



Handläggare  
Christoffer Clarin

Tel  
+46 10 505 28 95

Mobil  
+46703176901

E-post  
christoffer.clarin@afconsult.com

Datum  
2017-04-24

Beställare:  
736168

Beställare:  
Haninge kommun

## Riskutredning för detaljplan, Stav 1:38 Tungelsta södra, Haninge kommun



ÅF-Infrastructure AB

Handläggare: Christoffer Clarin  
Internkontroll: Johan Hellstrand

**ÅF-Infrastructure AB****Brand & Risk**BORLÄNGE – GÄVLE – GÖTEBORG  
HELSINGBORG – LINKÖPING – LUND  
MALMÖ – STOCKHOLM**DOKUMENTINFORMATION**

OBJEKT/UPPDRAG	Riskutredning Stav 1:38 Tungelsta Södra
UPPDRAGSGIVARE	Haninge kommun
REFERENSPERSON	Therese Larsson Seglert Josefin Rhedin
UPPDRAGSNUMMER	736168

UPPDRAGSANSVARIG/ Handläggare	Christoffer Clarin Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör <a href="mailto:christoffer.clarin@afconsult.com">christoffer.clarin@afconsult.com</a>	Telefon 010 – 505 28 95
INTERNKONTROLL	Johan Hellstrand Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör	

<b>DATUM</b>	<b>DOKUMENTSTATUS/VERSION</b>
<b>2017-04-24</b>	<b>Version B</b>
2017-03-31	Version A



## Innehåll

1.	INLEDNING .....	4
1.1	Bakgrund och mål.....	4
1.2	Metod .....	4
1.3	Kvantitativa riskmått.....	5
1.1.1	Individrisk .....	6
1.1.2	Samhällsrisk .....	6
1.4	Avgränsningar.....	6
1.5	Styrande lagstiftning och riktlinjer .....	7
1.6	Riskvärdering.....	8
1.1.3	DNVs kriterier för tolerabel risk .....	8
2.	OMRÅDESBESKRIVNING.....	10
2.1	Studerat objekt: Stav 1:38 .....	10
2.2	Skyddsobjekt .....	12
2.2.1	Persontäthet .....	12
3.	RISKIDENTIFIERING .....	14
3.1	Risikkällor .....	15
3.2	Transporter av farligt gods på Nynäsbanan .....	17
4.	GROVANALYS OCH IDENTIFIERING AV SKADEHÄNDELSER .....	20
4.1.1	Explosiva ämnen (Klass 1).....	20
4.1.2	Kondenserade brandfarliga gaser (Klass 2.1) .....	20
4.1.3	Kondenserad giftig gas (Klass 2.3).....	21
4.1.4	Brandfarlig vätska (Klass 3) .....	22
4.1.5	Brandfarliga fasta ämnen (Klass 4) .....	22
4.1.6	Oxiderande ämnen (Klass 5).....	22
4.1.7	Giftiga och smittbärande ämnen (Klass 6.1 och 6.2) .....	22
4.1.8	Radioaktiva ämnen (Klass 7).....	23
4.1.9	Frätande ämnen (Klass 8).....	23
4.1.10	Övriga farliga ämnen (Klass 9) .....	23
4.1	23	
4.2	Sammanfattning av grovanalys .....	23
5.	RESULTAT – BERÄKNINGSRESULTAT OCH RISKVÄRDERING .....	24
5.1	Resultat individrisk .....	24
5.2	Resultat samhällsrisk .....	25
5.3	Osäkerheter.....	26
6.	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER .....	28
7.	SLUTSATS .....	30
8.	REFERENSER .....	31



## Sammanfattning

Syftet med aktuell riskutredningen är att utifrån ett personriskperspektiv bedöma om Tungelsta stationsområde, del av Stav 1:38, är lämpligt för nyexploatering. Området är tänkt att utvecklas till ett större sammanhållet område med bostäder, förskola, idrottshall och parkering med tydliga kopplingar mot Tungelstas centrala delar. I området planeras bland annat för en förskola, ny idrottshall, mataffär, park & parkering samt bostäder i tät kvartersbebyggelse.

Riskutredning är utförd för att skapa underlag som underlättar för beslutsfattare att ta beslut om det är lämpligt att uppföra ny byggelse med hänsyn tagen till människors hälsa och säkerhet.

Vid riskidentifieringen framkom att det framförallt är närheten till Nynäsbanan som utgör en risk. Riskbidraget från övriga riskkällor bedöms vara försumbara i sammanhanget. Längs med Nynäsbanan transporteras farligt gods och mängderna bedöms öka i samband med i bruktagande av Norviks hamn. Tre olycksscenarioer har valts ut för vidare analys:

- Olycka med kondenserad brandfarlig gas (Klass 2.1)
- Olycka med kondenserad giftig gas (Klass 2.3)
- Olycka med brandfarlig vätska (Klass 3)

Scenariernas sannolikhet och konsekvens har därefter beräknats, varefter de sammanvägts för att erhålla en uppfattning om den totala risknivån för studerat planområde.

Riskenivåerna för det studerade området hamnar generellt under eller inom ALARP-områdets nedre del utifrån DNVs riskacceptanskriterier. Allra närmast spårområdet är risken hög och hamnar något över kriteriet för oacceptabel risk. Det anses därför rimligt att värdera riskreducerande åtgärder för att kunna genomföra planförslaget. Riskreducerande åtgärder ska utföras om det innebär en rimlig kostnad i förhållande till riskreduktionen samt att det bör finnas ett skyddsavstånd.

De riskreducerande åtgärder som bedöms vara effektivast är de som begränsar konsekvenserna i nära anslutning till spårområdet. Här utgör skyddsavstånd mellan bebyggelse och järnväg den största riskreducerande åtgärden, följt av att markytan mellan spår och byggnad utformas så att pölbildning försvåras och att det ej uppmuntras till stadigvarande vistelse. Det rekommenderas att närmsta avstånd mellan byggnad och järnväg ej understiger 25 meter.

Därutöver föreslås en rad byggnadstekniska riskreducerande åtgärder beroende på avstånd till Nynäsbanan, som exempelvis:

- Fasader utförs i brandteknisk klass EI 30. Fönsterytor kan utföras utan brandteknisk klass.
- Byggnader utformas så att det är möjligt att utrymma i riktning bort från Nynäsbanan.
- Ventilationssystemet utformas så att det motverkar spridning av giftig gas utifrån. Friskluftsintag placeras högt och vänds bort från Nynäsbanan (skyddad sida).

Vid längre skyddsavstånd minskar behoven av byggnadstekniska riskreducerande åtgärder för bebyggelsen. Exempelvis krävs inte brandklassade fasader i EI 30 om skyddsavstånd till järnväg överstiger 25 m.

Ur det riskperspektiv som denna rapport utgår från bedöms det sammanfattningsvis som lämpligt att byggnation ska kunna ske, förutsatt att de rekommenderade åtgärderna genomförs och att inte riskbilden med avseende på riskkällor nära planområdet förändras väsentligt.



## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund och mål

Haninge kommun har för avsikt att exploatera en del av Stav 1:38, Tungelsta stationsområde. Det goda kollektivtrafikläget i nära anslutning till pendeltåg innebär att platsen bedöms lämplig att pröva för samlad stadsbebyggelse genom nyexploatering. Den nya detaljplanen syftar till att möjliggöra blandad stadsbebyggelse med blandade funktioner.

För att kunna fatta beslut om exploatering inom planområdet är lämpligt behöver en riskutredning tas fram som del i planprocessen avseende riskbilden.

Syftet med riskutredningen är att utifrån ett personriskperspektiv bedöma om planområdet är lämpligt för den bebyggelse som planeras och ge exempel på riskreducerande åtgärder för att minimera riskbilden inom planområdet om detta krävs.

### 1.2 Metod

En riskutredning delas in i flera olika steg (se Figur 1). Först sker en bestämning av **mål och avgränsningar** gällande den aktuella riskutredningen.

Efter detta steg sker en **riskinventering** vilket är en arbetsprocess för att identifiera vilka risker som finns inom det studerade området.

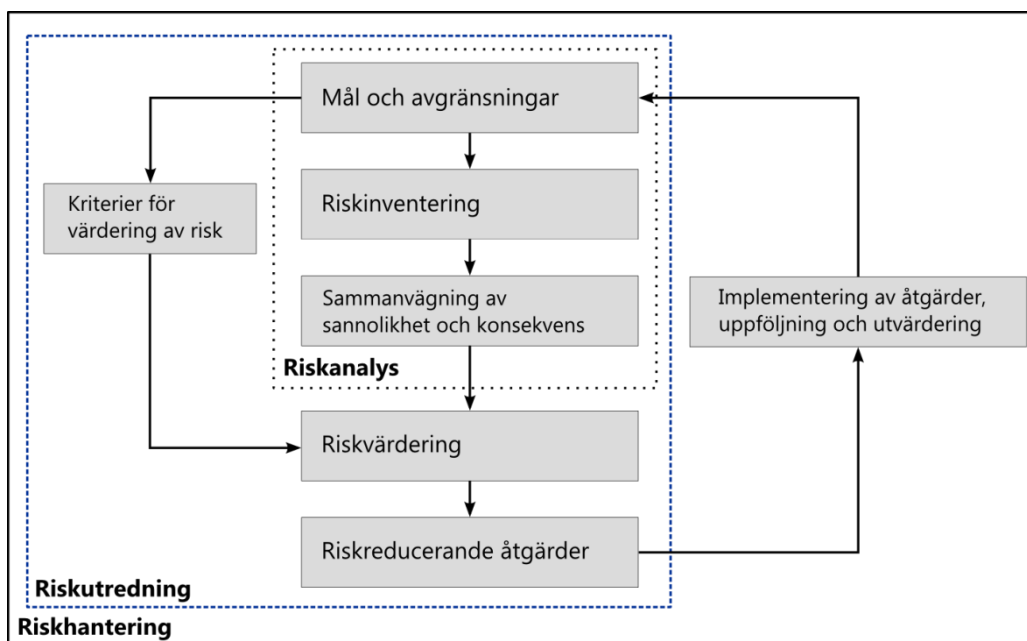
I **riskanalysen** genomgår de identifierade riskerna sedan en bedömning gällande sannolikhet och konsekvens för att sammantaget kunna ge en uppfattning om risknivån. Beroende på omfattningen och detaljnivån på riskutredningen kan detta göras kvalitativt och/eller kvantitativt. I denna riskutredning har analysen utförts med kvantitativ metod.

Utifrån riskanalysen utförs i **riskvärderingen** en jämförelse mellan den uppskattade risknivån och uppsatta acceptanskriterier.

Ur jämförelsen synliggörs sedan behovet av **riskreducerande åtgärder** för att kunna sänka risknivån på de risker som inte uppfyller de acceptanskriterier som riskvärderingen jämförts mot. Åtgärder som till en låg kostnad och utan andra avsevärda olägenheter minskar risken är oavsett resultatet motiverande.

Ett viktigt steg i en riskutredning är att den blir en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram [1]. Figur 1 nedan ger en visuell representation av ovanstående beskrivning.



Figur 1. Illustration av riskhanteringsprocessen. Denna riskutredning innefattar det som är markerat med blå streckad linje.

Föreliggande riskutredning innehåller nedanstående delar:

- En kartläggning av fastigheten och dess omgivning med utgångspunkt i typ av bebyggelse, utformning och topografi.
- En kartläggning av transporter av farligt gods och andra riskobjekt i områdets omgivning.
- Beräkning av frekvenser och konsekvenser för tänkbara olycksscenarier (tryckskada, brännskada, förgiftning etc.).
- Bedömning/beräkning av individ- och samhällsrisk samt värdering av risk mot de kriterier som oftast brukar användas vid individ- och samhällsriskberäkningar (DNV:s kriterier).
- Förslag till behov, val och utformning av säkerhetshöjande åtgärder för att möjliggöra bebyggelse i det fall risknivåer uppkommer inom ALARP-området. Hänsyn tas till "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods" utgiven av Länsstyrelsen Stockholm. Framtagna byggnadstekniska åtgärdsförslag baseras på avstånd från riskobjektet (Nynäsbanan).
- En slutlig värdering av risknivån för att säkerställa att den, efter de säkerhetshöjande åtgärderna, uppfyller angivna kriterier.
- Redovisning av resultat, dokumentation och kvalitetssäkring. Resultat redovisas huvudsakligen genom denna skriftliga handling inklusive figurer och grafer.

### 1.3 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplaneringen är det främst två metoder som används för sammanvägning av sannolikhet (i form av relativ frekvens) och konsekvens. Beskrivning av dessa följer nedan.

Beräkningarna för de parametrar som behövs till de kvantitativa riskmåtten utförs i Bilaga A (Frekvensberäkningar) och Bilaga B (Konsekvensberäkningar). Resultatet



presenteras i avsnitt "Resultat – beräkningsresultat och riskvärdering"

### 1.1.1 Individrisk

Individrisken visar risken för en individ på olika avstånd från riskkällan. Detta görs genom att sannolikheten beräknas för att en hypotetisk person som står ett år på ett visst avstånd från riskkällan omkommer. Ingen hänsyn tas till mängden personer som förväntas befinna sig på dessa avstånd. Individrisken ( $IR$ ) i punkten  $x, y$  beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} (a) \quad \text{formel 1 a, b}$$
$$IR_{x,y,i} = f_i \cdot p_{f,i} (b)$$

Där  $f_i$  är den frekvensen (per år) för scenario  $i$  och  $p_{f,i}$  är sannolikheten att individen i studerad punkt avlider av scenario  $i$ .  $p_{f,i}$  antas, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför det beräknade konsekvensområdet. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika platser inom ett område kan individrisken sedan presenteras som antingen individriskkonturer i ett kartmaterial eller som individriskgrafer i ett diagram som visar individrisken som funktion av avståndet från riskobjekt. I denna utredning kommer det senare presentationsalternativet väljas.

### 1.1.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken beräknas för att studera riskens inverkan på samhället. Den tar hänsyn till hur många människor som kan drabbas av ett visst utfall. Samhällsrisken beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N = \sum_{x,y} P_{x,y} \cdot p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

$N_i$  står för antalet människor som omkommer på grund av det studerade scenariot  $i$ .  $P_{x,y}$  är antalet personer i punkten  $x, y$  och  $p_{f,i}$  definieras enligt individrisken ovan. Samhällsrisken redovisas normalt i  $F/N$ -kurvor. Där antalet dödsfall ( $N$ ) plottas mot frekvensen (per år) för de scenarier där  $N$  eller fler människor omkommer. Detta benämns  $F_N$  och beräknas enligt nedan.

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

Där  $f_i$  är frekvensen för sluthändelse  $i$  och  $N_i$  är antalet beräknade dödsfall för scenario  $i$ .

## 1.4 Avgränsningar

De risker som har studerats är sådana som är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) som har sitt ursprung i transporter av farligt gods.

Enbart risker som kan innebära konsekvenser i form av personskada på personer inom den studerade delen av planområdet Stav 1:38 beaktas. Det innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador.

