket stort utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 400 m <sup>2</sup>
<b>B2</b>	Stort kontinuerligt utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 200 m <sup>2</sup> .
<b>B3</b>	Medelstort kontinuerligt utsläpp, pölbrand. Pölbrandens area 100 m <sup>2</sup> .
<b>B4</b>	Litet kontinuerligt utsläpp. Pölbrandens area 50 m <sup>2</sup> .

## 6.2 TUNNELBANA

Påkörningsrisken för ny bebyggelse på fastigheten Örby 4:1, se figur 9 i kapitel 5.1, har utretts av BRIAB i *Utredning av påkörningsrisk – Örby 4:1, Stockholm*, daterad 2017-05-03 [17]. I utredning beräknas riskavstånd från spåret närmast fastigheten Örby 4.1. Således har antalet tåg i norrgående riktning uppskattats utifrån SL:s tidtabell. Prevecon förutsätter att antalet tåg i södergående riktning (spår närmast Ramsökaren 2) motsvarar antalet norrgående tåg. Hastigheten är densamma som i BRIAB:s utredning. I utredning undersöks två fall; ett där det är liten höjdskillnad mellan spår och fastighet och ett där befintlig höjdskillnad mer eller mindre behålls. Med hänsyn till ovanstående samt att Örby 4:1 och Ramsökaren 2 båda är belägna något lägre än tunnelbanan samt vetter mot tunnelbanans perrong är de båda fastigheternas förutsättningar i förhållande tunnelbanan likvärdiga. De riskavstånd som har beräknats av BRIAB bedöms således även kunna tillämpas för Ramsökaren 2.

Det längsta riskavståndet beräknades till 15 meter. Då ny bebyggelse på Ramsökaren 2 uppförs 15 meter från tunnelbanan bedöms inga ytterligare åtgärder vara nödvändiga. Därmed hanteras risker förknippade med tunnelbanan ej mer i denna handling.

## 7 BEDÖMNING AV SANNOLIKHETER OCH FREKVENSER

### 7.1 FARLIGT GODSOLYCKA

Frekvensen för en olycka med farligt gods på Örbyelden beräknas enligt metod från Räddningsverket [10]. Beräkningarna redovisas i bilaga A.

Förväntat antal farligt godsolyckor per år på aktuell vägsträcka är  $6,87 \times 10^{-4}$  vilket motsvarar att förväntat antal år mellan olyckor med farligt gods är ca 1455 år.

Frekvensen för en olycka med farligt gods för respektive studerad klass av farligt gods redovisas i tabell 9.

Tabell 9. Beräknad frekvens för respektive studerad klass av farligt gods.

Klass	Frekvens (olycka per år)
2	$4,02 \times 10^{-4}$
3	$2,85 \times 10^{-4}$

Sannolikheten för respektive identifierat scenario i kapitel 6.2.1 bestäms genom händelseträdsanalys som redovisas i bilaga A. Därefter multipliceras sannolikheten med frekvensen i tabell 9 för att erhålla en slutlig frekvens för respektive scenario.

## 8 KONSEKVENSBERÄKNINGAR

### 8.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS

#### Gasol

Scenario G1, G2 och G3 har beräknats enligt Helmersson [9]. Resterande scenarier har beräknats med programvaran Gasol. Se bilaga B för indata och slutresultat. Riskavstånden anger, för jetflammar och brinnande gasmoln, avståndet till 3:e gradens brännskada. För övriga fall är riskavståndet det avstånd där strålningen är 5 kW/m<sup>2</sup>. Inom riskavståndet antas 100 % omkomma som befinner sig utomhus. Inomhus antas alla överleva då byggnader ger skydd mot strålning. Utanför riskavståndet överlever samtliga. I tabell 10 sammanställs resultatet för gasololycka på väg.

Tabell 10. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med brännbar gas (gasol).

Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
<b>G1</b>	131	360
<b>G2</b>	59	360
<b>G3</b>	40	360
<b>G4</b>	128	30
<b>G5</b>	23	30
<b>G6</b>	28	30
<b>G7</b>	73	25
<b>G8</b>	20	30
<b>G9</b>	22	30
<b>G10</b>	37	20
<b>G11</b>	19	30
<b>G12</b>	19	30

#### Bensin

Beräkningar har utförts med metoder i FOA-handboken [18]. Riskavståndet är det avstånd där personer antas omkomma direkt. Kritisk strålningsnivå antas vara 15 kW/m<sup>2</sup> då detta, enligt Boverket [19], är den strålningsnivå (mot byggnader) som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad. Denna strålningsnivå orsakar dessutom outhärdlig smärta efter mycket kort exponering. Inom riskavståndet antas samtliga omkomma. Utanför riskavståndet överlever samtliga. Riskavstånden beräknas från polens centrum. I tabell 11 sammanställs resultatet för bensinolycka.



Tabell 11. Riskavstånd för dimensionerande olyckshändelser med brännbar vätska (bensin).

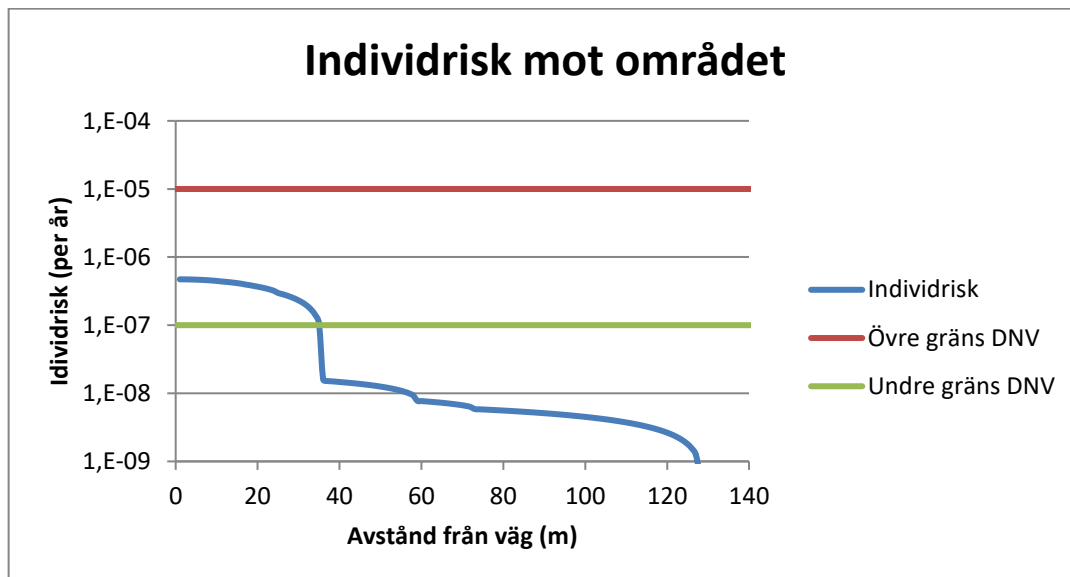
Scenario	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)
<b>B1</b>	36	360
<b>B2</b>	25	360
<b>B3</b>	17	360
<b>B4</b>	11	360

## 9 RISKMÅTT

I detta kapitel redovisas individrisken följt av samhällsrisken. För beräkningssteg hänvisas till bilaga C och D.

### 9.1 INDIVIDRISK

Individrisken längs med Örbyleden mot Bandhagen beräknas som en funktion av avståndet från vägen, se figur 10. Resultatet av individriskberäkningar redovisas i diagrammet nedan. Beräkningarna av individrisken återfinns i bilaga C. Frekvensen för scenarier vars konsekvens är känslig för vindriktningen har multiplicerats med sannolikheten för vindriktning mot Bandhagen. För pölbränder etc. som påverkar ett cirkulärt område har korrigering ej gjorts för vindriktningen (planområdet påverkas oavsett vindriktning).



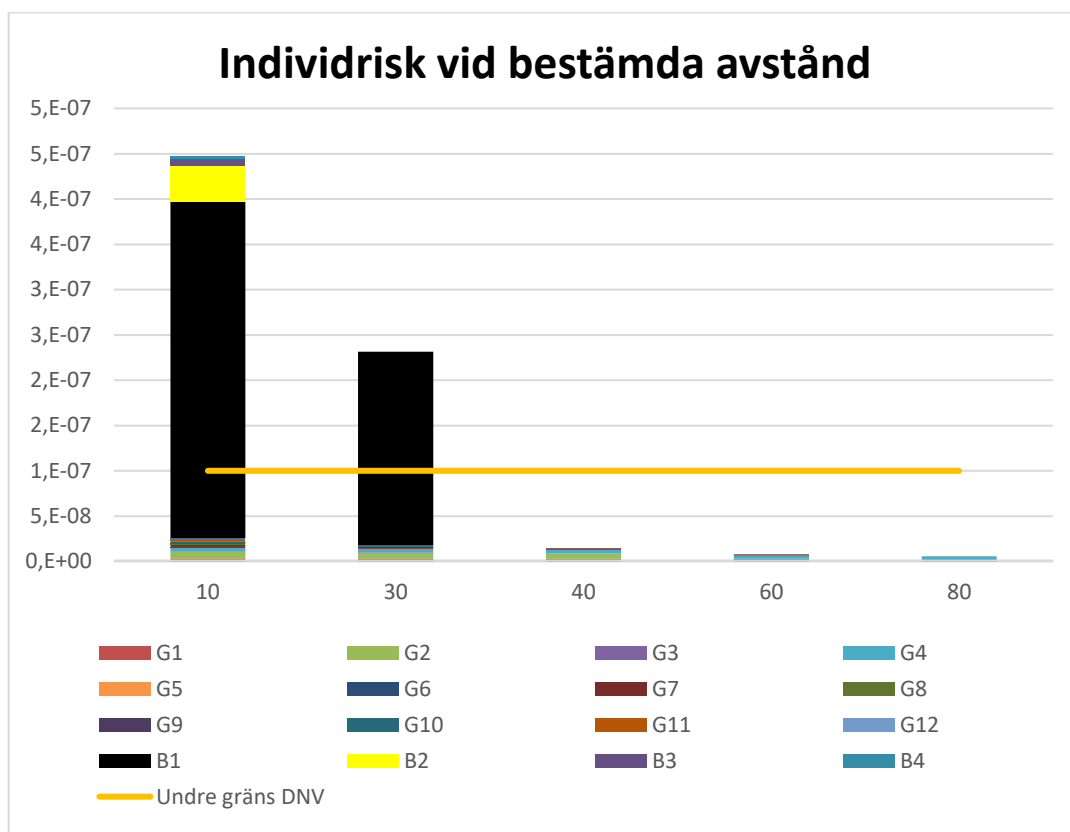
Figur 10. Individrisken som en funktion av avståndet från Örbyleden.