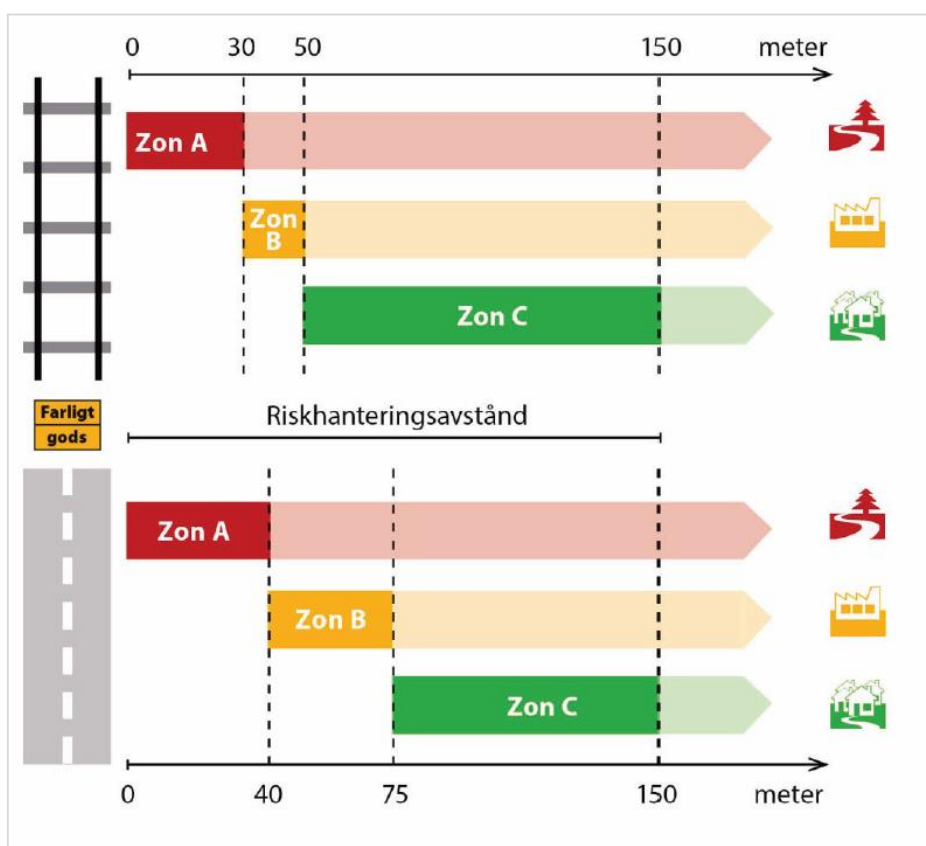
## 1.5 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det generella kravet på riskanalyser i samhällsplaneringen har sin grund i Plan- och bygglagen (2010:900) och i vissa fall också Miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen står det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. När en kommun upprättar en detaljplan ska en miljöbedömning utföras. Om ett planförslag sammantaget kan antas medföra en betydande miljöpåverkan (i meningen att miljö eller människors hälsa kan komma att påverkas) ska en miljökonsekvensbeskrivning genomföras enligt miljöbalken.

Plan- och bygglagen samt miljöbalken är emellertid inte fullt detaljerade kring riskutredningens metodik och innehåll. Riktlinjer, kriterier och rekommendationer på krav och typ av riskutredning har därför tagits fram från olika parter såsom länsstyrelser och myndigheter. I denna utredning används riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [2].

Länsstyrelsen i Stockholms län anser i dokumentet att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt gods-led. Närmare detaljeringsgrad eller på det sätt som riskerna ska beaktas anges inte utan beror på planförslaget riskbild.

Figur 2 visar en rekommenderad indelning av tre olika zoner och deras skyddsavstånd invid en farligt gods-led gällande både väg- och järnväg. Zonerna har i länsstyrelsens riktlinjer specificerats med fasta avståndsgränser.



Figur 2 visar lämplig bebyggelse för olika zoner vid väg- och järnväg [2].





Tabell 1 visar lämplig bebyggelse i byggzoner invid väg- och järnväg [2].

Zon A	Zon B	Zon C
G - Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E - Tekniska anläggningar	B - Bostäder
L - Odling och djurhållning	G - Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C - Centrum
P - Parkering (ytparkering)	J - Industri	D - Vård
T - Trafik	K - Kontor	H - Detaljhandel
	N - Friluftsliv och camping	O - Tillfällig vistelse
	P - Parkering (övrig parkering)	R - Besöksanläggningar
	Z - Verksamheter	S - Skola

Tabell 1 redogör för olika typer av markanvändning för de tre zonerna där zon A är närmast och zon C är längst ifrån farligt godsleden i det aktuella plan-/programområdet. Den genomgående tanken är att verksamheter och markanvändning som är förknippad med en stor persontäthet skall befinna sig så långt bort från farligt godsleden som rimligen kan vara möjligt för att minska individ- och samhällsriskerna för tredje person.

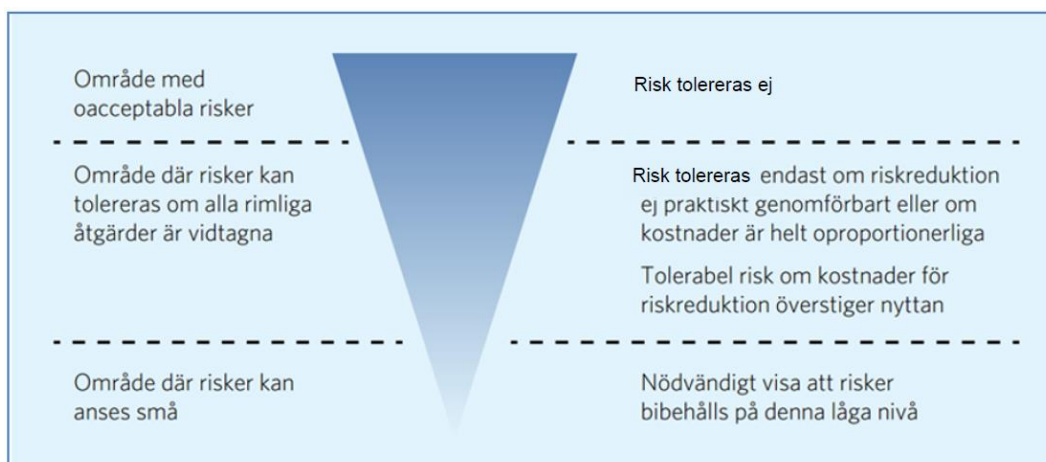
Länsstyrelsen i Stockholms län menar vidare att det för bebyggelse intill järnväg ska det finnas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter mellan järnväg och studerat markområde, oavsett markanvändning. Om bebyggelse placeras närmre än 25 m måste detta kompenseras väl genom skyddsåtgärder samt förankras med länsstyrelsen. Beroende på markanvändning så finns även krav på vissa byggnadstekniska skyddsåtgärder.

## 1.6 Riskvärdering

### 1.1.3 DNVs kriterier för tolerabel risk

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. Nationellt fastställda riskkriterier finns inte i Sverige för individ- och samhällsrisk. Det Norske Veritas har på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (nuvarande MSB) tagit fram förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk som kan användas vid riskvärdering [3]. Även Länsstyrelsen Stockholm anser att dessa kriterier bör användas i kvantitativa riskutredningar [2].

Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens skall inträffa. Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 3 nedan.



Figur 3. Principiella kriterier för riskvärdering [3] .

Följande förslag till tolkning rekommenderas [3].

- De risker som hamnar inom område med oacceptabla risker värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- Området i mitten kallas ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). De risker som hamnar inom detta område värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder.
- I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.
- De risker som hamnar inom område där risker kan anses små värderas som acceptabla. Dock skall möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra skall genomföras.

För individrisk föreslår Räddningsverket [3] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $10^{-5}$  per år
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små:  $10^{-7}$  per år

För samhällsrisk föreslår Räddningsverket [3] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $F=10^{-4}$  per år för  $N=1$  med lutning på FN-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små:  $F=10^{-6}$  per år för  $N=1$  med lutning på FN-kurva: -1

Samhällsriskens frekvenskriterier är definierade som antal olyckor per kilometer och år som påverkar båda sidor av en linjekälla som exempelvis en farligt gods led. Studeras en kortare eller längre sträcka och/eller endast ledens bidrag till samhällsrisk på ena sidan kan frekvenskriterierna skalas om för att belysa samhällsrisk just inom det studerade området.

I denna rapport redovisas individrisken i form av individriskkurvor i både omskalat och icke-omskalat format. Samhällsrisk redovisas med ej omskalade frekvenser.



## 2. Områdesbeskrivning

### 2.1 Studerat objekt: Stav 1:38

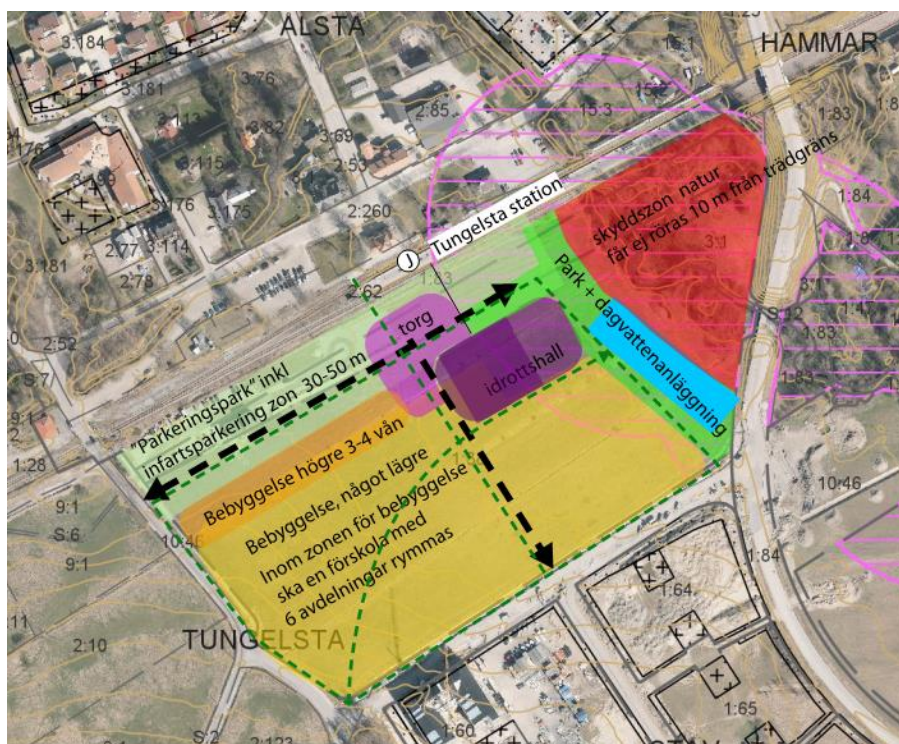
Haninge kommun har för avsikt att exploatera en del av Stav 1:38, Tungelsta stationsområde. Det goda kollektivtrafikläget i nära anslutning till pendeltåg innebär att platsen bedöms lämplig att pröva nyexploatering. Områdets placering i förhållande till Tungelsta pendeltågsstation och omkringliggande vägar framgår av Figur 4.



Figur 4 visar Stav 1:38 och Tungelsta station.

Området är tänkt att utvecklas till ett större sammanhållet område med bostäder, förskola och parkering med tydliga kopplingar mot Tungelstas centrala delar. I området planeras bland annat för en förskola, ny idrottshall, mataffär, park & parkering samt bostäder i tät kvartersbebyggelse. Avståndet mellan järnväg till Lillgårdsvägen uppgår till ca 220 m.

Parkeringsplats & parkområde är tänkt att förläggas närmast järnvägen. Därefter följer bostadsbebyggelse i 3-5 våningsplan samt idrottshallen. Exempel på möjlig utformning ges i Figur 5.



Figur 5 visar ytor för placering av olika typer av bebyggelse.

Det område som utreds för bebyggelse i Tungelsta utgör före detta jordbruksmark som är relativt flack och ungefär i nivå med spårområdet. Endast längst österut tenderar järnvägen att ligga någon meter ovan planområdet. Hur området ser ut idag framgår av Figur 6 och Figur 7. Längst i öster finns en naturskyddszon som ej berörs av exploateringen då där ska finnas dammar för dagvattenhantering. Genom naturområdet löper en bäck.



Figur 6 visar Stav 1:38. Till vänster ses Tungelsta station och skogspartiet i mitten är naturskydds zonen.



Figur 7 visar Stav 1:38, foto taget längst med Järnvägen. I mitten av bilden syns Tungelsta station, byggnaden med snedtak.

## 2.2 Skyddsobjekt

Denna riskutredning fokuserar på personsäkerhet. Skyddsobjekt är personer som vistas inom det studerade området, både i och utanför byggnaden.

Eftersom etableringen till stor del ligger inom 150 m från järnväg där det transporteras farligt gods konstateras det att det är rimligt att beakta riskhanteringsprocessen.

Området kommer att bebyggas med lokaler för personintensiv verksamhet och bostäder. Framförallt i bostäderna kan det förväntas att personer befinner sig även under nattetid.

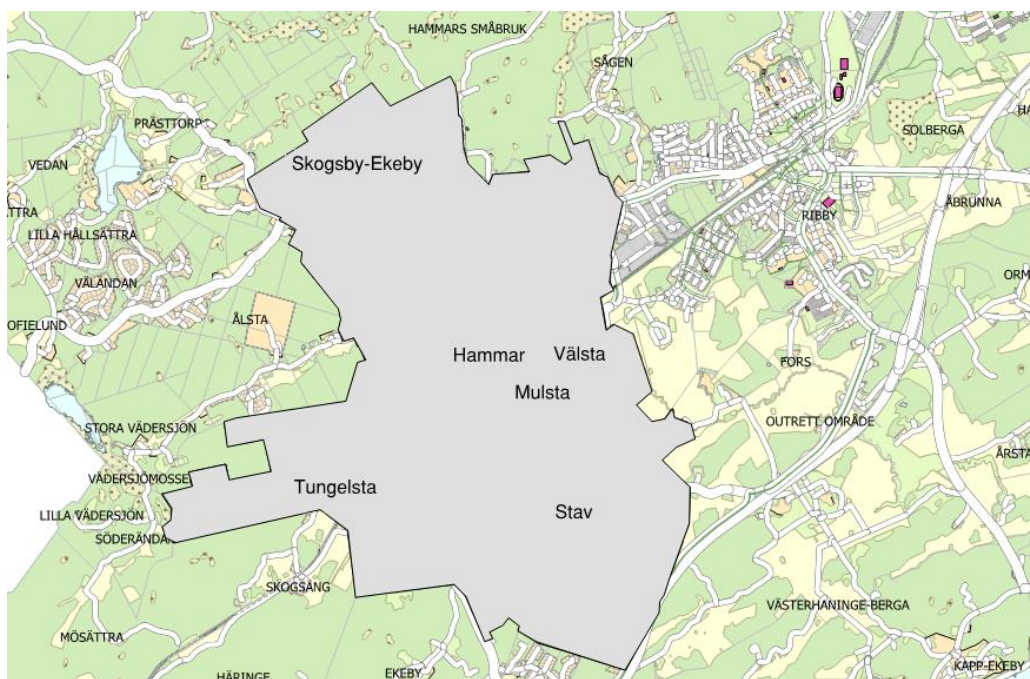
### 2.2.1 Persontäthet

Persontätheten i området innan ombyggnation är ca 640 personer/km<sup>2</sup>. Personantalet är uppskattat utifrån personer som är bokförda i gråmarkerat område i Figur 8.

Därutöver tillkommer ytterligare personer vid exploatering av Stav 1:38, Tungelsta stationsområde:

- 300 lägenheter om 2,5 person per lägenhet, totalt 750 personer.
- Förskola med 120 barn och 20 personal, totalt ca 140 personer.
- Idrottshall, i snitt 3 st 20-mannalag, totalt 60 personer.

Detta innebär att persontätheten efter exploatering uppgår till ca 1791 personer/km<sup>2</sup>. Hur detta beräknats framgår i bilaga C.



Figur 8. Områden där mängden bokförda personer summerats för att avgöra persondensitet (personer/km<sup>2</sup>).



### 3. Riskidentifiering

Vid den grova riskidentifieringen upptäcktes en rad riskobjekt. Riskobjekten har därefter bedömts utifrån eventuella påverkan på planområdet. En sammanställning av bedömningen framgår av Tabell 2. Slutsatsen är att det enbart är Nynäsbanan som analyseras närmare.

Tabell 2. Grov riskidentifiering och bedömning.

Verksamhet	Bedömning
Nynäsbanan	På Nynäsbanan transporteras farligt gods och transportmängderna förväntas öka i samband utbyggnaden av Norviks hamn. Då planområdet befinner sig nära Nynäsbanan analyseras riskobjektet närmare.
Väg 73	Väg 73 är en primär led för farligt gods. Transportleden befinner sig dock 2,5 km bort från planområdet, varpå det bedöms otroligt att en olycka där farligt gods involveras skulle påverka planområdet.
Väg 257	Väg 257 utgör sekundär rekommenderad väg för farligt gods. Vägen befinner sig som närmast 400 meter från planområdet och utreds inte närmre med hänsyn till det långa skyddsavståndet.
Stavsvägen	Stavsvägen kan få ökad trafik i samband med exploatering av området. Enligt kommunen planeras dock inte att vägen ska bli en sekundär led för farligt gods. I dagsläget finns ingen bensinstation i närområdet som bidrar till transporter med farligt gods.
Bensinstation	Närmsta bensinstation finns i Jägartorp bortom Krigslida. Transport till bensinstationen sker via väg 257. Eftersom skyddsavståndet uppgår till 2-3 km utreds riskobjektet inte närmare.
Farlig verksamhet (Seveso lägre)	Norab AB i Ekeby hanterar sprängämnen som överstiger 10 ton. Aktiviteter utgörs av lagring, lossning och lastning av gods. Då skyddsavståndet uppgår till närmare 2 km utreds riskobjektet inte närmare.



### 3.1 Riskkällor

I denna riskutredning utgör Nynäsbanan ett riskobjekt på grund av transport av farligt gods. Nynäsbanan är bitvis enkelspårig, men arbete pågår med att bygga ut till dubbelspår [4].

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar, ADR/RID som tagits fram i internationell samverkan [5]. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får ske och hur godset ska vara emballerat samt vilka krav som ställs på fordon för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods.

Farligt gods delas in i nio olika klasser med hjälp av de så kallade ADR/RID-systemen som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. För varje klass finns också ett antal underklasser som mer specifikt beskriver transporten.

I tabell 3 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en grov beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid en olycka.

Tabell 3. Klasser av farligt gods med konsekvensbeskrivning [6] [7].

Klass	Kategori ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier etc.	Tryckpåverkan och brännskador. En stor mängd massexplosiva ämnen (Klass 1.1) kan ge skadeområden uppemot 200 m i radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus primärt pga. ras eller kollaps. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och kringflygande delar kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [8].
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, kväveoxider etc.) brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och icke brännbara, giftiga gaser (klor, svaveldioxid, ammoniak etc.).	Indelas i underklasser där klass 2.1 Brännbara gaser kan ge brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Klass 2.2 Icke giftig, icke brandfarlig gas förväntas inte ha några konsekvenser för liv och hälsa om ett läckage sker utomhus. För klass 2.3 Giftiga gaser kan ge omkomna både inomhus och utomhus till följd





			av giftiga gasmoln. Konsekvensområden för Klass 2.1 och 2.3 kan båda överstiga 100 meter.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel, industrikemikalier etc. Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekter eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30 meter för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Kräver normalt sett tillgång till vatten för att utgöra en brandrisk. Mängden brandfarlig gas som bildas står då i proportion till tillgången på vatten.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentration över 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (exempelvis bensin). Konsekvensområden p.g.a. tryckvågor uppemot 150 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel, sjukhusavfall, kliniska restprodukter, sjukdomsalstrande mikroorganismer etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligtvis i små mängder.	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.



8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsas till olycksområdet [8]. Personskador kan dock uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

### 3.2 Transporter av farligt gods på Nynäsbanan

Farligt gods transporteras på Nynäsbanan, men exakta mängder och klasser är osäkra. För att uppskatta omfattningen av farligt godstransporter refereras till tidigare utförda kartläggningar om farligt godstransporter.

Utgångspunkten för denna riskutredning är den troliga transporterade mängden farligt gods år 2030. Detta eftersom mängden farligt gods på Nynäsbanan bedöms öka snarare än minska det kommande årtiondet.

#### Järnvägstransporter

I rapporten "Räddningsverkets kartläggning av farligt godstransporter under september månad 2006" kunde följande utläsas rörande transporter längs med Nynäsbanan:

- Det transporterades totalt 0-10 000 ton farligt gods under en månad.
- Det transporterades 0-5200 ton/månad farligt gods i klass 2.1
- Det transporterades 0-8700 ton/månad farligt gods i klass 3.
- Transporter av andra klasser än klass 2.1 och klass 3 har inte uppmätts.

Det angivna intervallet om mängden farligt gods är brett. Vidare framgår det inte i rapporten huruvida farligt gods transporteras hela vägen mellan Stockholm till Nynäshamn, eller om en del av godset avlastas längs med Nynäsbanans sträckning.

Att transporter med farligt gods avlastas längst med vägen är högst troligt, men ett konservativt antagande görs om att godset transporteras hela sträckan mellan Nynäshamn och Stockholm samt att den transporterade mängden motsvarar den övre gränsen av givet intervall (10 000 ton/månad). Av dessa utgör 38 % transport av klass 2.1 Brännbara gaser och 62 % transport av klass 3 Brandfarliga vätskor.

#### Norviks hamn

I den miljöriskanalys som finns framtagen för Norviks hamn bedöms hamnen tillföra en ökning av ca 55 000 godsvagnar per år på Nynäsbanan. Av dessa utgör 25 000 järnvägsvagnar med containrar och 30 000 järnvägsvagnar som går som ro-ro trafik på järnvägsfärjor. Detta innebär totalt 1275 vagnar med farligt gods per år, 900 från järnvägsfärjor (ro-ro) och 375 järnvägsvagnar med containrar [9].

Transporterna omfattar farligt gods ur samtliga klasser utom klass 1 (explosiva ämnen) och klass 7 (radioaktiva ämnen).

**Uppskattning av totala antalet farligt godstransporter**

Trafikverket har i sin prognos för godstransporter 2030 [10] bedömt att godstransporter på järnväg kommer att öka med ca 1,5 % per år. Efterfrågan från 2006 års nivåer väntas således öka med 36 % baserat på linjär ökningstakt. Enligt Trafikverkets bedömning kommer halva ökningen bero på malmbrytning i norr, vilket innebär att tillväxten i järnvägstrafiken i resten av Sverige ligger på betydligt lägre nivå. Om malmbrytningen exkluderas prognostiseras istället en ökning på ca 19 % för järnvägstrafiken år 2030 från 2006 års nivå.

För 2030 har mängden farligt gods räknats upp med 19 % samt att bidraget från Norviks hamn räknats med. För 2006 redovisas endast uppmätta värden från en månad under det året. Varje farligt godsvagn antas transportera ca 45 ton farligt gods per vagn.

I Tabell 4 redovisas beräknade transporter av farligt gods. Transporterad mängd (2030) har avrundats till 3 värdesiffror. Antalet vagnar med farligt gods har avrundats till närmsta heltal.

Tabell 4. Beräknade transportmängder av farligt gods på Nynäsbanan fördelade på ADR-klasser.

Klass (ADR)	Kategori	Mängd per vagn	Antal transporterade vagnar (per år)	
			2006	2030
1	Explosiva ämnen*	-	-	-
2	2.1 Brandfarlig gas	45	1013	1219
	2.2 Icke giftig, icke brandfarlig gas	-	-	42
	2.3 Giftig gas	-	-	14
3	Brandfarliga vätskor	55	1653	2264
4.1	4.1 Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	50	-	15
	4.2 Självantända ämnen	-	-	5
	4.3 Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	-	-	30
5	5.1 Oxiderande ämnen	-	-	20
	5.2 Organiska peroxider	-	-	70
6	6.1 Giftiga ämnen	-	-	90



	6.2 Smittförande ämnen	-	-	-
7	Radioaktiva ämnen	-	-	-
8	Frätande ämnen	-	-	170
9	Övriga farliga ämnen och föremål	-	-	280
<b>Totalt</b>	<b>Samtliga klasser</b>		<b>2666</b>	<b>4219</b>

I dagsläget är antalet godståg som trafikerar Nynäsbanan begränsat. En klar majoritet utgörs av pendeltåg och enstaka godståg förekommer endast i lågtrafik. Efter utbyggnaden av Norviks hamn är det troliga behovet att Nynäsbanan trafikerar av 4-5 godståg (hela tåg) i vardera riktningen per dag. Det kan dock antas att det kommer gå en del kortare tåg, varpå en rimligare uppskattning är 10-12 tåg per dag i vardera riktningen [11]. Detta innebär 3650-4380 godståg per år (4000 antas i fortsatta beräkningar).



## 4. Grovanalys och identifiering av skadehändelser

Alla klasser för farligt gods transporteras inte på Nynäsbanan. I detta avsnitt identifieras vilka skadehändelser som kan inträffa i närheten av utvärderat område. Vidare görs en bedömning huruvida skadehändelsen direkt kan avfärdas eller behöver analyseras vidare som grund för kvantitativ riskberäkning. Som huvudsakligt underlag till vilken typ av farligt gods som kan tänkas transporteras på Nynäsbanan har uppgifterna i Tabell 4 använts.

### 4.1.1 Explosiva ämnen (Klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen är det primärt underklass 1.1, som utgörs av massexplosiva ämnen, som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut m.m. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels till direkta tryckskador men även till värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader. Varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma skadeeffekt utan orsakar istället splitter eller dylikt som sprids från olycksplatsen. Ämnen i klass 1.1 delas i sin tur in i ytterligare underklasser, klass 1.1A och 1.1B, där klass 1.1A utgör de mest reaktiva ämnena, själva tändämnena. Klass 1.1A får endast transporteras i mängder om 6,25 kg till 18,75 kg, beroende på klassning av förpackning och fordon, varpå skadeområdet begränsas. Övriga ämnen inom underklass 1.1 får transporteras upp till 16 000 kg, förutsatt att fordonet håller högsta fordonsklass (EX/III) enligt regler för transport av farligt gods på väg. Fordon av denna klass har en lång rad barriärer som motverkar olyckor med fordonet, brand i fordon och spridning av brand till last varför sannolikheten för detonation minskar ytterligare.

#### **Motivering**

Kategorin utgör en mycket liten del av den totala mängden transporterat farligt godslängs med Nynäsbanan. Enligt studerad statistik förekommer sådana transporter inte i någon utsträckning alls, varken i dagsläget eller vid framtida bedömning av transportläget. Detta i kombination med att restriktionerna av hur transporter med explosiva ämnen får ske bedöms en explosion med klass 1 som mycket osannolik. Skadehändelsen studeras därför inte vidare i detaljerad riskbedömning.

### 4.1.2 Kondenserade brandfarliga gaser (Klass 2.1)

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

#### **Jetbrand**

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma, vars längd avgörs av storleken på hålet i tanken.

#### **Gasmolnsbrand**

När gas läcker ut genom ett hål i en tank men inte antänds direkt som i ovanstående scenario uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett skede där luftinblandningen inte är tillräcklig för att en explosion ska inträffa utvecklas förloppet istället till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

#### **Gasmolnsexplosion**

Vid ett gasmolnens utsläpp som inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den farliga gasen. Vid antändning kan detta resultera i en gasmolnsexplosion om en tillräckligt stor mängd av gas och luft har blandats till en viss koncentration. Beroende på vindstyrka kan explosionen inträffa en bit ifrån olycksplatsen. Vanligast är att explosionen är av typen deflagration, vilket innebär att flamfronten rör sig



betydligt långsammare än ljudets hastighet och resulterar i en svagare tryckvåg än vid detonation. En gasmolnsexplosion kan medföra skador av värmestrålning och skador av tryckvågen.

### **BLEVE**

BLEVE är en benämning på en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Värmen orsakar ett stigande tryck i tanken då den inneslutande mängden expanderar och följaktligen rämvar tanken. Innehållet övergår i gasform på grund av den höga temperaturen och det lägre tryck som råder utanför tanken och antänds. Vid antändningen bildas ett stort eldklot som avger intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs en kraftig upphettning av tanken, exempelvis orsakad av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

### **Motivering**

Nästan en tredjedel (29 %) av den transporterade mängden farligt gods längs med Nynäsbanan utgörs av brandfarliga gaser kategoriserade som klass 2.1. Från Norvikshamn förväntas merparten brandfarlig gas utgöras av tändare, aerosoler och annat styckegods som sannolikt inte ger stora konsekvenser [9]. Det kan dock inte förväntas att alla transporter utgörs av styckegods. Enligt nationell statistik är gasol som stundtals transporteras i tankcontainer den vanligaste transporterade gasen i klass 2.1. En olycka med utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kommer troligtvis att påverka säkerheten för människor som befinner sig inom planområdet. Skadehändelsen studeras därför vidare i den detaljerade riskbedömningen.

#### 4.1.3 Kondenserad giftig gas (Klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot skyddsobjektet och orsakar allvarliga skador eller dödsfall. De tre mest frekvent transporterade gaserna i Sverige är generellt vattenfri ammoniak, klorgas och svaveldioxid.

Nedan följer en kortare beskrivning av vattenfri ammoniak, klorgas och svaveldioxid.

#### **Vattenfri ammoniak**

Generellt är ammoniak tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett IDLH-värde (Immediately Dangerous of Life or Health) på 300 ppm.

#### **Klor**

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsobjektet. Den kan sprida sig långt likt gaserna ovan och har ett IDLH-värde på 10 ppm.

#### **Svaveldioxid**

Även svaveldioxid är en giftig tung gas som vid ett utsläpp kan ha ett riskområde om flera hundra meter. Gasen har ett IDLH-värde på 100 ppm.

### **Motivering**

Giftig gas transporteras i mycket begränsad omfattning längs med Nynäsbanan. Med utgångspunkt ur kartläggningen av transporterade mängder farligt gods under 2006 visar att inga transporter förekommer. Efter framtida tillskott från Norviks hamn tillkommer 14 transporter med gas per år, där 1/5 utgörs av giftiga gaser hänförliga till klass 2.3. Detta motsvarar ca 0,3% av förväntat antal transporter med farligt gods. Av de transporterade giftiga gaserna utgör klor nästan 95 % [9]. En stort utsläpp av giftig gas kan påverka människor både inomhus och utomhus. Dessutom kan gasmolnet, beroende på väder och vind, breda ut sig över ett stort område.