Det längsta riskavståndet för brandfarlig vätska har beräknats till 36 meter, vilket ses i figur 10 då linjen för individrisken sjunker kraftigt vid ca 36 meter.

Inga av de studerade scenarierna har riskavstånd som når mer än 130 meter.

Inom ca 36 meter från Örbyleden hamnar individrisken således inom ALARP-området. Det innebär att rimliga åtgärder bör vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt (As Low As Reasonably Practicable).

I figur 11 åskådliggörs förhållande mellan individriskbidrag från respektive studerat scenario vid 10 meter, 30 meter, 40 meter, 60 meter och 80 meter från Örbyleden. Det undre acceptanskriteriet redovisas även i figuren.



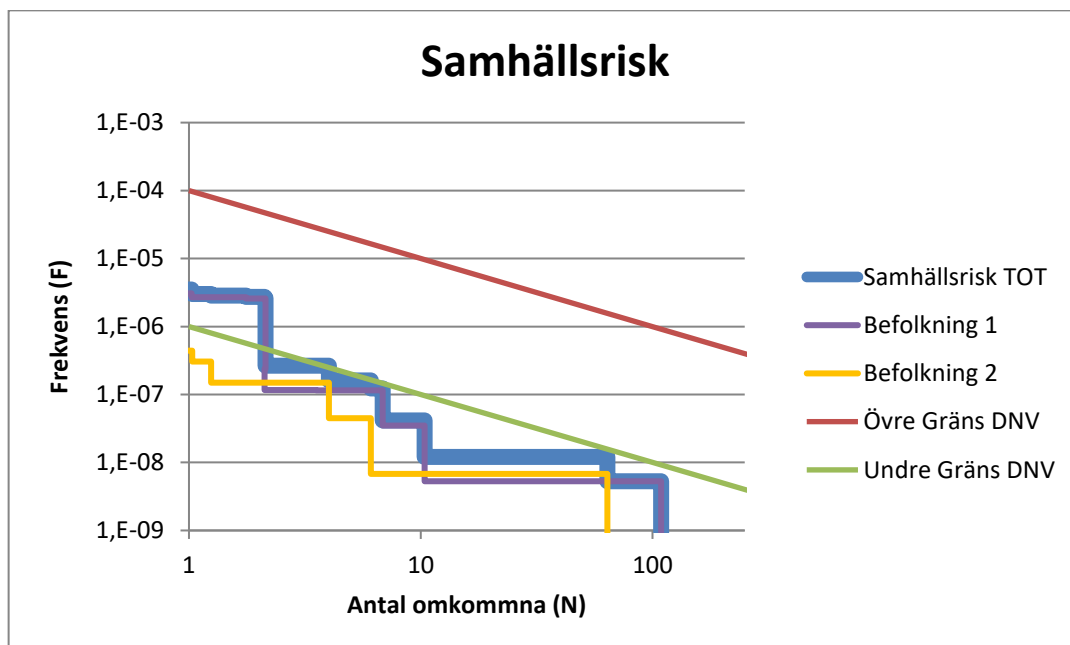
Figur 11. Individrisk fördelad på studerade scenarier samt vid bestämda avstånd.

Scenario B1 (störst pölbrand med brandfarlig vätska) bidrar således mest till individrisken nära Örbyleden. Det beror på olycksscenarier med brandfarlig vätska som har ett begränsat riskavstånd men relativt hög frekvens.

## 9.2 SAMHÄLLSRISK

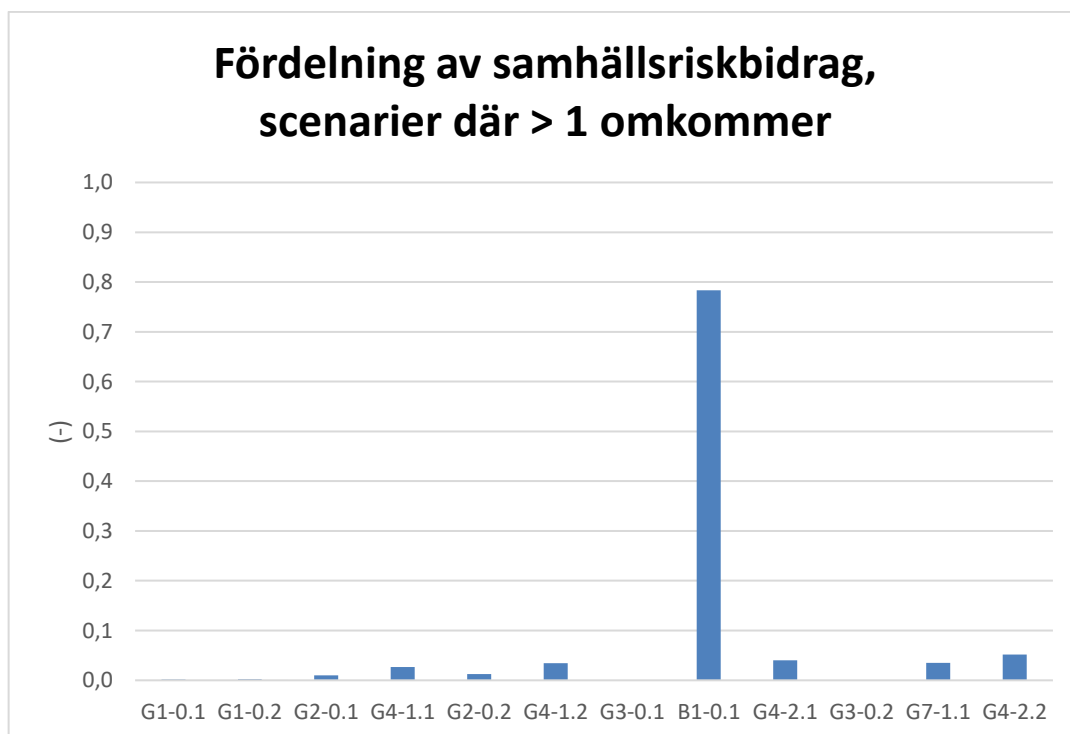
Samhällsrisk beräknas för området utmed Örbyleden med befolkningstäthet enligt kapitel 5.4. Det antas att samtliga som befinner sig utomhus omkommer. 1 % av de som vistas inomhus antas omkomma vid scenarier med brandfarlig vätska och 5 % antas omkomma vid scenarier med brännbar gas.

Samhällsrisk redovisas i ett F/N-diagram i figur 12. Befolkning 1 anger samhällsrisk dagtid och befolkning 2 samhällsrisk nattetid. Fler vistas utomhus under dagtid vilket medför högre samhällsrisk än nattetid.



Figur 12. Samhällsrisk för planområdet utmed Örbyleden.

Samhällsrisk ligger således inom ALARP-området vid lågt antal omkomna för att sedan hamna under det undre acceptanskriteriet. Vid scenarier som medför att en eller flera personer omkommer fördelas samhällsrisk per scenario enligt figur 13.



Figur 13. Fördelning (frekvens) då scenarier med fler än 1 person som omkommer studeras.

Scenarier i figur 13 har givits tilläggssiffror som beskriver vilken vindriktning och befolkningstäthet som råder. Den första siffran efter scenarionamnet anger vindriktningen där 1 är mot planområdet och 2 är från planområdet. Den andra siffran anger befolkningstäthet där 1 är dagtid och 2 är nattetid. Scenario G4-1.2 innebär således att det är scenario G4, det blåser mot Bandhagen (planområdet) samt befolkningstäthet enligt nattetid. För scenarier där vindriktningen inte antas påverka (t.ex. pölbränder) anges detta med siffran 0.

Det framgår att scenario B1-0.1 (mycket stor pölbrand med befolkningstäthet enligt dagtid) bidrar mest till samhällsriskerna under dessa förutsättningar.

Observera att det alltså ej är samtliga scenarier som redovisas i figur 13 utan endast de scenarier där 1 en eller flera personer förväntas omkomma, d.v.s. de som bidrar till samhällsriskerna.

## 10 KÄNSLIGHETSANALYS

För att visa på robusthet i beräkningarna varieras indata för att undersöka effekten på slutresultatet.

Variabler som kan varieras i en känslighetsanalys är till exempel olika sannolikheter för farligt godsolycka, hålstorlekar, väder samt transporterade mängder farligt gods på farligt godsleden och järnvägen. I känslighetsanalysen studeras ökad mängd farligt godstransporter samt förändrad befolkningstäthet. Individrisken och samhällsrisken beräknas på samma sätt som tidigare. Följande indata nyttjas för känslighetsanalysen:

- Befolkningstätheten ökas med 10 %.
- Antalet fordon per dygn på Örbyleden ökas med 20 % till 24 240 fordon.
- Antalet farligt godstransporter ökas med 1 transport per dygn för brännbar gas samt brandfarlig vätska. Dessutom tillkommer 0,14 transport av ammoniak per dygn (vilket motsvarar en transport per vecka).

### Giftig gas (klass 2.3) - Ammoniak

Ammoniak transporteras i tankvagnar. Eftersom gasen transporteras tryckkondenserad, är tanken förstärkt jämfört med behållare för t.ex. brandfarliga vätskor. Sluthändelserna som kan påverka planområdet vid en olycka redovisas i tabell 12.

Tabell 12. Dimensionerande olyckshändelse med giftig gas.

Scenario	Händelse
<b>A1</b>	Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
<b>A2</b>	Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.
<b>A3</b>	Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
<b>A4</b>	Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.
<b>A5</b>	Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.
<b>A6</b>	Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.



### Generellt

Hålstorleken har stor betydelse för resultatet. I analysen har tre storlekar på gasoltankar använts:

- Litet (diameter 4 cm).
- Medelstort (diameter 8 cm)
- Stort (diameter 14 cm).