På grund av de potentiellt stora konsekvenserna studeras skadehändelse vidare i den detaljerade riskbedömningen.

#### 4.1.4 Brandfarlig vätska (Klass 3)

Den typiska konsekvensen vid en olycka där brandfarliga vätskor är inblandade är ett läckage som vid antändning bildar en pölbrand. Brandfarlig vätska klassificeras i underklasser efter antändningstemperatur där exempel på brandfarlig vätska klass I är bensin och etanol. Båda dessa är extremt lättantändliga och brinner med hög intensitet. Dieselolja och eldningsolja är däremot exempel på brandfarlig vätska klass III som är svårantändliga vid normal utomhustemperatur och först behöver värmas upp (flampunkt > 55°C). Klass III vätskor bedöms därför inte antändas vid ett eventuellt utsläpp.

##### **Motivering**

Brandfarliga vätskor är den enskilt vanligaste transporterade farligt godsmängden längs med Nynäsbanan, både innan och efter tillskott av transporter från Norviks hamn. En pölbrand kan avge hög strålning och varma brandgaser som kan skada personer som vistas i planområdet samt antända närliggande byggnader. Olyckor kopplade till denna klass analyseras därför vidare.

#### 4.1.5 Brandfarliga fasta ämnen (Klass 4)

Ämnen av klass 4 transporteras i fast form och det förväntas inte ske nämnvärd spridning i samband med en olycka. För att brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor etc.) ska resultera i en brandrisk måste ämnena dessutom komma i kontakt med vatten och då bilda brandfarlig gas. Risken utgörs av strålningspåverkan vid antändning av gasen.

##### **Motivering**

En brand med brandfarliga fasta ämnen är begränsad till olycksplatsen och strålningsnivåerna utgör endast en fara för människor som befinner sig i närheten av branden. Denna godstyp bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera skadehändelser för denna klass.

#### 4.1.6 Oxiderande ämnen (Klass 5)

Vissa oxiderande ämnen (såsom väteperoxid, natriumklorat etc.) kan vid kontakt med en del organiska ämnen orsaka kraftiga bränder. Vid kontakt med vissa metaller kan ämnena sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan förse en eventuell brand. Under vissa omständigheter kan även explosionsfarliga blandningar uppstå.

##### **Motivering**

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen utvecklar sig till ett scenario med risk för personskada är mycket låg, då en serie händelser måste inträffa och flera olika ämnen måste vara inblandade. Godstypen är idag inte vanligt förekommande längs med Nynäsbanan och även efter hänsyn till bidrag från Norviks hamn utgör högst 1-2 % av farligt godstransporterna av oxiderande ämnen. Godstypen bedöms inte vidare behöva analyseras.

#### 4.1.7 Giftiga och smittbärande ämnen (Klass 6.1 och 6.2)

Ämnen i denna klass kan exempelvis vara arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. En olycka med giftiga och smittbärande ämnen är endast en risk för människor som kommer i fysisk kontakt med dessa ämnen, exempelvis genom förtäring.

##### **Motivering**

Då skadeområdet för en olycka med dessa ämnen är begränsat, kommer denna ämnesklass troligtvis inte utgöra någon säkerhetsrisk för personer som vistas inom planområdet. Giftiga ämnen utgör dessutom en liten andel av det totala godset, ca



2 %. Smittbärande ämnen transporteras ej längs med Nynäsbanan. Godstypen bedöms därför inte vidare behöva analyseras.

#### 4.1.8 Radioaktiva ämnen (Klass 7)

En olycka med radioaktiva ämnen inblandade kan få mycket allvarliga konsekvenser. Transporterna av radioaktiva ämnen är dock fokuserade kring endast några få transportleder i Sverige.

##### **Motivering**

Radioaktiva ämnen transporteras inte längs med Nynäsbanan i dagsläget och Norviks hamn antas inte bidra med transporter av denna klass i framtiden. Bidraget till risken bedöms vara försumbar och det är inte motiverat att ytterligare analysera olyckor med radioaktiva ämnen.

#### 4.1.9 Frätande ämnen (Klass 8)

En olycka med frätande ämnen, exempelvis saltsyra och svavelsyra, ger endast lokal påverkan vid olycksplatsen då skador uppkommer först vid kontakt med huden.

##### **Motivering**

På grund av det begränsade skadeområdet bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

#### 4.1.10 Övriga farliga ämnen (Klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material eller airbags.

##### **Motivering**

Olyckor med transporter av farligt gods i denna kategori begränsas till närområdet och det bedöms därmed inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

## 4.2 Sammanfattning av grovanalys

I den kvantitativa riskberäkningen kommer följande klasser att ingå. För vidare information hänvisas till Bilaga A (Frekvensberäkningar) och Bilaga B (Konsekvensberäkningar):

- Olycka med kondenserad brandfarlig gas (Klass 2.1)
- Olycka med kondenserad giftig gas (Klass 2.3)
- Olycka med brandfarlig vätska (Klass 3)





## 5. Resultat – beräkningsresultat och riskvärdering

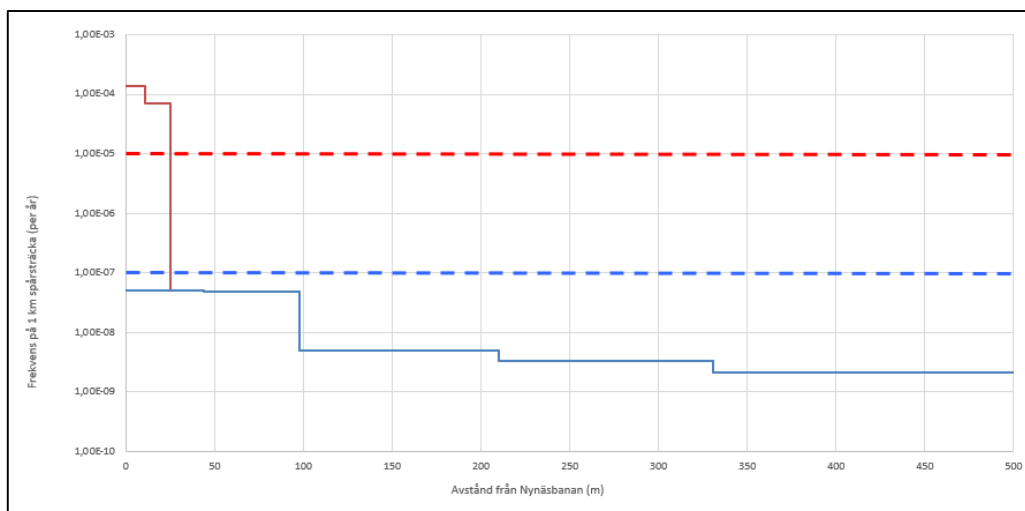
Utsläpp vid transport av farligt gods kan ske om ett tåg som transporterar farligt gods spårar ur eller kolliderar med annat tungt fordon eller annat tåg. Vidare kan ett urspårat tåg skada människor genom att lämna spårområdet och kollidera med människor och byggnader. Vid analys av frekvens och konsekvens framkommer att risken hamnar inom det så kallade ALARP-området närmast Nynäsbanan. Detta innebär att åtgärder ska vidtas i det fall kostnaden står i proportion till erhållen riskreduktion.

Nedan redovisas individrisk och samhällsrisk för planområdet. Beräkningarna för de parametrar som behövs till individrisk- och samhällsriskberäkning utförs i Bilaga A – C.

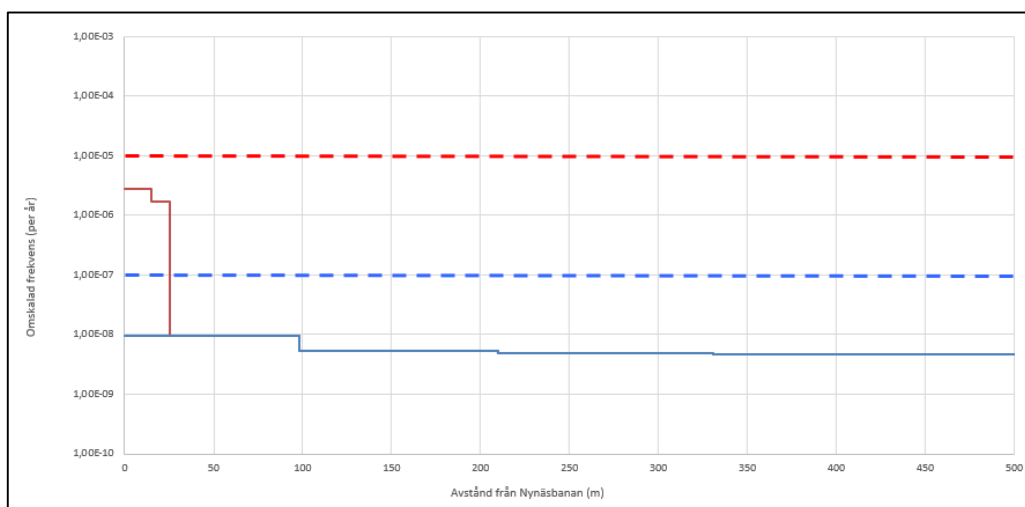
### 5.1 Resultat individrisk

Individrisken presenteras i nedanstående individriskkurva, se Figur 9 och Figur 10. Risken är hög i nära anslutning till spåret. Detta ses tydligt i på den rödbruna linjen som bryter det övre acceptanskriteriet för tolerabel risk. Huvuddelen av risken utgörs här av mekanisk åverkan från urspårade tåg, pölbrand samt gasmolnsbrand i fallande ordning.

Efter att riskreducerande åtgärder införs hamnar risken under ALARP-området, vilket är gränsen för när en risk kan anses vara godtagbar. Merparten av riskreduceringen utgörs av skyddsavstånd mellan järnväg och bebyggelse längre än 25 meter, men även vissa byggnadstekniska åtgärder bidrar till förbättrad riskbild.



Figur 9 visar riskbilden innan (rödbrun) och efter (blå) riskreducerande åtgärder. Graferna visar icke omskalad olycksfrekvens, vilket innebär överskattad risk nära spårområdet men underskattad risk på långt avstånd.



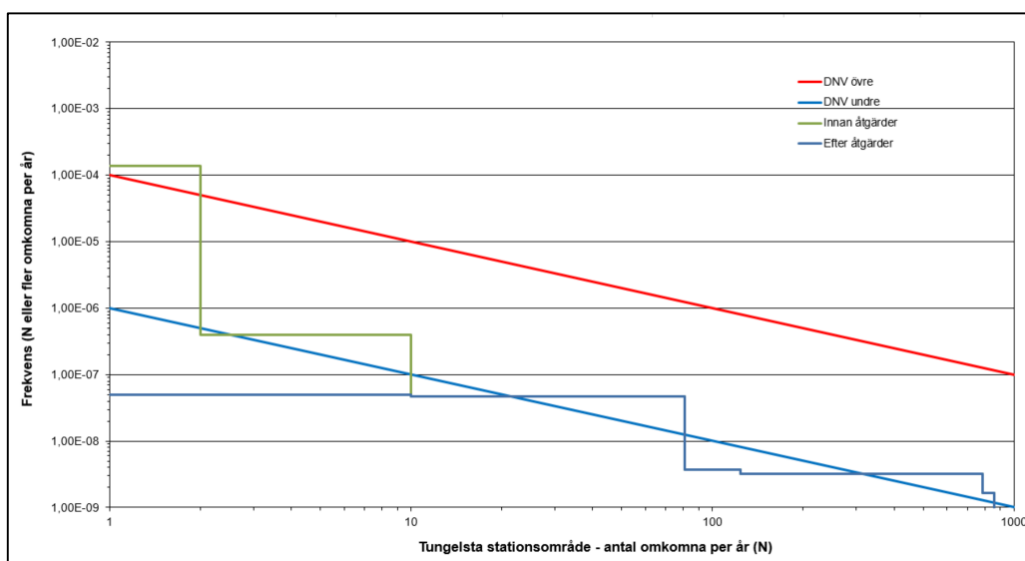
Figur 10 visar riskbilden innan (rödbrun) och efter (blå) riskreducerande åtgärder. Graferna visar omskalad olycksfrekvens, vilket innebär en realistisk bedömning av risken både nära och långt från olycksplatsen på spårområdet.

## 5.2 Resultat samhällsrisk

Samhällsriskerna befinner sig i under eller i undre delen av ALARP-området mellan 2-1000 omkomna (hela intervallet), se Figur 11. Detta innebär att risknivån är låg, men att riskreducerande åtgärder ska vidtas där detta är motiverbart ur ett kostnad-nytta perspektiv.

Risken är högst vid nära anslutning till spåret, varpå ett skyddsavstånd om minst 25 meter till närmsta bebyggelse markant reducerar risknivån.

Ett värsta fall som kan leda till stort antal omkomna är om giftig gas sprids över samhället (10% antas omkomna). Då ett skydd mot sådana utsläpp bedöms kostnadsmissigt motiverbara ska dessa åtgärder också utföras, eftersom risken befinner sig inom ALARP-området. Ventilationsystem för ny bebyggelse ska därmed utformas så att spridning av giftig gas utifrån motverkas.



Figur 11 visar samhällsriskerna innan respektive efter riskreducerande åtgärder. Graferna baseras på ej omskalad olycksfrekvens.



### 5.3 Osäkerheter

En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter i alla led. I allt från indata till den tidiga riskidentifieringen och till konsekvens- och frekvensberäkningar. Även själva beräkningsmodellerna, och deras avgränsningar, har också de i sig stora osäkerheter.

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är exempelvis vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Man kan i teorin hålla isär de olika typerna av osäkerhet och hantera osäkerheten explicit på ett sätt som gör att osäkerheten i slutresultatet kan redovisas samt vilka parametrar som påverkar slutresultatet mest. Detta är dock mycket arbetskrävande både rent metodmässigt, men också för att ännu mer information då krävs om hur stora osäkerheterna för indata och modellparametrar är. Information är i många fall väldigt svår att få tag i och därför kan det vara bättre ur ett kostnad-nytta perspektiv att hantera osäkerheten genom att genomgående ansätta konservativa värden. Detta ger ett kostnadseffektivt sätt att hantera osäkerheten i en utredningssituation, men har nackdelen att resultatet kan bli mycket konservativt, vilket istället kan göra de riskreducerande åtgärderna onödigt omfattande och dyra. Varje vald konservativ parameter fortplantas och gör resultatet än mer konservativt. Metodiken är enligt praxis att osäkerheten i huvudsak hanteras genom användning av konservativa värden.

Några av de osäkerheter som i störst mån bedöms påverka det beräknade resultatet i form av individ- och samhällsrisk är:

- Förändring avseende mängden transporterat farligt gods längs med Nynäsbanan år 2030.
- Fördelning och klasser av farligt gods som används i beräkningarna baseras på en undersökning gjord under en månad år 2006 samt en uppskattning av bidraget från Norviks hamn.
- Persontätheter inom planerade byggnader och i närområde samt hur dessa fördelar sig. Homogen spridning över området har antagits vid beräkning av samhällsrisken.
- Stora osäkerheter för konsekvenser på personer inomhus vid gasmolnsbrand
- Stora osäkerheter för hur personer inomhus och utomhus påverkas av att utsättas för giftig gas.

För att hantera osäkerheten eller ovissheten kring dessa punkter har de antaganden som valts för att kunna hantera och slutligen genomföra en beräkning, förtydligas så långt som möjligt. Som exempel på hur konservativa antaganden har använts i beräkningssystemen är bland annat att:

- Alla transporter av brandfarlig vätska har antagits vara bensin och inte diesel eller andra drivmedel med högre flampunkt.
- Alla transporter av giftig gas har antagits vara klor, vilken är den giftigaste av alla vanligt transporterade gaser.
- Ingen hänsyn har tagits till byggnaders skyddande förmåga vid gasmolnsbrand. I praktiken är det troligt att merparten personer som



befinner sig inomhus vid uppkommen gasmolnsbrand klarar sig undan dödliga skador.

- Ingen hänsyn har tagits till byggnaders skyddande förmåga vid utsläpp av giftig gas. Gasen tar sig ofta in i byggnader via ventilation, öppna fönster och läckage i väggar. Mycket av läckaget kan undvikas genom att snabbt stänga fönster och dörrar inom byggnaden, varpå enskilda rum kan utgöra säker plats under lång tid.

Osäkerheten rörande personantalet hanteras genom ett test (känslighetsanalys) där personantalet per km<sup>2</sup> tiodubblades. Resultatet förändras på sådant sätt att risken, efter att de riskreducerande åtgärderna vidtagits, placerar sig i övre delen av ALARP-området med inte ovan gränsen för oacceptabel risk. Känslighetsanalysen visar att det finns en säkerhetsmarginal som möjliggör fortsatt exploatering i framtiden.

Sammanfattningsvis bedöms resultaten för denna analys som konservativa på grund av att de modeller som är praxis för skattning av frekvens för olycka är konservativa likväl de konsekvensmodeller som använts.



## 6. Riskreducerande åtgärder

Riskenivåerna för det studerade området hamnar generellt inom ALARP-området utifrån DNVs riskacceptanskriterier. Allra närmast spårområdet är risken hög och hamnar något över kriteriet för oacceptabel risk. Det anses därför rimligt att värdera riskreducerande åtgärder för att kunna genomföra planförslaget. Riskreducerande åtgärder ska utföras om de innebär en rimlig kostnad i förhållande till riskreduktionen samt att det bör finnas ett skyddsavstånd mellan järnväg och bebyggelse.

Den olyckstyp som driver individrisken närmast den oacceptabla gränsen är stora utsläpp av brandfarlig gas, pölbränder och mekanisk skada till följd av urspårade tåg. För samhällsrisken bidrar även utsläpp av giftig gas till att risken hamnar inom ALARP-området.

Riskbilden är starkt kopplad till skyddsavståndet från Nynäsbanan. Det bedöms därmed lämpligt med ett skyddsavstånd om minst 25 meter till järnvägen. Närmare placering av byggnader är möjlig, men kräver mer omfattande riskreducerande åtgärder.

Vilka byggnadstekniska åtgärder som krävs för att uppnå godtagbar risk framgår av Tabell 5. Kraven på byggnadstekniska åtgärder gäller all bebyggelse, bostäder liksom förskola.

Tabell 5. Riskreducerande åtgärder på olika avstånd från Nynäsbanan.

Skyddsavstånd från Nynäsbanan [m]	Riskreducerande åtgärder
100-50	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ventilationssystemet utformas så att det motverkar spridning av giftig gas utifrån. Friskluftsintag placeras högt och vänds bort från Nynäsbanan (skyddad sida).</li></ul>
50-30	<ul style="list-style-type: none"><li>• Byggnader utformas så att det är möjligt att utrymma i riktning bort från Nynäsbanan.</li><li>• Ventilationssystemet utformas så att det motverkar spridning av giftig gas utifrån. Friskluftsintag placeras högt och vänds bort från Nynäsbanan (skyddad sida).</li></ul>
30-25	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fasader utförs i brandteknisk klass EI 30. Fönsterytor kan utföras utan brandteknisk klass.</li><li>• Byggnader utformas så att det är möjligt att utrymma i riktning bort från Nynäsbanan.</li><li>• Ventilationssystemet utformas så att det motverkar spridning av giftig gas utifrån. Friskluftsintag placeras högt och vänds bort från Nynäsbanan (skyddad sida).</li></ul>

Närmast Nynäsbanan ska markytan utformas så att den ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Kravet gäller alltid, oavsett avståndet mellan Nynäsbanan och närmsta byggnad. Exempel på icke stadigvarande vistelse är parkering, gång- eller cykelväg och markyta avsedd för odling. Lekplatser för barn, förskolegårdar eller uteserveringar är exempel på stadigvarande utvändigt vistelse.



Markytan närmast spårområdet (upp till 5 m från spåret) utföras fri från utstickande föremål som kan skada behållare innehållande farligt gods.

Markytan mellan järnvägen och bebyggelsen ska även utformas så att pölbildning försvåras. Exempelvis kan markytan utföras med lutning mot spårområdet, det kan grävas ett dike mellan spår och bebyggelse eller så utförs hårdgjorda ytor med väl tilltaget system för dagvattenhantering (brunnar). Om hårdgjorda ytor utförs med dagvattenbrunnar rekommenderas möjlig avstängning av dessa av miljöhänsyn.

I naturzonen i nordöstra delen av planområdet kommer finnas dammar för dagvattenhantering. Om dagvattenbrunnar (rör) mynnar ut i dammen ska dessa utformas så att brandfarlig vätska inte tar sig in i systemet vid läckage ut i dammen. Beakta även att brandfarliga ångor lägger sig något över vätskeytan i en pöl med brandfarlig vätska. Kraven gäller dammar förlagda inom 15 m från järnvägen.



## 7. Slutsats

Individ- och samhällsberäkningarna visar att risknivån för studerat planområde generellt är under eller i nedre del av ALARP-området. Allra närmast spårområdet är dock risken hög och hamnar något över kriteriet för oacceptabel risk. Det anses därför rimligt att värdera riskreducerande åtgärder för att kunna genomföra planförslaget. Riskreducerande åtgärder ska utföras om de innebär en rimlig kostnad i förhållande till riskreduktionen samt att det bör finnas ett skyddsavstånd om minst 25 m mellan järnväg och bebyggelse.

De riskreducerande åtgärder som bedöms vara effektivast är de som begränsar konsekvenserna i nära anslutning till spårområdet. Här utgör skyddsavstånd mellan bebyggelse och järnväg den största riskreducerande åtgärden, följt av att markytan mellan spår och byggnad utformas så att pölbildning försvåras och att stadigvarande vistelse inte uppmuntras till. Därutöver föreslås en rad riskreducerande åtgärder beroende på avstånd till Nynäsbanan. De riskreducerande åtgärder som föreslås är lämpliga för nya byggnader inom området.

Ur det riskperspektiv som denna rapport utgår från bedöms det sammanfattningsvis som lämpligt att byggnation ska kunna ske inom planområdet, förutsatt att de rekommenderade åtgärderna genomförs och att inte riskbilden med avseende på riskkällor nära planområdet förändras väsentligt.



## 8. Referenser

- [1] Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Fakta 2016:4. Publiceringsdatum 2016-04-11, 2016.
- [3] "Värdering av Risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] Trafikverket, "Nynäsbanan," 02 02 2017. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Nynasbanan/>.
- [5] MSBSF 2015:2, "RID-S 2015: Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg," Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB).
- [6] "Fördjupad översiktsplan för sektorn transporter med farligt gods," Göteborgs stad, Göteborg, 1999.
- [7] "Handbok för riskanalys," Statens Räddningsverk, Karlstad, 2003.
- [8] "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [9] Enviro Planning, "Miljöriskanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm - Nynäshamn, Norvikudden," 2007-01-31.
- [10] "Prognos för godstransporter 2030 - Trafikverkets basprognos 2014: Publikationsnummer 2014:066," Trafikverket.
- [11] Banverket, "Nynäsbanan. Konsekvenser för järnvägsystemet av en framtida hamn i Norvik," 2006.
- [12] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [13] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [14] HMSO, *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.*, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [15] H. Alexandersson, "Vindstatistik för Sverige 1961-2004," SMHI meteorologi, 2006.
- [16] "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [17] "Riskhantering i detaljplaneprocessen," Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, 2006.
- [18] Länsstyrelsen i Skåne, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, RIKTSAM," Länsstyrelsen i Skåne, 2007.
- [19] "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.
- [20] "RID-S 2013 Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om farligt gods på järnväg (MSFBFS 2012:7)," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2012.
- [21] "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1996.





- [22] "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis," Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineer, New York, 1989.
- [23] E. Sparre, "Urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995," University of Lund and Lund Institute of Technology, Department of Mathematical Statistics, Lund, 1996.
- [24] C. Oscarsson, Kartläggning av farligt godstransporter, Räddningsverket, 2006.
- [25] *IKEA Kålleröd Location on Site Alt A*, Inter IKEA Systems, 2014.
- [26] H. Bodenmalm och N. Ramström, Interviewees, [Intervju]. 2 February 2015.
- [27] SIKÄ, "Prognoser för person och godstransporter 2020. SIKÄ Rapport 2005:10," SIKÄ, 2000.
- [28] Trafikverket, "Trafikverket, tågplan," 2012.
- [29] SIKÄ/SCB, "Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar 2000-2007," SIKÄ/SCB, 2007.
- [30] Trafikverket, "Trafik på väg i rätt tid," 2014. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Trafikverket/Manatlig-trafikrapport/Transport-pa-vag-i-ratt-tid/>. [Använd 28 January 2015].
- [31] Brandskyddshandboken, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2005.
- [32] "Prognos för personresor 2030 - Trafikverkets basprognos 2014. Publikationsnummer 2014:071," Trafikverket.
- [33] Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods, Väg och järnväg," 2011. [Online].
- [34] TNO, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005.
- [35] Boverket, "BFS 2013:12 - BBRAD 3 Boverkets ändring av verkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd".



## Bilaga A – Frekvensberäkningar (Tungelsta)

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för de händelser som tidigare definierats och identifierats för godstrafik och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar omgivningen.

### A1 – Olycka på Nynäsbanan (Tungelsta) med farligt gods för respektive klass

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" [12]. Modellen bygger på verksamhetens art ( $W$ ), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka, samt felintensiteter ( $\xi$ ) för de olika verksamheterna.

Utgångspunkten för denna riskutredning har varit troliga transporterade mängder med farligt gods år 2030. Tabell 6 nedan visar de värden som har ansatts som indata.

Tabell 6. Indata för frekvensberäkning av olyckor på järnväg, år 2030.

Indataparameter	Värde
studerad längd (km)	1,0
spårklass	klass A
antal godståg/år	4000
antal FG-vagnar per år	4219
Antal tåg med fago*	2110
andel FG-vagnar med 2 axlar	0,03
andel FG-vagnar med 4 axlar	0,97
vagnaxelkilometer	16623
tågkilometer	4000

\*Antagande om att ett fago-tåg i genomsnitt transporterar två fago-vagnar

Förväntade antalet urspårningar beskrivs som:  $F(\text{olycka}) = W \times \xi$

I Tabell 7 listas de olyckstyper som bedöms vara aktuella för aktuell sträcka samt olyckstypernas beroendefaktor och intensitetsfaktor enligt modellen. Kolumnerna under Frekvens olyckstyp beräknas utifrån indata enligt ovan multiplicerat med felintensiteten  $\xi$ .

Att ett tåg lastat med farligt gods som är med i en olycka också innebär inte nödvändigtvis att en vagn med farligt gods faktiskt påverkas. Detta då vagnar med farligt gods ofta utgör en mindre andel av godstågets totala last. I genomsnitt påverkas 3,5 vagnar vid urspårning.

Frekvensen för att en vagn lastad med farligt gods också involveras i olyckan vid urspårning kan beräknas genom nedanstående formel:

$$F(\text{FaGo-olycka}) = (1 - (1 - \text{andel FaGo})^{3,5}) \cdot (F(\text{urspårning}) + F(\text{kollision}) + F(\text{olycka plankorsning}))$$

$$\text{Där } 1 - (1 - \text{andel FaGo})^{3,5} \approx 0,173$$



Tabell 7. Relevanta olyckstyper som leder till urspårning.

Olyckstyp	Beroendefaktor	Felintensitet	Frekvens olyckstyp
Rälsbrott	vagnaxelkm	5,0E-10	8,3E-06
Solkurva	spårkm	1,0E-04	1,0E-05
Spårlägesfel	vagnaxelkm	4,0E-09	6,6E-05
Vagnfel	vagnaxelkm	3,1E-09	5,2E-05
Växel sliten, trasig	antal tågpassager med FaGotrp genom växel	5,0E-09	1,1E-05
lastförskjutning	vagnaxelkm	4,0E-10	6,6E-06
annan orsak	tågkm	5,7E-08	2,3E-04
okänd orsak	tågkm	1,4E-07	5,6E-03
Summa frekvens urspårning, F(urspårning)			9,42E-04
Urspårningar som leder till fago-olycka			<b>1,63E-04</b>

I området finns även en plankorsning. Plankorsningen i väst är stängd för överfart, men räknas trots det med som ett konservativt antagande. I plankorsningar föreligger risk för kollision mellan tungt landsvägsfordon och godståg lastat med farligt gods. Det kan leda till urspårning och efterföljande farligt gods olycka.