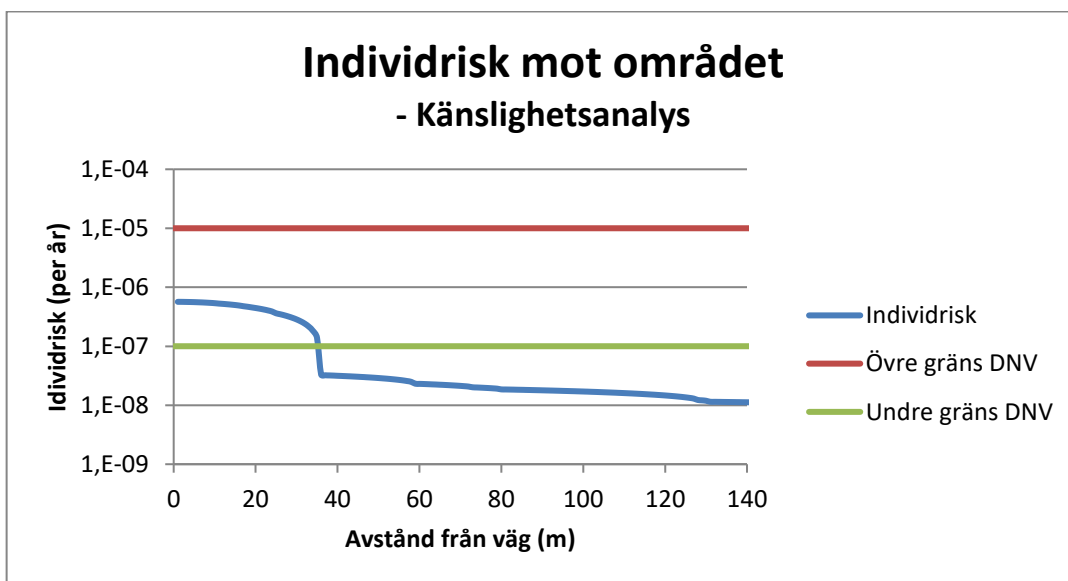
För gasol finns har även ett momentant utsläppsscenario studerats. Gasol transporteras i tjockväggiga tankar vilket innebär att sannolikheten för ett haveri är mycket litet. Hålstorlekarna på tjockväggiga tankar är ofta mindre än för tunnväggiga tankar, och de hålstorlekar som har använts i analysen bedöms vara konservativa för tjockväggiga tankar.

För bensinutsläpp har fyra olika pölstorlekar antagits (50, 100, 200 samt 400 m<sup>2</sup>). För haveri, där innehållet i tanken kommer ut momentant har en pölstorlek på 400 m<sup>2</sup> antagits. Även dessa pölstorlekar antas vara konservativa då det i analysen inte har tagits hänsyn till eventuella hinder och underlag som kan hindra pölens utbredning. Av denna anledning analyseras ej hål- och pölstorlekar vidare i känslighetsanalysen.

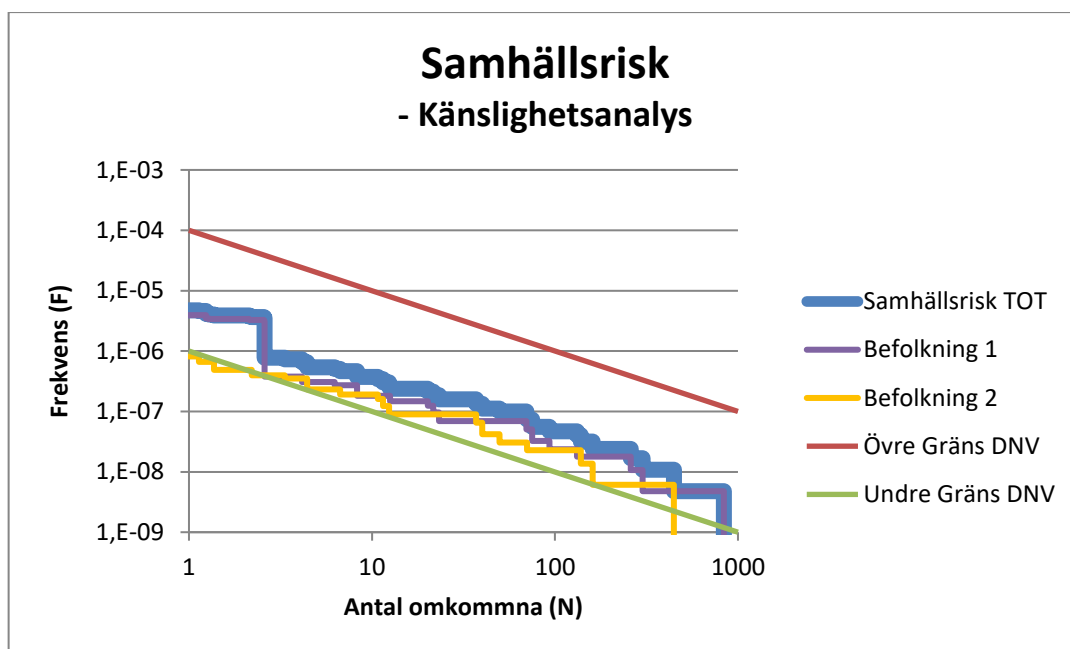
Väderförhållanden anses inte behöva analyseras vidare i känslighetsanalysen då det i beräkningarna ansatts att det ständigt blåser mot det studerade området.

De sannolikheter som har angetts i händelseträden för farligt godsolycka (se bilagor) är de sannolikheter som är vedertagna och konservativt antagna att använda när det gäller transporter av farligt gods på väg i Sverige. Därmed bedöms ingen känslighetsanalys av dessa värden vara nödvändig.

Individrisken och samhällsriskerna beräknas med ovanstående justeringar, se figur 14 och figur 15.

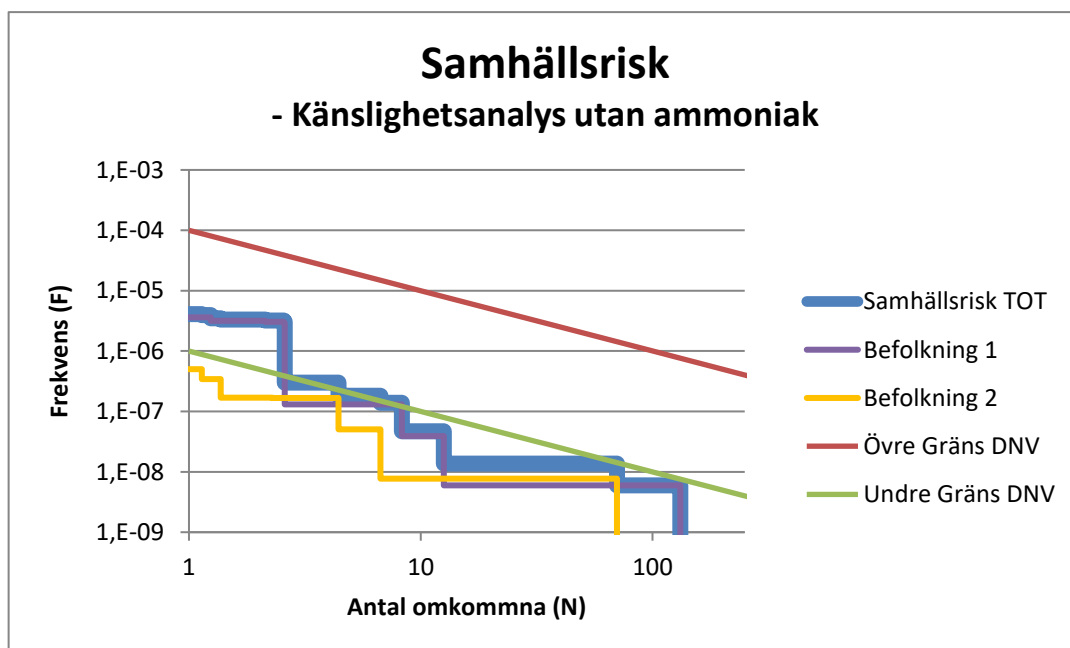


Figur 14. Individrisk i känslighetsanalys.



Figur 15. Samhällsrisk i känslighetsanalys.

Som förväntat blir individrisken och samhällsriskerna något högre men ligger fortfarande inom det undre ALARP-området. Att samhällsriskerna helt ligger inom ALARP-området beror främst på tillkommande scenarier med ammoniak som har långa riskavstånd vilket medför att flera personer förväntas omkomma, se figur 16 för känslighetsanalys utan scenarier med ammoniak.



Figur 16. Samhällsrisk i känslighetsanalys utan ammoniak.

## 11 RISKVÄRDERING

Enligt beräknade riskmått i kapitel 9 och 10 hamnar risknivån i delvis i ALARP-området (nära det undre acceptanskriteriet). Vid grundscenariot hamnar risknivåerna endast inom ALARP-området inom 36 meter samt för färre än 1-2 omkomna. Risknivåerna anses vara låga vilket förklaras med att Örbyleden endast är en sekundär transportled för farligt gods (och omledningsväg för Södra Länken), samt att endast brännbar gas och brandfarlig vätska transporteras på vägen, vilka ger upphov till kortare riskavstånd jämfört med giftig gas och explosiva ämnen.

Det framgår även att scenarier med brandfarlig vätska står för det största riskbidraget, även om antalet transporter med brännbar gas är något större.

Även när indata varierar i känslighetsanalysen till mycket konservativa värden för området hamnar risknivån inom den nedre delen ALARP-området. Ökningen av antalet farligt godstransporter och befolkningstätheten medför således ej en oacceptabelt hög risk, vilket visar på robusthet i resultatet och att risknivåerna inom vissa delar/avstånd kan förväntas ligga inom ALARP-området. Det bör dock poängteras att eventuella framtida transporter av giftig gas kan påverka risknivåerna i större utsträckning än om antalet transporter med brännbar gas och brandfarlig vätska ökar i rimlig omfattning.

Prevecon bedömer att ny bebyggelse inom Kv. Diabilden ska utföras minst 25 meter från Örbyleden med hänsyn till de beräknade risknivåerna i denna handling, samt då höjdskillnaden mellan fastigheten och Örbyleden är låg och öppen terräng mellan fastigheten och Örbyleden. 25 meter är i enlighet med Länsstyrelsen i Stockholms läns senaste skrift om riktlinjer för planläggning intill sekundära transportleder för farligt gods. Andra förutsättningar än de som råder mellan Örbyleden och Kv. Diabilden kan medföra andra skyddsavstånd och åtgärder. Då ny bebyggelse på Ramsökaren 2 planeras att uppföras ca 22 meter från Örbyleden måste dialog föras med Länsstyrelsen. Prevecon anser att 22 meter är acceptabelt med hänsyn till de relativt låga risknivåerna och att scenerier med pölbränder bidrar mest till risknivån. Brandklassade fasader, etc. begränsar avsevärt konsekvenserna av sådana olycksscenarier. Bostäder i före detta aula är uppförda ca 21 meter från Örbyleden. Den yttervägg som vetter mot Örbyleden utfördes då brandteknisk klassad för att utförandet skulle vara acceptabelt.

Riskbilden för den nya bebyggelsen vid Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2 bedöms således vara acceptabel förutsatt att vissa åtgärder genomförs, se kapitel 12.

## 12 REKOMMENDERADE RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Med hänsyn till risknivåerna som beräknats i denna handling, samt då Örbyleden endast är en sekundär transportled med begränsat antal transporter per dygn och ämne, bedömer Prevecon att nedanstående skyddsavstånd och åtgärder ska vidtas (avståndet anges från Örbyleden).

*Bebyggelsefritt och stadigvarande vistelse mellan Örbyleden och Kv. Diabilden:*

- Bebyggelsefritt område bör upprätthållas inom 25 meter från Örbyleden.
- Området inom 35 meter från Örbyleden bör utformas så att stadigvarande vistelse ej uppmuntras utomhus. GC-väg accepteras. Butiker kan uppföras mot Örbyleden förutsatt att övriga åtgärder i denna riskbedömning genomförs. Butikerna får dock ej medföra att stadigvarande vistelse uppmuntras utanför butiken, t.ex. uteserveringar eller motsvarande. Restaurang med enbart verksamhet inomhus, matbutik, småskalig handel, etc., som uppfyller denna och övriga rekommenderade åtgärder, kan tillämpas.

*Bebyggelsefritt och stadigvarande vistelse mellan Örbyleden och Ramsökaren 2:*

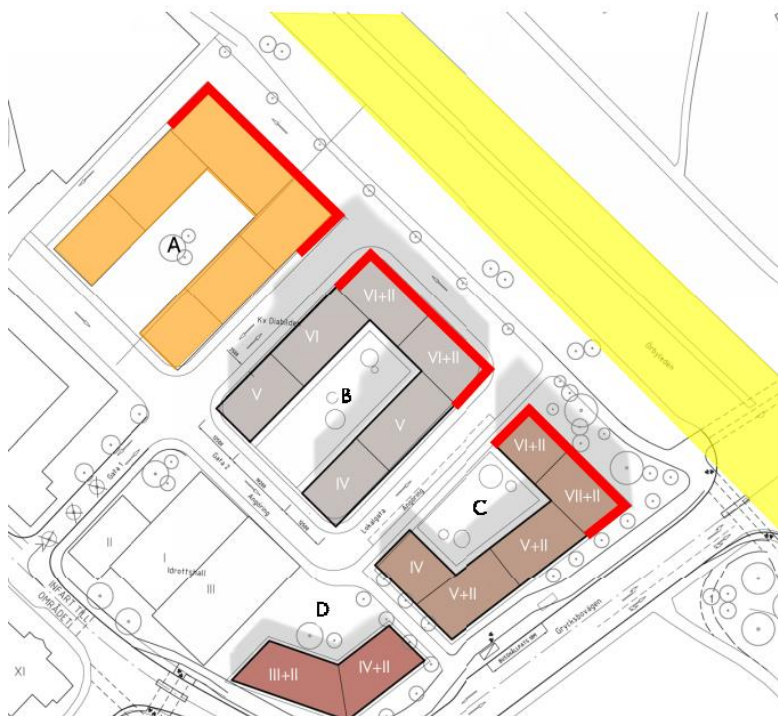
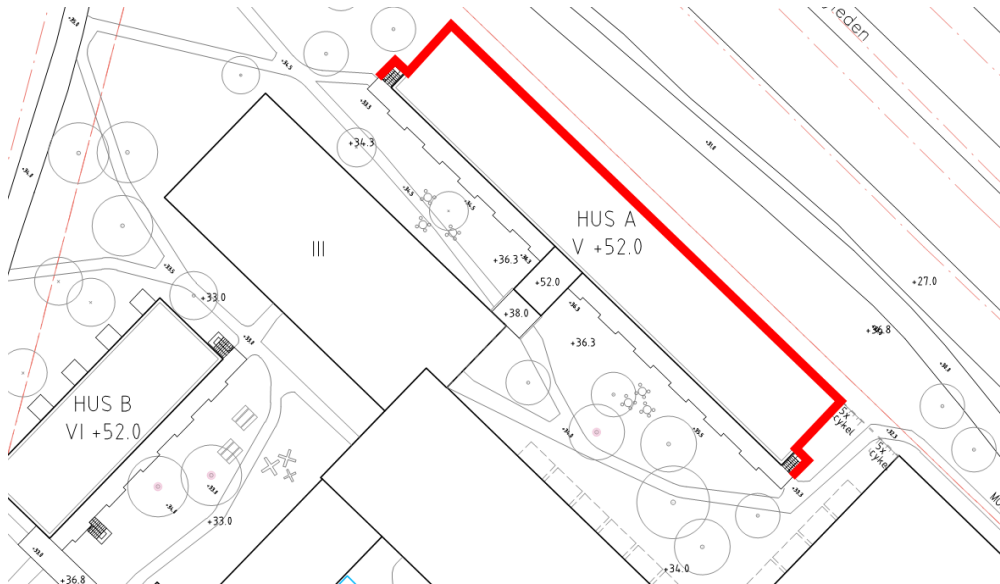
- Ny bebyggelse belägen ca 22 meter från Örbyleden bedöms vara acceptabel. I Länsstyrelsen Stockholms senast skrift gäller generellt 25 meter till sekundära transportleder. I samma skrift anges även att det kan vara möjligt att bygga närmare en sekundär led men sannolikt ej mindre än 15-20 meter. Prevecon anser att föreslagna åtgärder i detta avsnitt, i förhållande till vilka konsekvenser de identifierade olycksscenarierna ger upphov till, motiverar att 22 meter bör vara acceptabelt. Se t.ex. figur 11 i kapitel 9.1 där det framgår att ett scenario med brännbar vätska dominerar den totala individrisknivån. Övriga scenarier utgörs av brännbar gas eller brännbar vätska. Genom att utföra fasader i obrännbart material och med brandteknisk avskiljning kommer personer i byggnaderna således vara skyddade mot konsekvenserna av olyckor med brännbar gas och vätska. Inom Ramsökaren 2 kommer dessutom de byggnader som uppförs närmast Örbyleden ej utformas med lokaler i markplan. För byggnader inom Kv. Diabilden har åtgärder föreslagits med hänsyn till lokaler i markplan, därav något längre bebyggelsefritt avstånd från Örbyleden jämfört med Ramsökaren 2. Ramsökaren 2 ligger även högre upp än Kv. Diabilden vilket medför att mindre andel värmestrålning från de mindre pölbränderna träffar dessa byggnader i förhållande till Kv. Diabilden.
- Området inom 35 meter från Örbyleden bör utformas så att stadigvarande vistelse ej uppmuntras utomhus. GC-väg accepteras

Ovanstående tar hänsyn till de olycksrisker som kan ske i direkt anslutning till Örbyleden (hög värmestrålning, o.s.v.).

Nedanstående gäller både Kv. Diabilden och Ramsökaren 2.

*Brandtekniska krav på fasader, dörrar och fönster:*

- Fasader inom 35 meter från Örbyleden bör utföras i lägst brandteknisk klass EI 30 och med obrännbart material. Även fasader (långsidor/flyglar, se figur 17) som ej direkt vetter mot Örbyleden bör utföras enligt denna punkt. Fönster och dörrar ska utföras i lägst klass EI 30. Det accepteras att fönster utförs öppningsbara. Utförandet bedöms vara acceptabelt med hänsyn till den låga risknivån. Dessutom förväntas fönster endast vara öppna under en längre tid under sommarhalvåret vilket grovt (och konservativt) innebär att risken halveras. **Observera att trapphus vid hus A inom Ramsökaren 2 är belägna inom 35 meter från Örbyleden. Trapphusen måste således utföras i klass EI 30 mot Örbyleden. Kortsidor på loftgångar kan dock vara öppna.**
- Fasader som vetter mot Örbyleden bör ej utföras med balkonger inom 35 meter från vägen. Om balkongerna förses med obrännbart strålningsskydd motsvarande brandteknisk klass EW 30 på den sida, eller di sidor, som vetter mot Örbyleden accepteras dock ett avstånd på 25 meter mellan Örbyleden och balkonger på långsidor/flyglar. **Följande ska således uppfyllas:**
  - **Balkonger på fasader som är parallella med Örbyleden ska utföras med obrännbart strålningsskydd i klass EW 30 runt hela balkongen.**
  - **Balkonger på fasader som är vinkelräta mot Örbyleden ska utföras med obrännbart strålningsskydd i klass EW 30 på den sida som vetter mot Örbyleden. Strålningsskyddet kan utföras av t.ex. en skärm, indragning av balkong eller en kombination av båda.**

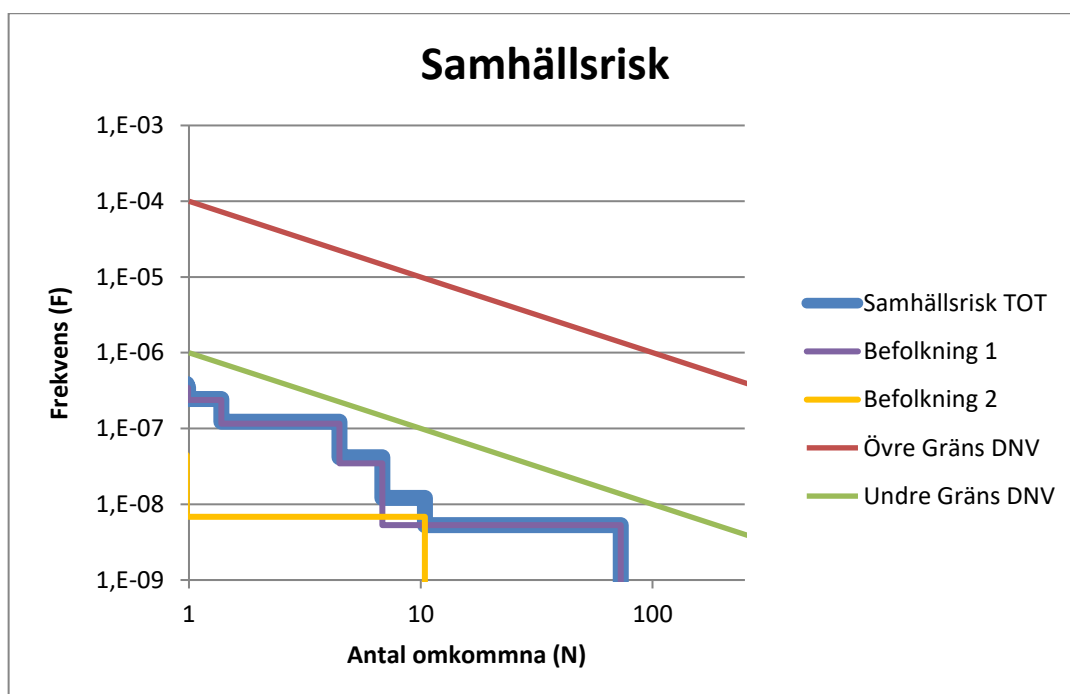


Figur 17. Fasader (röd markering) som ska utföras i brandteknisk klass EI 30 är schematiskt markerad med rött. Övre bilden visar Ramsökaren 2 och den nedre visar Diabilden. Med ovanstående åtgärder begränsas konsekvensen av värmestrålning på byggnader (brandklassad fasad). Åtgärderna rekommenderas utifrån figurer i kapitel 9 där det framgår att scenarier med brandfarlig vätska står för stor del av riskbidraget.