Detta är en funktion av sannolikheten för att en olycka inträffar i korsningen och antalet passerande godståg med farligt gods. I aktuellt fall passerar 2110 tåg lastade med farligt gods per år vilket ger:

$$F(\text{olycka plankorsning}) = IF \cdot \text{Tåg med FaGo} = 1,05E-04$$

$$F(\text{fago olycka plankorsning}) = F(\text{olycka plankorsning}) \cdot 0,173 = \mathbf{1,82E-05}$$

Parameter	Värde
IF, Intensitetsfaktor för plankorsning med bommar	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Tåg med FaGo	2110
F(olycka fago)	0,173

Utöver ovanstående olyckstyper kan ett urspårat godståg även bli påkört av mötande tåg, i det fallet det urspårade tåget blockerar mötande tågs framfart. Kollisionen mellan tågen kan medföra utsläpp av farligt gods, även i det fall tankarna förblivit opåverkade vid den inledande urspårningsincidenten. Sannolikheten för kollision beräknas genom:

$$F(\text{kollision}) = \omega \cdot k \cdot f \cdot b \cdot n/V \cdot 4 \cdot 10E-5 = 2,21E-06$$

$$F(\text{fago kollision}) = F(\text{kollision}) \cdot 0,173 = \mathbf{3,81E-07}$$

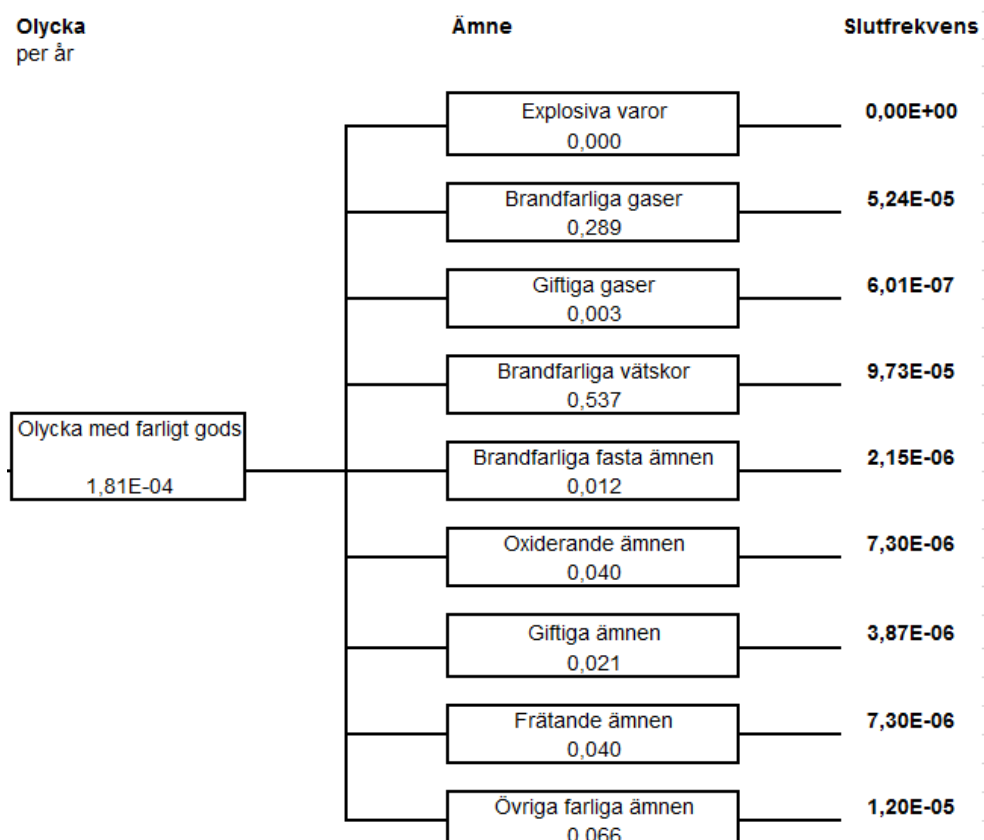
Parameter	Beskrivning	Värde
$\omega$	Förväntat antal urspårningar per år.	9,425E-04



k	Andelen urspårningar som leder till att någon del av de urspårade vagnarna går mer än en meter utanför fria rummet.	0,36
f	Andel vagnar med farligt gods	0,053
b	Summan av signalavstånd, reaktionssträcka och bromssträcka [m].	12 000
n	Antal tåg i mötande riktning per dygn	36
V	Det mötande tågets hastighet [km/h]	140
F(olycka fago)		0,173

Totalt ger detta att olyckor med farligt gods uppstår med frekvensen **1,81 E-04** längs med planområdet (1 km).

För att vidare beräkna frekvensen av en urspårning av en vagn som innehåller farligt gods av ett visst ämne används fördelningen av transporterade mängder. Slutfrekvenserna för en olycka med ett givet ämne presenteras i figur 12 nedan.



Figur 12. Händelseträd med frekvenser av urspårning för olika typer av farligt gods på järnväg.

De olycksscenarier som studeras vidare för järnvägen enligt avsnitt 3.2 är följande:

- Brandfarliga gaser – frekvens 5,24E-05
- Giftiga gaser – frekvens 6,01E-07
- Brandfarliga vätskor – frekvens 9,73E-05



## A2 - Olycka med brandfarlig gas (propan/gasol) järnväg

### Läckage av propan

Det faktum att en vagn lastad med farligt gods spårar ur leder oftast inte till en farligt gods-olycka. I de flesta fall håller tanken. Tryckkondenserade gaser transporteras i tjockväggiga tryckkärl vilka inte skadas i samma utsträckning som tunnväggiga kärl (jämför brandfarlig vätska).

Förutom tankens konstruktion är även miljön runt kring spåret viktig. Ytan längs med spårets aktuella del är för närvarande under byggnation, men bör uppföras med så få utstickande objekt som möjligt, exempelvis stolpar för kontaktledningar och mindre byggnadsverk som kan skada behållaren. Längs den västra delen av området finns även en höjdskillnad mellan järnväg och mark, vilket vid en urspårning skulle kunna orsaka ett större läckage i samband med att vagnen slår i marken.

Sannolikheten för läckage av propan i samband med olycka ansätts till 0,01 [3].

$$S_{\text{Läckage propan}} = 0,01$$

### Storlek på läcka

Vid en olycka med efterföljande läckage är storleken på läckaget avgörande för konsekvenserna. I aktuellt fall antas ett litet läckage (via punktering eller ventil) samt ett större läckage (punktering av tank eller rörbrott) enligt följande. De enskilda händelserna nedan reduceras med följande faktorer beroende på läckagestorlek.

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

### Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma.

Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och kan ansättas till följande [13]:

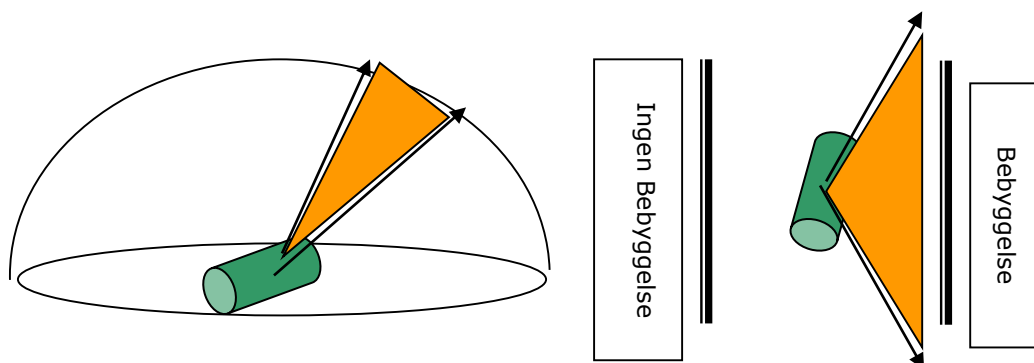
$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

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

Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både på den vertikala och den horisontella riktningen. Vid en olycka bedöms sannolikheten vara störst för en skada på vagnens nedre delar och således sker läckaget i riktning nedåt eller åt sidan. Detta påverkar även jetflammans riktning. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad mot bebyggelsen antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), se figur 13. Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovansida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot området ansätts till:

$$S_{\text{jetbrand mot bebyggelse}} = 20/360 \cdot 135/360 \cdot 0,5 = 0,0104$$



Figur 13. Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

#### Gasmolnsexplosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en *gasmolnsbrand* med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage [13] men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

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

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

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta antas ske när vindriktningen är mot området. Enligt vinddata i bilaga B ligger vinden mot området 54,8 (45,2) % av tiden. Sannolikheten för att spridning skall ske mot resp. från planområdet är således:

$$S_{\text{spridning mot området}} = 0,548$$

$$S_{\text{spridning bort från området}} = 0,452$$

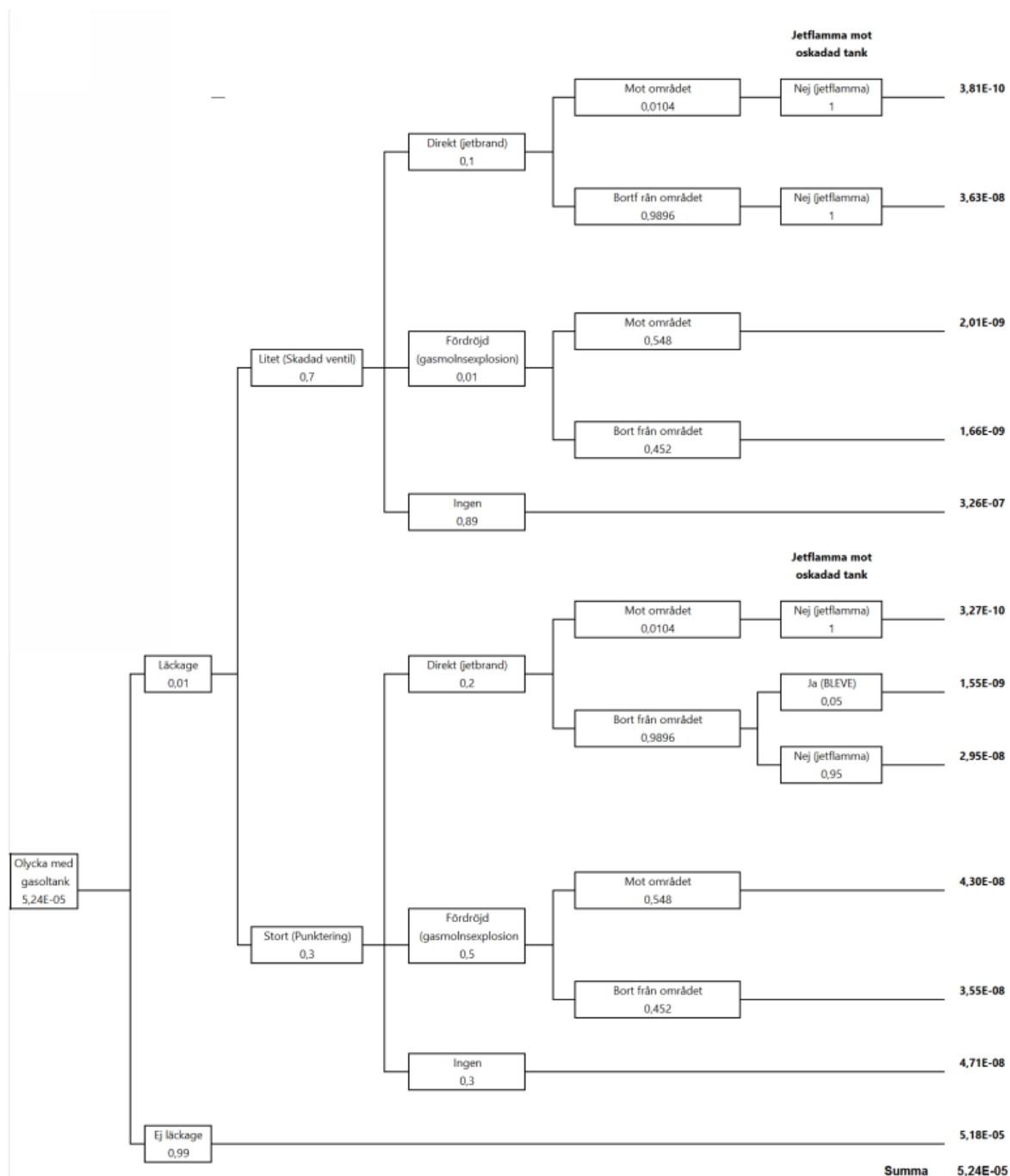
#### BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand under en längre tid. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse skall kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd större läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska. Detta kräver i princip ett godståg med gasol i flera tankar samt direkt antändning av ett läckage i ena tanken (jetbrand). Dessutom krävs att jetflamman ligger an mot den andra tanken. En jetflamma vid litet läckage antas inte ge upphov till BLEVE. Vid risk för BLEVE på Nynäsbanan bedöms möjligheterna goda att evakuera närområdet då det tar ansevärd tid att hetta upp en tank. Detta beaktas dock inte vilket är mycket konservativt.



Fallet med en jetbrand med riktning mot bebyggelsen enligt ovan anses inte kunna leda till BLEVE utan endast de fall där jetflamman strålar mot en annan tank. Konservativt antas sannolikheten att en annan tank påverkas av jetflamma till:

$$S_{BLEVE} = 0,05$$



Figur 14. Händelseträd med frekvenser för olycksförlopp där en vagn med brännbar gas spårat ur på järnväg.



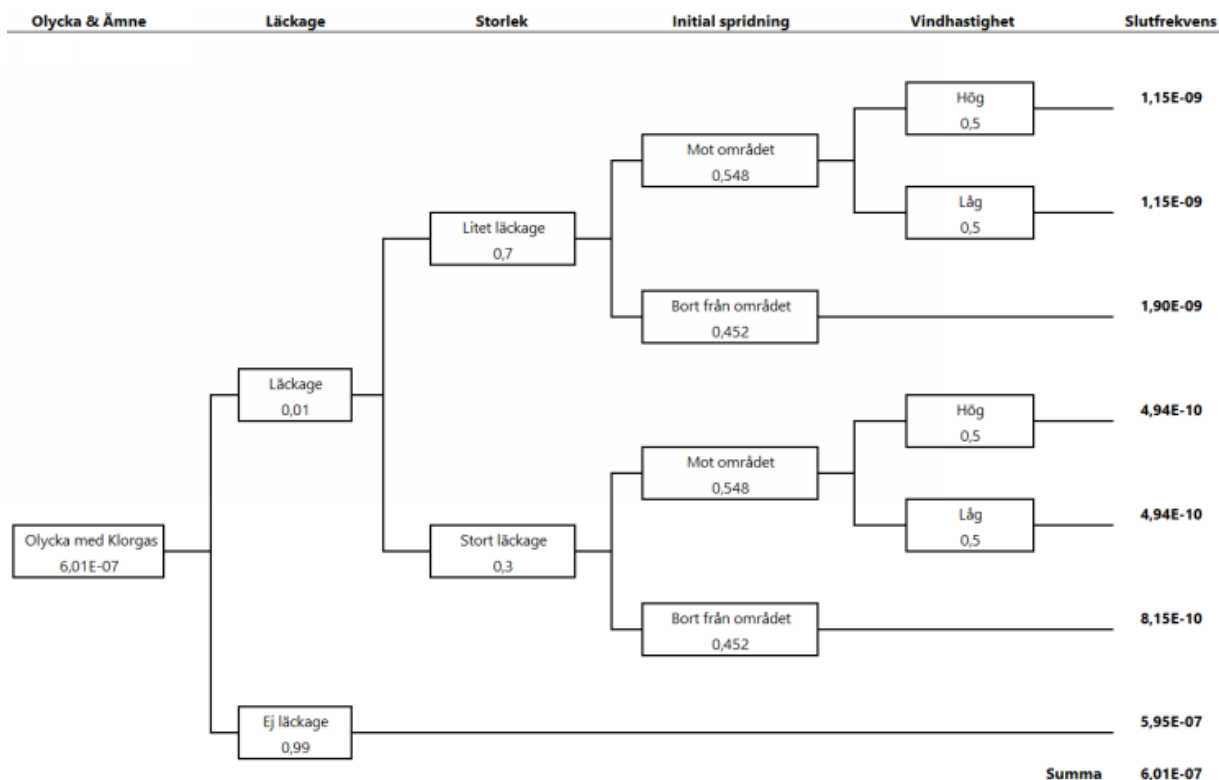
### A3 – Olycka med läckage av giftig gas järnväg

Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning. Gasen antas utgöras av klor då detta förväntas vara den vanligaste förekommande gasen som transporteras på Nynäsbanan efter tillskott från Norviks hamn .

$S_{\text{läckage}} = 0,01$ ;  $S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$ ;  $S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$

$S_{\text{spridning mot området}} = 0,548$

Sannolikhet för spridning mot området är lika med sannolikheten för vindriktning mot området, se bilaga B.



Figur 15. Händelsetråd med frekvenser för olycksförlopp där vagn med giftig gas har spårat ur på järnväg.