Med strålningsskydd bedöms det vara acceptabelt att uppföra balkonger på fasader som ej direkt vetter mot Örbyleden om avståndet uppgår till minst 25 meter mellan Örbyleden och balkonger på långsidor/flyglar. Personer på balkongerna förutsätts därmed kunna sätta sig i säkerhet i sin bostad innan kritiska nivåer uppnås på balkongerna.

Om samhällsrisken räknas om med ovanstående åtgärder fås resultatet enligt figur 18. I beräkningarna antas inga personer vistas utomhus inom 35 meter från Örbyleden (ej stadigvarande vistelse). Antalet personer som omkommer inomhus vid olycka med brännbar gas och brandfarlig vätska har satts till 0 (brandklassad fasad inklusive dörrar och fönster).



Figur 18. Samhällsrisk med åtgärder inom 20-35 meter från Örbyleden.

Samhällsrisken kommer således minska drastiskt. Det beror på minskade konsekvenser för scenarier med brandfarlig vätska förutsatt att rekommenderade åtgärder genomförs.

#### *Utrymning från ny bebyggelse:*

- Inom 35 meter från Örbyleden bör det vara möjligt att utrymma i riktning från Örbyleden. Detta gäller även för enskilda lägenheter/lokaler inom en byggnad, d.v.s. inga ensidiga lägenheter/lokaler mot Örbyleden. Trapphus får ej endast mynna mot Örbyleden.

För att utrymmande personer ej ska mötas av hög värmestrålning och för att utrymningsvägar ej ska bli blockerade bör ovanstående åtgärd genomföras.

#### *Utformning av ventilationssystem med hänsyn till farligt gods:*

- Friskluftsintag inom 100 meter från Örbyleden (gäller även springventiler) bör riktas bort från Örbyleden och ventilationssystem bör förses med nödstopp.

Prevecon rekommenderar att ovanstående åtgärd genomförs för att begränsa spridning av brännbar gas samt brandrök som uppstår vid olyckor med farligt gods. Dessutom bör åtgärden vidtas för att begränsa konsekvenserna om giftig gas i framtiden kommer transporteras på Örbyleden. Eventuell transport av giftig gas i framtiden kan påverka risknivåerna i större utsträckning än om antalet transporter med brännbar gas och brandfarlig vätska ökar i rimlig omfattning.

#### *Markutformning*

- Dike längs med Örbyleden ska behållas dels då det förhindrar fordon från att köra in i aktuellt område dels då det hindrar läckage med brandfarlig vätska att rinna mot aktuellt område.
- Befintligt höjdförhållande mellan Diabilden och Örbyleden bör i största möjliga mån behållas. Befintligt höjdförhållande mellan Ramsökaren 2 och Örbyleden är gynnsamt ur risksynpunkt men påverka endast konsekvensensavstånden i mindre omfattning. Höjdförhållandet bör minst motsvara befintligt förhållande mellan Diabilden och Örbyleden (så att brännbar vätska ej rinner mot fastigheterna).

## 13 VÄRDERING AV OSÄKERHETER

I riskanalysprocessen vävs olika osäkerheter in vilka måste hanteras korrekt för att riskanalysen ska kunna vara praktiskt användbar och ge en korrekt riskbild. I denna riskanalys har en del antagande gjorts och huvuddelen av dessa antagande har varit konservativa för att inte underskatta risken i planområdet. Detta kapitel belyser de osäkerheter som finns i denna riskanalys.

### Trafikinformation och transporter med farligt gods på transportlederna

Trafikintensiteten är hämtade från uppmätningar på plats. Individrisken och samhällsrisken är beräknad med trafikintensitet för nuläget. Antalet transporter av farligt gods har även ökat i känslighetsanalysen för att ta hänsyn till framtida förändringar. Fördelningen mellan vilken typ av ämne (vilken ADR-klass) som transporteras har hämtats från mätningar på plats.

### Representativa ämnen

Det ämne som representerar brännbar gas i denna riskanalys är gasol. Dels för att gasoltransporter är relativt vanliga (även om transporter med metan och naturgas sker i stor utsträckning på Örbyleden), dels för att konsekvenserna vid ett gasolutsläpp kan bli mycket allvarliga (gasol utgör en blandning av olika kolväten och antas representera flera olika kolväten däribland metan och naturgas).

Bensin som är mer brandfarligt än till exempel diesel och eldningsolja representerar de brandfarliga vätskorna i denna riskanalys.

### Händelseförlopp vid gasolutsläpp – fördröjd antändning

Vid gasutsläpp och fördröjd antändning kan olika händelseförlopp inträffa. I analysen antas ett gasmoln bildas som driver iväg med vinden och antänds en bit bort från utsläppsplatsen. Detta scenario kan vara svårt att beräkna främst av den anledning att det är svårt att förutsäga var molnet kommer att antändas. Luftinblandning och tändkällor är viktiga parametrar som är svåra att förutsäga.

### Väderdata såsom stabilitetsklass, temperatur, vindriktning och vindhastighet.

I beräkningarna har konservativa antaganden avseende väderdata antagits. Till i beräkningarna har konservativa antaganden avseende väderdata antagits, och där det har funnits tillgänglig statistik har denna nyttjats.

### Sannolikheter för farligt godsolycka och för olika scenarier som kan inträffa till följd av farligt godsolycka.

Det inträffar få farligt godsolyckor i Sverige vilket innebär att statistiken kan vara missvisande. Lokala förutsättningar kan dessutom öka/minska frekvensen för både olycka och olika sluthändelser. Sannolikheterna för olika händelseförlopp vid en farligt godsolycka är hämtade från Helmersson [9]. Frekvensen för olycka med farligt godsfordon inblandat är beräknad enligt modell från Räddningsverket [10]. Statistiken i dessa källor är generella för Sverige och lokala förutsättningar är inte inkluderade.

### Hålstorlekar/haveri

Hålstorleken har dimensionerats efter statistik från olyckor med tunnväggiga tankar. Hål i tjockväggiga tankar blir generellt sett mindre än i tunnväggiga tankar men trots det har samma hålstorlekar som vanligtvis används för konsekvensberäkning vid tunnväggiga tankar använts. Hålstorleken är därmed konservativ, vilket är medvetet på grund av att hålstorleken har stor betydelse för konsekvenserna av ett utsläpp. Haveri kan inträffa för tunnväggiga tankar, dock är det mycket sällsynt att en tjockväggig tank havererar. Haveri för gasol (som transporteras i tjockväggiga tankar) är trots det inkluderat i analysen.

### Konsekvensberäkningar

Handberäkningar enligt Fischer m.fl. [18] samt datorprogrammen Gasol och BfK har använts för konsekvensberäkningarna. Samtliga metoder är beprövade och verifierade.

Individrisken är beräknad utomhus, vilket gör att en individ är mer mottaglig för både värmestrålning och toxiska gasutsläpp än om individen befinner sig inomhus.

### Riskavstånd

En förenkling har gjorts i rapporten då riskavstånd beräknats för varje sluthändelse. Förenklingen ligger i antagandet att befinner man sig inom riskavståndet är sannolikheten 1 att man dör. Utanför riskavståndet är sannolikheten 0. Detta är givetvis en förenkling. För giftig gas brukar riskavståndet vara fram till att koncentrationen når LC50. LC50 för ammoniak är 8558 ppm, vilket har använts i denna rapport för att ta fram riskavstånd för de sluthändelser som innebär utsläpp av ammoniak.

För pölbränder är det strålningen som avgör riskavståndet. För bensenbränder har antagits att sannolikheten att omkomma vid pölbrand är om man vistas inom det område där strålningen är 15 kW/m<sup>2</sup> eller högre. För gasol har 5 kW/m<sup>2</sup> använts, vilket är konservativt. Anledningen till att ett mer konservativt värde har använts för gasolbrand än för bensenbrand är att händelseförloppet för en gasolbrand är mer osäkert. Tredje gradens brännskada har även jämförts med att man omkommer.

För jetflammar och brinnande gasmoln har avståndet då 3:e gradens brännskada uppstår använts som riskavstånd.

### Hänsyn till svårt och lindrigt skadade personer

I riskanalysen har endast dödsfall inkluderats av flera anledningar. Dels gäller valda acceptanskriterier för omkomna personer, dels är det svårt att förutse grad av skada som kan uppkomma till följd av en olycka på olika avstånd då det beror på många faktorer, exempelvis ålder, fysisk hälsa, vilka kläder personen har på sig etc. Det finns heller inga kriterier för värdering av skadade.

## 14 SLUTSATSER

Individrisken och samhällsrisken hamnar delvis inom ALARP-området med nära det undre acceptanskriteriet, vilket innebär att risken ligger på en tolerabel nivå men att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas så att riskerna hålls så låga som praktiskt möjligt.

Det är alltid nödvändigt att avgränsa arbetet och då tillgänglig indata inte alltid är så detaljerad som är önskvärt (t.ex. persontäthet), krävs vissa förenklingar i riskbedömningen. Förenklingar medför alltid en viss grad av osäkerheter i resultatet. Där bedömningar har gjorts eller där tillgången på tillräckligt detaljerad indata varit bristfällig har konservativa värden använts för att risken inte ska underskattas.

För att studera hur resultatet av riskanalysen påverkas om transporterade mängder farligt gods och persontätheten förändras har en känslighetsanalys utförts där dessa parametrar har ökats. Känslighetsanalysen visar att risken förändras till det sämre men att den fortfarande hamnar inom den nedre delen ALARP-området.

Med hänsyn till den totala risknivån från Örbyelden bedömer Prevecon bebyggelse inom aktuellt planområde (Kv. Diabilden samt Ramsökaren 2) är möjlig med hänsyn till de åtgärder som föreslagits i kapitel 12. Vid framtagandet av åtgärderna har hänsyn tagits till den totala riskbilden samt vilka olycksscenarioer som bidrar mest (vilket går att urskilja i kapitel 9). En dialog måste föras med Länsstyrelsen om planerad bebyggelse på Ramsökaren 2 är acceptabel 22 meter från Örbyelden.

## 15 REFERENSER

- [1] Davidsson, G. m.fl., "Värdering av risk, rapport P21-182/97," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [2] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [3] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, "Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods - antagandehandling. Huvudhandling samt bilagor 1-5," 1997.
- [4] Länsstyrelsen i Skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," 2007.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, fakta 2016:4," 2016.
- [7] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstation," 2015.
- [8] WSP, "Analyser av transporter med farligt gods - Mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015," 2016.
- [9] Helmersson, L., "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. Rapport 387:4," Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping, 1994.
- [10] Räddningsverket, "Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [11] Trafik Stockholm, "Störningsrapporten 2016 - Sammanfattning av störningar i Stockholms vägtrafik under det gångna året," 2017.
- [12] Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, september 2017. [Online]. Available: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=3#>.
- [13] WUZ, "Riskanalys avseende järnvägsolyckor - Utredning i samband med planarbetet för Kålleröd centrum i Mölndals stad," 2017.
- [14] M. Kylefors, "Cost-Benefit Analysis of Separation Distances - a utility-based approach to risk management decision-making," Lund, 2001.
- [15] Stockholms Stad, "<http://www.stockholm.se/OmStockholm/Fakta-och-kartor/>," [Online]. [Använd September 2017].



- [16] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), "Guidelines for quantitative risk assessment - "The purple book", 2005.
- [17] BRIAB, "Utredning av påkörningsrisk - Örby 4:1, Stockholm," 2017.
- [18] Fischer, S. m.fl., "Våda utsläpp av brandfarliga gaser och vätskor. 3:e rev. upplagan," Försvarets forskningsanstalt, Tuma/Umeå, 1998.
- [19] "Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd - BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. BFS 2013:12 (BBRAD 3)," Boverket, juni 2013.
- [20] B. Karlsson och J. Quintiere, "Enclosure fire dynamics," CRC Press, Florida USA, 199.
- [21] Trafikverket, Augusti 2017. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser/>.
- [22] Sweco, "Riskbedömning Oppeby Gård 1:5 m fl, Nyköping," 2016.

## BILAGA A – FREKVENNS- OCH SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR

### A.1 – Beräkning av frekvens för farligt godsolycka på väg

Vid beräkningen av frekvensen av farligt godsolyckor används en sträcka av en kilometer.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år beräknas enligt formeln nedan:

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

O = Antal förväntade olyckor

Y = Andel singelolyckor på aktuell vägdel

X = Andel transporter med farligt gods

I tabell A.1.1 nedan redovisas indata och beräkningen av förväntat antal farligt godsolyckor på väg med dagens trafikförutsättningar som grund.

Tabell A.1.1. Beräkning av farligt godsolycka på väg.

#### Beräkning av farligt godsolycka på väg

Bebyggelsemiljö	Tätort
Vägtyp	Flerfältsväg
Hastighet, km/h	70
Längd, km (a)	1
Olyckskvot (k)	0,6
Andel singelolyckor (Y)	0,3
Index för farligt godsolycka (i)	0,13
ÅDT (Genomsnittligt antal fordon per dygn) (b)	20 200
Trafikarbete ( $c = a \cdot b \cdot 365 \cdot 10^{-6}$ )	7,373
Antal förväntade olyckor ( $O = k \cdot c$ )	4,4238
Antal farligt godstransporter per dygn (n)	14,2
Andel transporter med farligt gods av ÅDT ( $X = n/b$ )	0,000653
Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor/år ( $D = (O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2)))$ )	0,004913
<b>Förväntat antal farligt godsolyckor per år på aktuell vägsträcka med längden a (<math>F = D \cdot i</math>)</b>	<b><math>6,87 \times 10^{-4}</math></b>
Förväntat antal år mellan olyckor med farligt godsolycka ( $1/F$ )	1455

Indatan i tabell A.1.1 varierar för känslighetsanalysen med de förutsättningar som redovisas i kapitel 10.

Dokumenttyp Rapport	Version Rev C	Sida 57 / 72
Uppdragsnamn <b>KV. DIABILDEN OCH RAMSÖKAREN 2 STOCKHOLM</b>	Uppdragsnummer 20170717-01	
<b>RISKBEDÖMNING – REVIDERING C DETALJPLANUTREDNING</b>	Handläggare Adam Lindström	
	Datum 2017-09-29	Revidering 2019-04-29

Utifrån fördelningen mellan olika ADR-klasser beräknas frekvensen för farligt godsolycka för respektive klass, se tabell A.1.2.

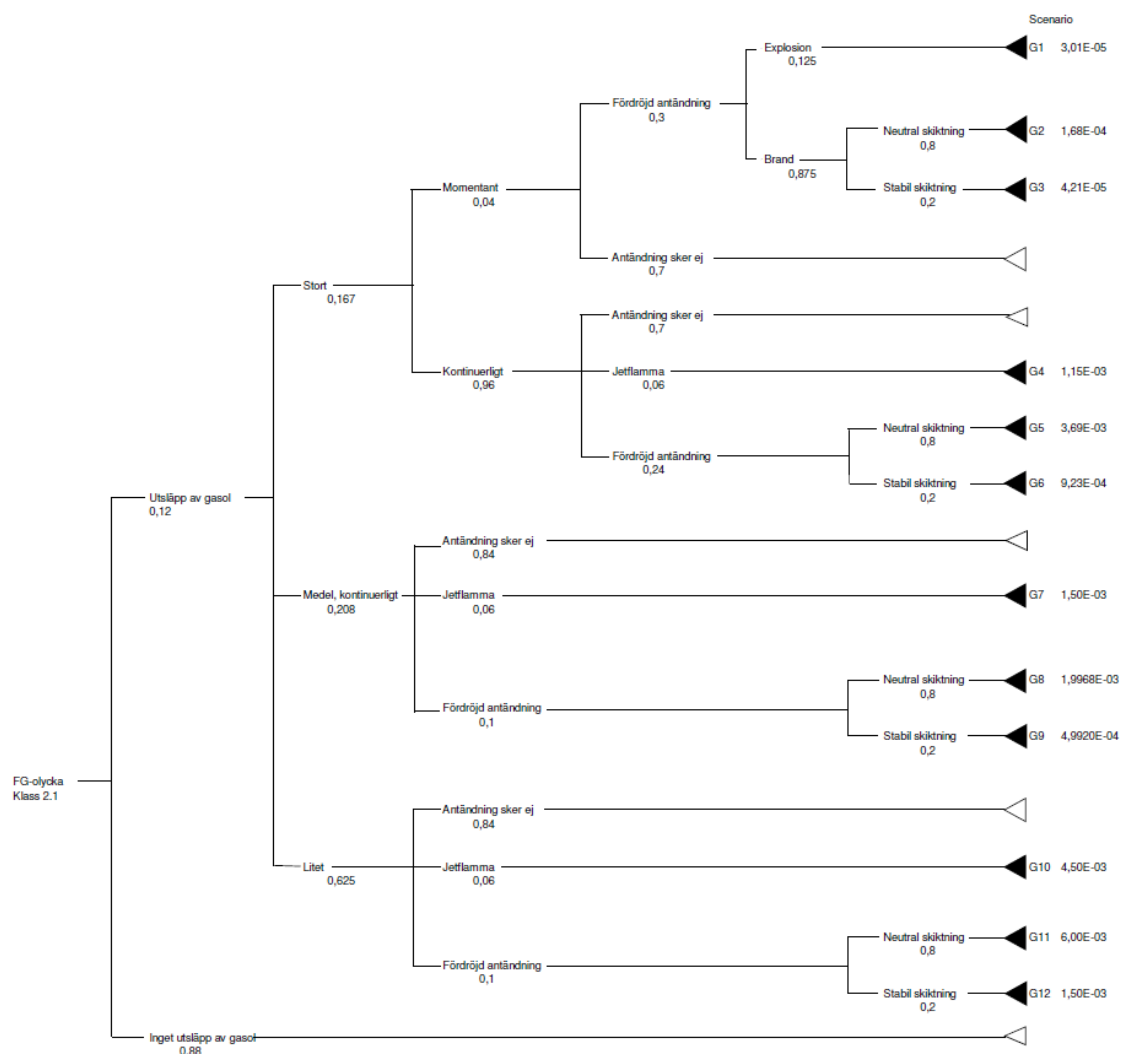
Tabell A.1.2. Frekvens för olycka för respektive klass i grundfallet.