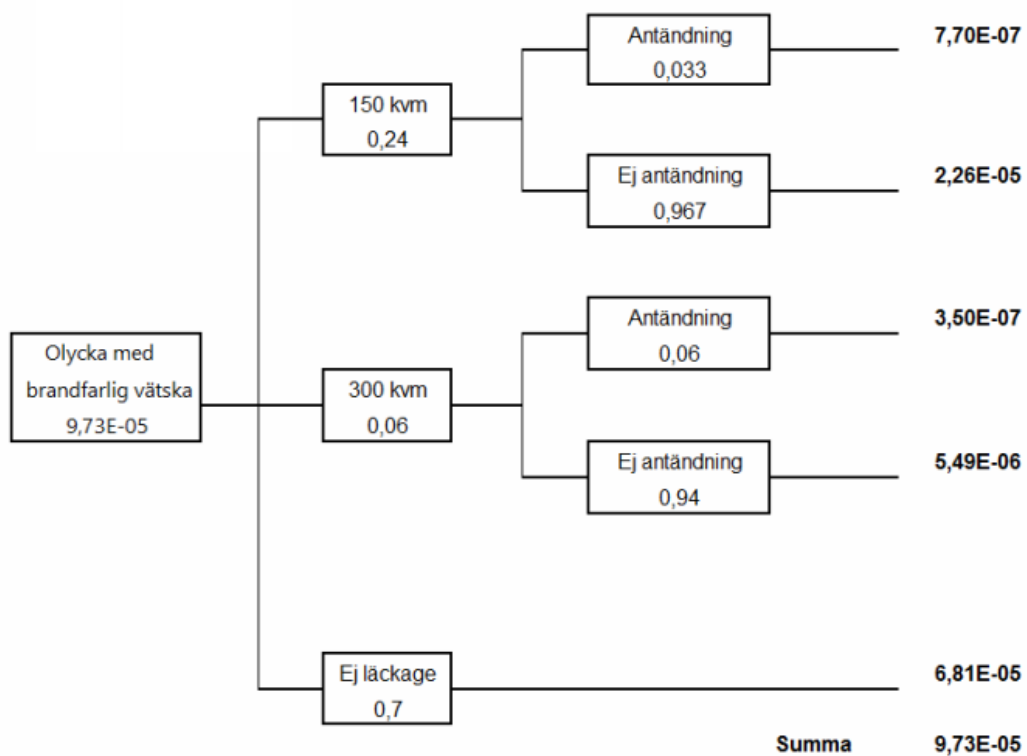
### A4 - Olycka med brandfarliga vätskor järnväg

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker, litet respektive stort, kan ansättas till 0,25 respektive 0,05 [15].

För analysen antas konservativt att olyckor kan ge en mellanstor respektive stor pöl (150m<sup>2</sup> respektive 300 m<sup>2</sup>). Fördelningen mellan pölstorlekarna givet läckage sätts till 80% och 20% för mellanstor respektive stor pöl. Sannolikheten för antändning givet läckage är enligt [14] 3,3 % oavsett läckagestorlek. Sannolikheten bedöms dock vara större för större pölar, varför den för största pölstorleken istället antas vara 6%.

Med ovanstående bedömningar kan händelsetrådet konstrueras enligt figur 16.





Figur 16. Händelseträd vid olycka med brandfarlig vätska.



## Bilaga B – Väderdata

### B1 Stabilitetsklass

Beräkningsmodellen använder sig av Pasquilles stabilitetsklasser. Metoden bygger på att atmosfären kan delas in i 6 stabilitetsklasser, A-F, där A motsvarar extremt instabil skiktning och F extremt stabil skiktning. Klass A är generellt ovanligt förekommande i Sverige pga begränsad solinstrålning.

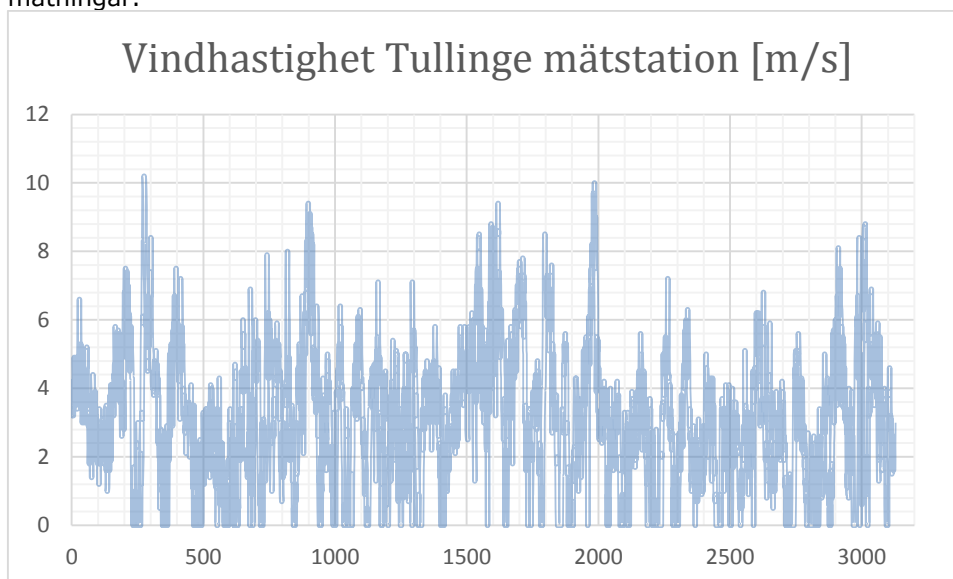
I beräkningarna har de två stabilitetsklasser som bedömts vanliga använts:

- Stabilitetsklass B som förekommer vid vindhastigheter på mellan 2-3 m/s vid måttlig solinstrålning samt vid vindhastigheter under 2 m/s vid svag solinstrålning.
- Stabilitetsklass D som förekommer vid vindhastigheter över 4 m/s med måttlig eller svag solstrålning samt under nattetid om vindhastigheten överstiger 3 m/s.

### B2 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningen. Väderdata från SMHI mätstation 9710 har använts med mätvärde under tidsperioden 1961-2004. Medelvindhastigheten under året var 3,1 m/s.

Diagrammet nedan, visar fördelningen av vindstyrka mellan oktober 2016 och mars år 2017. Under tidsperioden utfördes en mätning i timmen, totalt över 300 mätningar.



Figur 17. Vindhastigheter i Tullinge mätstation mellan oktober 2016-mars 2017.

Spridning av giftig gas vid en olycka blir värre i olyckans närhet om lägre vindhastighet används. I analysen har därför antagits 2 m/s för svag vind samt 7 m/s för stark vind. Sannolikheten för de två fallen ansätts till:

$$S_{\text{svag vind}} = 0,5$$

$$S_{\text{stark vind}} = 0,5$$



För spridningsberäkning av brandfarlig gas ansätts genomsnittlig vindhastighet, dvs ca 3 m/s.

### **B3 Vindriktning**

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig eller brännbar gas. Vid vindriktning bort från området bedöms ej personer som vistas på området kunna omkomma.

Ingen väderdata uppdelad efter de 8 vindriktningarna finns specifikt för planområdet. Istället har data från mätstationen i Tullinge valts, vilket är närmsta station inåt landet. Uppmätta värden anger varifrån det blåser, inte vindriktningen.

Följande vinddata har uppmätts för Tullinge (%) [15]:

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Tullinge	8,7	6,0	6,3	13,5	11,7	17,2	12,5	11,9	12,2

Det blåser mot planområdet vid vindriktning från O, SO, S, SV. Detta motsvarar 48,7 % av fallen. Det blåser från planområdet vid vindriktning från N, NO, V och NV vilket motsvarar 39,1 % av fallen. Frekvensen för vindstill (lugnt) fördelas på båda fallen vilket ger:

Vindriktning mot området: 54,8 %

Vindriktning bort från området: 45,2 %



## Bilaga C – Konsekvensberäkningar

### C2 Olycka med brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i en vagn antas till ca 40 ton. Vidare antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser. Gasol utgörs av propan, butan eller en blandning av båda ämnena. I följande beräkningar antas att gasolen består av ren propan.

Två olika utsläppsstorlekar (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 20 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 50 mm)

För respektive scenario beräknas, med simuleringsprogrammet *ALOHA*, konsekvenserna av de möjliga följdhändelserna vid olycka med brandfarlig gas:

- jetflammans längd vid omedelbar antändning
- det brännbara gasmolnets volym
- området som påverkas vid en BLEVE

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. I beräkningarna antas att utsläppet sker nära vätskefas, då detta ger värden mellan det sämsta och bästa utfallen. De värsta konsekvenserna uppstår om utsläppet sker i vätskefasen.

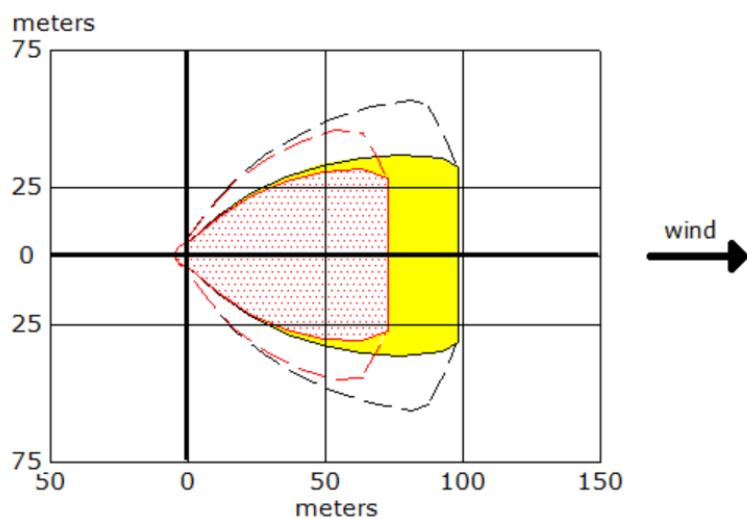
De indata som använts i ALOHA för att simulera konsekvensområden för jetflamma, gasmoln och BLEVE presenteras nedan:




- Lagringstemperatur: 10°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 75 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4\*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 10°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: halvklart
- Omgivning: bebyggt
- Vindhastighet: 3 m/s
- Stabilitetsklass D

#### Gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion

Vid ett stort utsläpp kan ett antal byggnader inneslutas av ett brinnande gasmoln. Vid ett mindre utsläpp påverkas endast byggnader närmast järnvägen. Resultaten sammanfattas i Tabell 8.

Flera parametrar påverkar hur gasmolnet sprids över området, bland annat vindhastighet och stabilitetsklass. För att hantera osäkerheterna väljs 60% av det nedre brännbarhetsområdet (LEL) som konsekvensområde. Hur ett utsläpp av gasol (propan) kan komma att sprida sig över området framgår av Figur 18.



-  greater than 21000 ppm (LEL)
-  greater than 12600 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  wind direction confidence lines

Figur 18 visar gasmolnets spridningsområde.

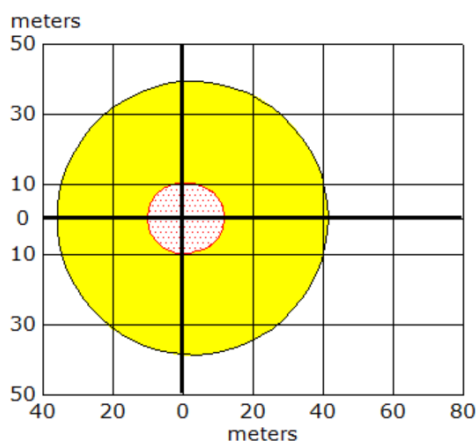
Tabell 8 visar konsekvensavstånd vid olika hålstorlek.



Utsläpp	Konsekvensavstånd [m]		Konsekvensområde
	LEL	60 % LEL	
Stort (50 mm)	73	98	98-55
Litet (20 mm)	33	44	44-25

Vid bedömningen av antalet omkomna antas samtliga av de som befinner sig inom gasmolnet att omkomma. I praktiken är det däremot troligt att merparten personer som befinner sig inomhus vid uppkommen gasmolnsbrand klarar sig undan dödliga skador, varpå detta är att betrakta som ett konservativt antagande.

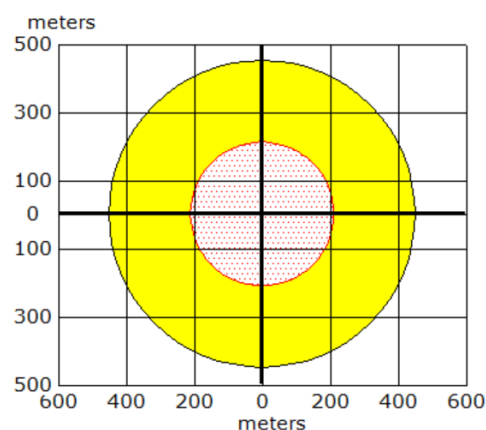
### Jetflamma och BLEVE



En jetflamma blir mellan 11 till 28 meter lång beroende på hålstorlek. Därutöver kommer flammen att stråla mot omgivningen. Hur en jetflamma kan se ut i genomskärning redovisas i Figur 19.



 greater than 40 kW/(sq m)  
 greater than 10 kW/(sq m)

Figur 19 visar en jetflamma i  
genomsnitt (flamman riktat uppåt).



 greater than 40 kW/(sq m)  
 greater than 10 kW/(sq m)

Figur 20 visar en BLEVE:s  
utbredningsområde med avseende på  
strålning.

En BLEVE innesluter en betydligt större del av planområdet. Diametern på själva eldklotet är strax under 200 m (192 m). Klotet avger därutöver värmestrålning med potential att skada personer på avstånd. Figur 20 visar strålning på olika avstånd från eldklotet vid vindpåverkan 3m/s.

För både jetflamma och BLEVE antas gräns när 90% får andra gradens brännskada så allvarlig att 15 % omkommer. Detta uppstår vid 40 kW/m<sup>2</sup> infallande strålning under 10 sekunders exponering. Inom detta område antas samtliga som befinner sig omkomma och samtliga bortom gränsen överleva. Konsekvensavstånd och konsekvensområde framgår av Tabell 9.

Tabell 9. Konsekvensavstånd och konsekvensområde för brandfarlig gas.

Utsläpp	Konsekvensavstånd [m]		Konsekvensområde
	Flamfront	40 kW/m <sup>2</sup>	
BLEVE	96 (r =192/2)	210 från eldklotets mittpunkt	(210) <sup>2</sup> π/2
Jet liten (20 mm)	11	20 m från flamman	11·20
Jet stor (50 mm)	28	20 m från flamman	28·20



### C3 Olycka med giftig gas

Klor är en av de giftigaste gaserna och även den typen av gas som kommer vara vanligast förekommande längst med Nynäsbanan. Klorgas har använts i beräkningarna och har antagits gälla även för andra vanligt förekommande gaser, exempelvis ammoniak, som har betydligt mildare effekter på människors liv och hälsa.

Mängden giftig gas i en vagn antas uppgå till ca 55 ton. För att bestämma hur stor del av planområdet som utsätts för klorkoncentrationer som kan vara dödliga används simuleringsprogrammet ALOHA.

De indata som använts för att simulera konsekvensområdet vid utsläpp av klorgas presenteras nedan:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (55 ton)
- Tank med utformning som för C2, brandfarlig gas
- Bebyggelse: Bebyggt

#### Stabilitetsklass B

- Lagringstemperatur: 20°C
- Omgivningstemperatur: 20°C
- Molnighet: Soligt
- Vindhastighet: 2 m/s
- Relativ fuktighet: 25 %

#### Stabilitetsklass D

- Lagringstemperatur: 10°C
- Omgivningstemperatur: 10°C
- Molnighet: Halvklart
- Vindhastighet: 7 m/s
- Relativ fuktighet: 50 %

Simuleringen utförs med två hålstorlekar, runda hål med 0,02 m respektive 0,05 m i diameter. Hålet antas uppstå 1 m ovan mark vilket leder till tvåfasutströmning. Detta ger betydligt högre massflöde än ett hål i tankens topp, men mindre än ett utsläpp i vätskefasen.