Klass	Frekvens (olycka per år)
<b>2</b>	4,02 x 10 <sup>-4</sup> (Brännbar gas).
<b>3</b>	2,85 x 10 <sup>-4</sup>

## A.2 – Beräkning av sannolikheter för respektive scenario

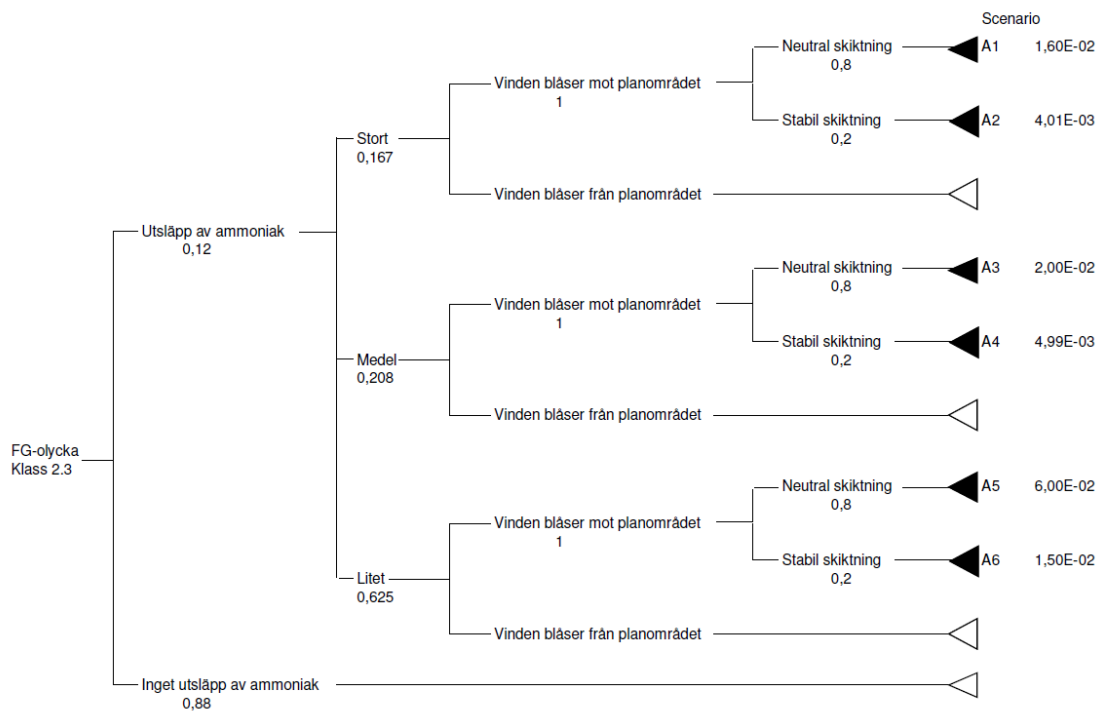
Beräkning av sannolikheten för respektive identifierat scenario med hjälp av händelsetråd.

### Klass 2.1 - Gasol



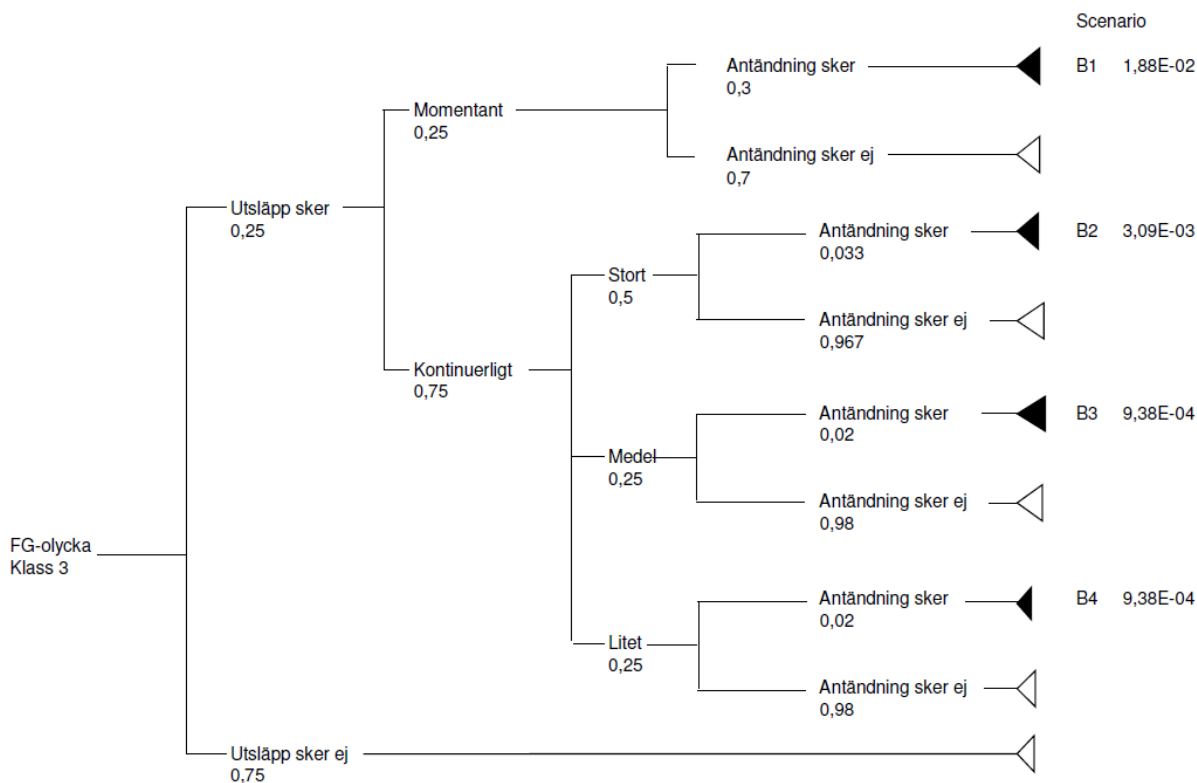
Figur A.2.1. Händelsetråd över farligt godsolycka med klass 2.1.

### Klass 2.3 – Ammoniak (för känslighetsanalysen)



Figur A.2.2. Händelseträd över farligt godsolycka med klass 2.3.

### Klass 3



Figur A.2.3. Händelseträd över farligt godsolycka med klass 3.



### A.3 – Beräkning av frekvenser för respektive scenario

Frekvensen för de identifierade scenarierna beräknas genom:

$$\text{Frekvens(scenario)} = P(\text{scenario}) * F(\text{FG-olycka, aktuell klass}) \quad [\text{år}^{-1}]$$

Tabell A.3.1. Frekvensberäkning för respektive scenario i grundfallet.

Scenario	P(scenario)	F(FG-olycka, aktuell klass)	Frekvens (per år)
G1	3,01E-05	4,02E-04	1,21E-08
G2	1,68E-04	4,02E-04	6,75E-08
G3	4,21E-06	4,02E-04	1,69E-09
G4	1,15E-03	4,02E-04	4,62E-07
G5	3,69E-04	4,02E-04	1,48E-07
G6	9,23E-04	4,02E-04	3,71E-07
G7	1,50E-03	4,02E-04	6,02E-07
G8	2,00E-03	4,02E-04	8,02E-07
G9	4,99E-04	4,02E-04	2,00E-07
G10	4,50E-03	4,02E-04	1,81E-06
G11	6,00E-03	4,02E-04	2,41E-06
G12	1,50E-03	4,02E-04	6,02E-07
B1	1,88E-02	2,85E-04	5,37E-06
B2	3,09E-03	2,85E-04	8,82E-07
B3	9,38E-04	2,85E-04	2,68E-07
B4	9,38E-04	2,85E-04	2,68E-07

## BILAGA B – KONSEKVENSBERÄKNINGAR

### Olycka med brännbar gas (gasol)

#### G1

Beräkning av konsekvenser av explosion vid momentant utsläpp, se Helmersson [9].

#### G2

Beräkning av konsekvenser av brand vid momentant utsläpp (neutral skiktning), se Helmersson [9].

#### G3

Beräkning av konsekvenser av brand vid momentant utsläpp (stabil skiktning), se Helmersson [9].

#### G4-G12

För att beräkna konsekvenserna har beräkningsprogrammet GASOL använts. Indata som använts presenteras nedan.

Följande indata är samma i samtliga scenarier:

Tankform: Cylindrisk

Tankdiameter: 2,7 m

Tanklängd: 19,5 m

Fyllnadsgrad: 80 %

Tanken innehåller ca 40 ton kondenserad gasol.

Lagringstemperatur: 15,0 °C

Lagringstryck: 7,00 bar

Lufttryck: 760 mmHg

Omgivningstemperatur: 15,0 °C

Relativ fuktighet: 50 %

Utsläppet sker nära vätskeytan

Utströmningskoefficient (Cd): 0,83

Ingen vägg eller dyl. nära utsläppet.

Ingen invallning/upsamling.

Molnighet: Dag och klart

Omgivning: Tätortsförhållanden (många träd, häckar och enstaka hus)

Indata som skiljer sig åt för respektive scenario:

Hålets diameter:

140 mm (G4, G5, G6)

80 mm (G7, G8, G9)

40 mm (G10, G11, G12)

Utsläppstyp:

Hål i tank mellan gas- och vätskefas (G4, G7, G10)

#### Vädertyp:

Neutral (vindhastighet 5 m/s): (G4, G5, G7, G8, G10, G11)

Stabil (vindhastighet 2 m/s): (G6, G9, G12)

Riskavstånden för jetflammar och brinnande gasmoln antas sammanfalla med avståndet till 3:e gradens brännskada. För övriga fall är riskavståndet det avstånd där strålningen är 5 kW/m<sup>2</sup>.

Vid jetflamma och gasmoln blir inte konsekvensområdet cirkulärt, vid BLEVE blir dock skadeområdet cirkulärt. Vid brinnande gasmoln antas molnet antändas då det fortfarande befinner sig vid utsläppsplatsen (då det bedömts som störst) skadeområdet blir molnets storlek plus avståndet till 3:e gradens brännskada.

### Resultat Gasol

#### Sluthändelse G1

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 131 m.

#### Sluthändelse G2

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 59 m.

#### Sluthändelse G3

För konsekvensberäkningar av denna sluthändelse hänvisas till Helmersson [9]. Riskavstånd 40 m.

#### Sluthändelse G4

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 98,7 m.

Riskavstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 127,7 m och områdets bredd är 112 m.

#### Sluthändelse G5

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 5,0 m långt och 2,9 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 22,1 m långt och 27,1 m brett.

#### Sluthändelse G6

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 5,6 m långt och 3,6 m brett.

Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 27,3 m långt och 37,2 m brett.

#### Sluthändelse G7

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 56,4 m.

Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 73,4 m och områdets bredd är 64 m.

### **Sluthändelse G8**

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 5,6 m långt och 3,6 m brett.  
Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,6 m långt och 21,6 m brett.

### **Sluthändelse G9**

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 3,7 m brett.  
Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 22,0 m långt och 29,7 m brett.

### **Sluthändelse G10**

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma. Jetflammans längd är 28,2 m.  
Avstånd från utsläppspunkten i jetriktningen till att 3:e gradens brännskador uppstår är 37,2 m och området bredd är 32 m.

### **Sluthändelse G11**

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 2,5 m brett.  
Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,0 m långt och 16,5 m brett.

### **Sluthändelse G12**

Fördröjd antändning av gasmolnet som är 4,9 m långt och 2,9 m brett.  
Riskavståndet från utsläppspunkten till att 3:e gradens brännskador uppstår är 19,0 m långt och 18,9 m brett.

## Olycka med giftig gas (Ammoniak) – till känslighetsanalys

Avstånd till LC50 (8500 ppm) har utgjort riskavståndet för ammoniak. Riskavståndet har utlästs ur de plymer som ges som utdata i BfK.

### A1

Följande indata är samma i samtliga scenarier:

Emballage: Tankbil med 45 000 kg kemikalie.

Läckage: Punktering på tank eller packningsläckage.  
Utsläppets effektiva höjd är 1,0 m över marken.

Omgivning: Bebyggt.

Åtgärder: Inga.

Beräkningar: Koncentrationen beräknas för höjden 1,5 m.

Utsläppet: Utströmning av tryckkondenserad gas i vätskefas.  
Ingen pöl bildas.

Indata som skiljer sig åt för respektive scenario:

### Stor (A1 & A2)

Läckage area: 154 cm<sup>2</sup>

Källstyrka: 235 kg/s

Varaktighet: Det tar 3 minuter tills tanken är tom

### Medelstor (A3 & A4)

Läckage area: 50 cm<sup>2</sup>

Källstyrka: 76 kg/s

Varaktighet: Det tar 10 minuter tills tanken är tom

### Litet (AJ5 & AJ6)

Läckage area: 12,5 cm<sup>2</sup>

Källstyrka: 18 kg/s

Varaktighet: Det tar 41 minuter tills tanken är tom

### Väder:

Neutral skiktning (A1, A3 & A5)

10 °C och 5,0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass D (D – Neutral skiktning) och 71 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

Stabil skiktning (A2, A4 & A6)

10 °C och 2,0 m/s vindstyrka.

Stabilitetsklass F (F – Stabil skiktning) och 0 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

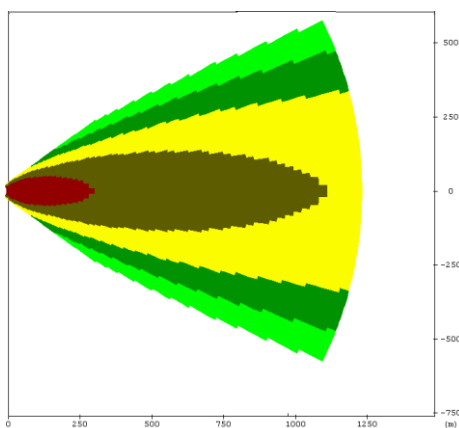
## Resultat Bfk

### A1

Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 318 m

Plymvinkel: 40 ° (Erhålls genom att mäta i figur samt adderat till 5 ° p.g.a. svårt att mäta exakt, på detta sätt erhålls en konservativ plymvinkel.)



Beräknat spridningsområde enligt BfK för scenario A1.

### A2

Stort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 1100 m.

Plymvinkel: 40 °.

### A3

Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 172 m.

Plymvinkel: 40 °.

### A4

Medelstort kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 660 m.

Plymvinkel: 40 °.

### A5

Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Neutral skiktning.

Riskavstånd: 80 m.

Plymvinkel: 40 °.

### A6

Litet kontinuerligt utsläpp. Vinden blåser mot planområdet. Stabil skiktning.

Riskavstånd: 330 m.

Plymvinkel: 40 °.

### Olycka med brännbar vätska (bensin)

Nedan redovisas konsekvenserna av olycka med utsläpp av brännbar vätska som representeras av bensin. Fyra stycken olika utsläppsmängder har beräknats, se tabell. Beräkningarna har genomförts enligt beräkningsgång redovisad i handbok (FOA) från Fischer m.fl. / [18] och Enclosure fire dynamics [20].

- Riskavståndet är det avstånd där strålningen är 15 kW/m<sup>2</sup>. Inom riskavståndet antas 100 % omkomma direkt eller p.g.a. brandspridning till byggnader. Utanför riskavståndet överlever samtliga.
- Ett utsläpp antas leda till att en pöl med bensin bildas och antänds.
- Flammans diameter antas vara lika med den bildade pölens diameter.

Tabell B1. Beräkningar med fyra utsläppsmängder.

Scenario	Pölbrand (m <sup>2</sup> )	Pöldiameter (m)	Flamhöjd (m)	Avstånd till 15 kW/m <sup>2</sup>
<b>B1</b>	400	22,6	24,5	36
<b>B2</b>	200	16	19,3	25
<b>B3</b>	100	11,3	15,2	17
<b>B4</b>	50	8	11,9	11



## BILAGA C – BERÄKNING AV INDIVIDRISK

Då individrisken ska beräknas utmed en vägsträcka kan nedanstående ekvation användas.

$$IR = f * \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{L} * \frac{x}{360}$$

X är spridningsvinkeln (360 för pölbränder, etc.)

f är frekvensen för respektive scenario.

r är riskavståndet.

a är avståndet från utsläppskällan.

L är sträckan för vilken frekvensen beräknats, exempelvis 1000 meter.

Individriskbidraget beräknas för respektive scenario och summeras. Hänsyn tas även till vindriktning vilket ovanstående formel kompletteras med, dock ej för pölbränder etc.

Nedan i tabell C1 listas samtliga sluthändelser med dess frekvens, spridningsvinkel och riskavstånd.

I känslighetsanalysen varierar indatan med de förutsättningar som redovisas i kapitel 10.

Tabell C1. Riskavstånd och frekvenser (utan hänsyn till vindriktning) för samtliga scenarier med grunddata.

Scenario	Frekvens (per år)	Spridningsvinkel (α)	Riskavstånd (r)
G1	1,21E-08	360	131
G2	6,75E-08	360	59
G3	1,69E-09	360	40
G4	4,62E-07	30	128
G5	1,48E-07	30	23
G6	3,71E-07	30	28
G7	6,02E-07	25	73
G8	8,02E-07	30	20
G9	2,00E-07	30	22
G10	1,81E-06	20	37
G11	2,41E-06	30	19
G12	6,02E-07	30	19
B1	5,37E-06	360	36
B2	8,82E-07	360	25
B3	2,68E-07	360	17
B4	2,68E-07	360	11

## BILAGA D – BERÄKNING AV SAMHÄLLSRISK

Vid beräkningen av samhällsriskerna bestäms antalet omkomna människor genom att arean av det exponerade området (begränsas av riskavståndet) multipliceras med persontätheten.

Antalet omkomna beräknas med ekvationen:

$$N = r^2 * \pi * \frac{\alpha}{360} * n$$

N = antalet omkomna

r = riskavståndet i km

$\alpha$  = spridningsvinkeln

n = populationen (inv/km<sup>2</sup>)

I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till att personer som befinner sig i skydd bakom byggnader etc. sannolikt inte blir påverkade av exempelvis strålningen från en pölbrand varför samhällsriskerna överskattas.

I känslighetsanalysen varierar indatan med de förutsättningar som redovisas i kapitel 10.

Tabell D1. Frekvenser och antalet omkomna för samtliga scenarier.

Scenario	Frekvens (per år)	Totalt: Antal omkomna (N)
G1-0.1	5,29E-09	108,96
G1-0.2	6,80E-09	63,87
G2-0.1	2,95E-08	10,39
G4-1.1	8,08E-08	6,86
G2-0.2	3,80E-08	6,09
G4-1.2	1,04E-07	4,02
G3-0.1	7,40E-10	3,55
B1-0.1	2,35E-06	2,14
G4-2.1	1,21E-07	2,12
G3-0.2	9,51E-10	2,08
G7-1.1	1,05E-07	1,76
G4-2.2	1,56E-07	1,24
G7-1.2	1,36E-07	1,03
B2-0.1	3,86E-07	1,02
B1-0.2	3,02E-06	0,56
G7-2.1	1,58E-07	0,55
G7-2.2	2,03E-07	0,32
G10-1.1	3,16E-07	0,28
B2-0.2	4,96E-07	0,27
G6-1.1	6,49E-08	0,15
G6-1.2	8,34E-08	0,09
G10-1.2	4,07E-07	0,08
G6-2.1	9,73E-08	0,05
G10-2.1	4,74E-07	0,04
G5-1.1	2,59E-08	0,04
G9-1.1	3,51E-08	0,03
G6-2.2	1,25E-07	0,03
G10-2.2	6,10E-07	0,03
G5-1.2	3,33E-08	0,02
G9-1.2	4,51E-08	0,02
G5-2.1	2,59E-08	0,01
G9-2.1	5,26E-08	0,01
G5-2.2	3,33E-08	0,01
G9-2.2	6,77E-08	0,01
A1-1.1	0,00E+00	0,00

Scenario	Frekvens (per år)	Totalt: Antal omkomna (N)
A2-1.1	0,00E+00	0,00
A3-1.1	0,00E+00	0,00
A4-1.1	0,00E+00	0,00
A5-1.1	0,00E+00	0,00
A6-1.1	0,00E+00	0,00
B3-0.1	1,17E-07	0,00
B4-0.1	1,17E-07	0,00
E1-0.1	0,00E+00	0,00
G11-1.1	4,22E-07	0,00
G12-1.1	1,05E-07	0,00
G8-1.1	1,40E-07	0,00
O1-0.1	0,00E+00	0,00
A1-2.1	0,00E+00	0,00
A2-2.1	0,00E+00	0,00
A3-2.1	0,00E+00	0,00
A4-2.1	0,00E+00	0,00
A5-2.1	0,00E+00	0,00
A6-2.1	0,00E+00	0,00
G11-2.1	6,33E-07	0,00
G12-2.1	1,58E-07	0,00
G8-2.1	2,11E-07	0,00
A1-1.2	0,00E+00	0,00
A2-1.2	0,00E+00	0,00
A3-1.2	0,00E+00	0,00
A4-1.2	0,00E+00	0,00
A5-1.2	0,00E+00	0,00
A6-1.2	0,00E+00	0,00
B3-0.2	1,51E-07	0,00
B4-0.2	1,51E-07	0,00
E1-0.2	0,00E+00	0,00

Scenario	Frekvens (per år)	Totalt: Antal omkomna (N)
G11-1.2	5,42E-07	0,00
G12-1.2	1,36E-07	0,00
G8-1.2	1,80E-07	0,00
O1-0.2	0,00E+00	0,00
A1-2.2	0,00E+00	0,00
A2-2.2	0,00E+00	0,00
A3-2.2	0,00E+00	0,00
A4-2.2	0,00E+00	0,00
A5-2.2	0,00E+00	0,00
A6-2.2	0,00E+00	0,00
G11-2.2	8,13E-07	0,00
G12-2.2	2,03E-07	0,00
G8-2.2	2,71E-07	0,00