Som gränsvärde för klorgas väljs  $AEGL_{30min} = 28$  PPM samt  $LC50_{60min} = 250$  PPM.  $AEGL_{30min}$  är den koncentrationen i luft där en population upplever obehag. För individer som inte är sjuka är symptomen dock övergående efter att exponeringen upphört. Gränsvärdet är betydligt lägre än exempelvis  $LC50_{60min}$ , där halva populationen förutsätts omkomma av sina skador.

Andelen omkomna eller permanent skadade i en population som utsätts för  $AEGL_{30min}$  antas uppgå till maximalt 10 %, vilket bedöms vara konservativt då dosen generellt inte räknas som dödlig. Resultaten från beräkningarna sammanfattas i Tabell 10.

Tabell 10. Sammanfattning av resultat rörande giftig gas.

Utsläpp klorgas	Vind [m/s]	Stabilitetsklass	Konsekvensavstånd [km]	Konsekvensområde [km <sup>2</sup> ]
Stort hål (50 mm)	2	B (2m/s)	$AEGL_{30min}$ : 2,4 $LC50$ : 1,1	$AEGL_{30min}$ : 2·2,4 $LC50$ : 1·1,1



Stort hål (50 mm)	7	D (7m/s)	AEGL <sub>30min</sub> : 1,8 LC <sub>50</sub> : 0,6	AEGL <sub>30min</sub> : 0,25·1,80 LC <sub>50</sub> : 0,2·0,6
Litet hål (20 mm)	2	B (2m/s)	AEGL <sub>30min</sub> : 2,2 LC <sub>50</sub> : 1,0	AEGL <sub>30min</sub> : 2·2,2 LC <sub>50</sub> : 1·1,0
Litet hål (20 mm)	7	D (7m/s)	AEGL <sub>30min</sub> : 0,3 LC <sub>50</sub> : 0,10	AEGL <sub>30min</sub> : 0,03·0,3 LC <sub>50</sub> : 0,02·0,1

Planområdet utgörs av bebyggd miljö vilket innebär att koncentrationen giftig gas inte genast påverkar inomhusmiljön. Koncentrationen stiger succesivt då gasen tränger in genom springor, öppna fönster samt ventilationsöppningar. Mycket läckage kan undvikas genom att snabbt stänga fönster och dörrar inom byggnaden, varpå enskilda rum kan utgöra säker plats under lång tid. Antagandet om att lika många personer påverkas inuti byggnaderna som utomhus (10 %) är därmed att betrakta som konservativt.





## C4 Olycka med brandfarlig vätska.

Brandfarliga vätskor kan potentiellt göra skada på människor i planområdet då de vid antändning ger värmestrålning. I detta avsnitt beräknas strålningens intensitet för de olika utsläppscenarierna med brandfarlig vätska, samt antal personer som omkommer.

Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA [16]. Data har valts för Bensen detta då bensen har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ.

Konsekvenserna för två storlekar på utsläpp som antänds har beräknats. Dessa storlekar har antagits utifrån förutsättningarna angivna i bilaga A. Ett stort läckage bedöms kunna ge en pölarea på 300m<sup>2</sup> och ett mellanstort på 150m<sup>2</sup>.

Följande data gäller för bensen [16]:

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

Vid en pölbrand med en cirkulär pöl approximeras flammans geometri med en cylinder där flammans diameter,  $d_f$  är lika stor som pölens diameter,  $d_p$ . Flammans höjd,  $h_f$ , kan beräknas enligt:

$$h_f = d_p \cdot 42 \cdot \left( \frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right)^{0,61} \quad \text{formel C1}$$

där  $b'$  = förbränningshastigheten i  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}$  enligt ovan,

$$\rho_a = \text{luftens densitet} = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = \text{tyngdaccelerationen} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Denna formel gäller under förutsättning att  $0,8 < h_f / d_f < 4$ .

Flamman fluktuerar naturligt och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flamhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara cirkulär och flamgeometrin en cylinder är  $d_f = d_p$  och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger  $d_f = d_p = 13,8$  m för en pölbrand om 150 m<sup>2</sup> respektive 19,5 m för en pölbrand om 300 m<sup>2</sup>.

Strålningen per ytenhet från flaman beräknas enligt:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \quad \text{formel C2}$$

där  $h_c$  = energivärdet i  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  enligt ovan. Faktorn 0,35 utgör den andel av den totala energin som omsätts till strålningsvärme.

Vidare beräknas strålningen från en ideal svartkropp blir enligt Stefan-Boltzmanns lag:

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

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

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$  (Stefan-Boltzmanns konstant) och

$T$  = temperaturen [K].



Approximationen med strålning från svartkropp ger konservativa värden på värmestrålning. Vid större pölbränder antas strålningen normalt ha sitt ursprung i flammans mitt och här ligger emissionsfaktorn ( $\epsilon$ ) nära 1 varför denna approximation anses rimlig. Närmare flammans mantelyta minskar emissiviteten snabbt. En beräkning baserad på att all strålning kommer från flammans mitt är därför konservativt.

Värmestrålningen från en yta 1 som faller in mot en yta 2 på ett visst avstånd kan då beräknas som:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12} \quad \text{formel C4}$$

Där  $P_{12}$  = infallande strålning från 1 till 2 [ $\frac{W}{m^2}$ ],

$P_1$  = strålningen från yta 1 [ $\frac{W}{m^2}$ ]

$F_{12}$  = vinkelkoefficienten för 1 mot 2.

Den atmosfäriska transmissionsförmågan,  $\tau_a$ , har att göra med det faktum att den utsända strålningen delvis absorberas av luften mellan strålkällan och mottagaren. Den atmosfäriska transmissionsförmågan kan skrivas enligt:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad \text{formel C5}$$

Där  $\alpha_w$  = absorptionsfaktorn för vattenånga och

$\alpha_c$  = absorptionsfaktorn för koldioxid.

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, avståndet som strålningen färdas från den strålande ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur.

$\alpha_w$  och  $\alpha_c$  bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i [16].

Vinkelkoefficienten ( $F$ ) definieras som den andelen av strålningen från en yta i alla riktningar som träffar en annan yta (vid fullständig transmissionsförmåga). Den är en rent geometrisk faktor som kan bestämmas för varje ytkonfiguration. Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från figur 11.3 i [16].

Beräkningar utförs vidare utifrån ovanstående förutsättningar för de två olika pölareorna.

Flamhöjd ges av formel C1, utfallande strålning av formel C2 och temperatur genom att stoppa in resultat från C2 i formel C3. Resultaten samlas i tabell 11.

Tabell 11. Initial egenskapsberäkning för pölbrand

Pölbrandsarea	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m <sup>2</sup> )	Temperatur på den strålande ytan/flammans mitt (K)
150 m <sup>2</sup>	17,4	124	1217
300 m <sup>2</sup>	22,2	136	1243

Mättad vattenångas tryck vid 100 % luftfuktighet och 20 °C är  $p_w = 2340$  Pa. Luftfuktighet på 50 % antas vilket ger  $p_w = 1170$  Pa. Absorptionsfaktorer och transmissionsförmåga bestäms för detta värde i kombination med flammans temperatur. Utifrån höjden på flammorna, pölens radie och avståndet till mottagaren bestäms ett antal olika vinkelkoefficienter. Värmestrålning på olika avstånd beräknas sedan enligt formel C4.



Skadenivån bestäms förutom av strålningsnivån även av strålningens varaktighet. För beräkning av skador på människor redovisas i tabell C4 nedan en varaktighet på 10 s som en rimlig tid tills man satt sig i säkerhet.

Sambandet mellan strålningens varaktighet och skador på människan beskrivs av probitfunktionen  $t * P_{\frac{4}{3}}$ .

Om denna tidsvägda strålningsdos är över  $3 \cdot 10^6 \text{ s} \cdot (W/m^2)^{4/3}$  finns en risk för 2:a gradens brännskador. Risken ökar sedan exponentiellt med ökad strålning. Sannolikheten för andra gradens brännskador utläses sedan ur figur 11.9 i [16].

Den andel av människokroppen som är oskyddad vid normalt påklädda personer (huvud, nacke, händer och underarmar) är ca 20 % av kroppen. I de fall då 20 % av kroppen får brännskador antas att ca 15 % av befolkningen med en jämn åldersfördelning dör av skadorna [16]. Således beräknas först andelen som får andra gradens brännskador, därefter antas 15 % av dessa omkomma av skadorna. Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 12. Resultaten bygger på konservativa antaganden då personer som befinner sig inomhus i praktiken skyddas av byggnadens fasader.

Tabell 12 Beräkningsresultat strålning och konsekvens av pölbrand.

Brand	L	$\alpha_w$	$\alpha_c$	$\tau_a$	$F_{max}$	$P_{12}$	$t * P^{4/3} \times 10^6$	2:a gr bränn- skada (%)	Andel döda (%)
150 m <sup>2</sup>	10	0,11	0,02	0,87	0,45	48,6	17,7	99	15
	15	0,14	0,02	0,84	0,27	28,2	8,6	60	9
	20	0,16	0,03	0,81	0,20	20,1	5,5	10	1,5
	25	0,17	0,03	0,8	0,14	13,9	3,3	2	0,3
	30	0,18	0,03	0,79	0,09	8,8	1,8	0	0
	35	0,20	0,03	0,77	0,08	7,7	1,5	0	0
	40	0,22	0,03	0,75	0,06	5,6	1,0	0	0
	50	0,23	0,03	0,74	0,04	3,7	0,6	0	0
300 m <sup>2</sup>	10	0,11	0,02	0,87	1	118	58	100	15
	15	0,14	0,02	0,84	0,4	46	16	95	14
	20	0,16	0,03	0,81	0,3	33	11	80	12
	25	0,17	0,03	0,8	0,25	27	8	50	7,5
	30	0,18	0,03	0,79	0,17	18	5	8	1,2
	35	0,20	0,03	0,77	0,15	16	4	3	0,5
	40	0,22	0,03	0,75	0,10	10	2	0	0
	50	0,23	0,03	0,74	0,08	8	2	0	0
L = Avstånd från pölbrandens mittpunkt $\alpha_w$ , $\alpha_c$ = absorptionsfaktorer för vattenånga och koldioxid $\tau_a$ = transmissionsförmåga					$F_{max}$ = vinkelkoefficient $P_{12}$ = infallande strålning Grå markering = avstånd där dödsfall kan inträffa				

Sammanfattningsvis kan det konstateras att pölbrand utgör en stor risk för området närmast järnvägen, men att konsekvensområdet inte sträcker sig särskilt långt.



Konsekvensområdet sträcker sig 25 m från brandens centrum vid en stor pölbrand samt 15 m vid en mellanstor pölbrand. Dessutom befinner sig merparten personer inom planområdet bakom väggar och fönster, vilket ytterligare skyddat mot strålningen.

Byggnader som placeras nära pölbranden kan förvisso antändas av stark infallande strålning, men då moderna byggnaden ska dimensioneras för att klara normala utrymningssituationer är det också rimligt att anta att personer i varseblir branden utanför och utrymmer byggnaden på ett säkert sätt.

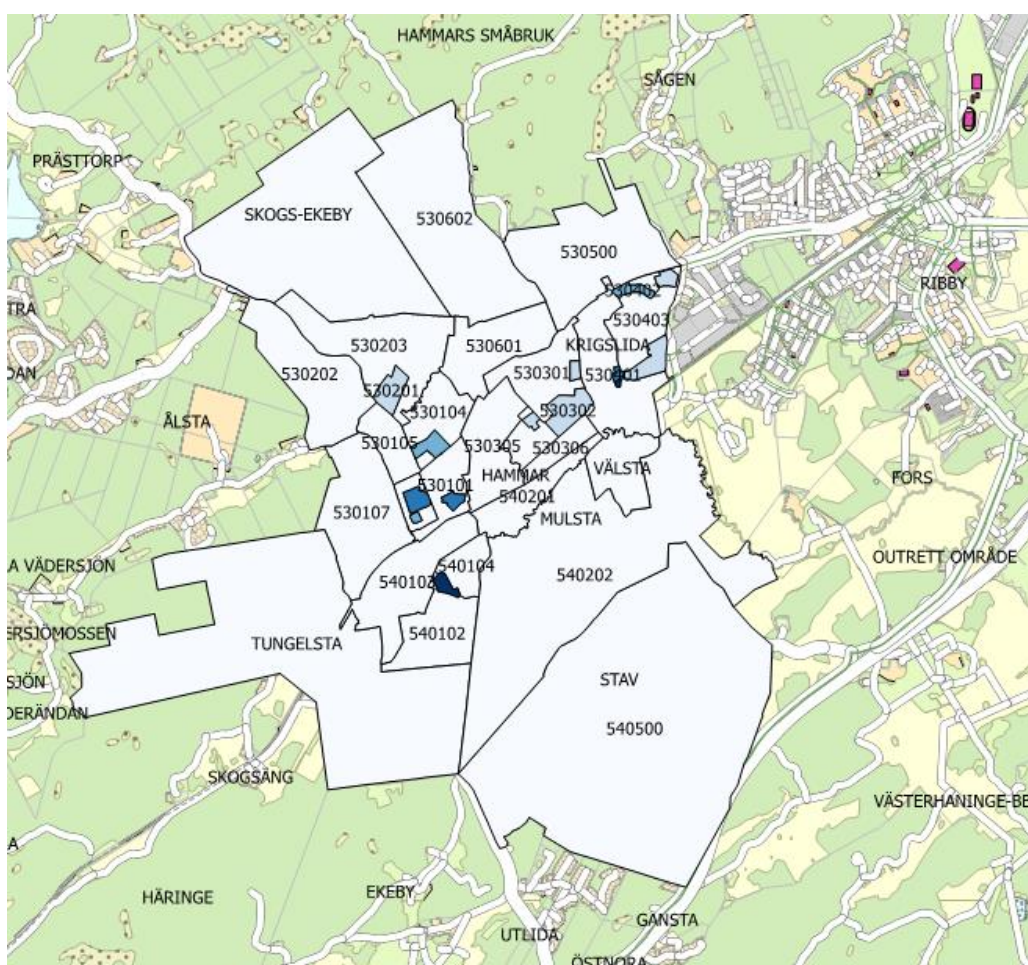


## C5 Beräkning av samhällsrisk

Vid bedömning av samhällsrisken har beräkningar utförts på en sträcka om en kvadratkilometer. Syftet med att utreda samhällsrisken är att ta hänsyn till förhållanden i omgivningen, då en olycka med farligt gods kan påverka områden bortom planområdet. Samhällsrisken tar hänsyn till hur många personer som drabbas, till skillnad från individrisk som mäter risken på en specifik plats.

I beräkningarna har en befolkningstäthet antagits. Därefter har befolkningen ansatts homogent utspridd på en kvadratkilometer. Ingen hänsyn har tagits till specifika förutsättningar för olika delar av området.

Genomsnittlig befolkningstäthet har beräknats av Haninge kommun och baseras på antalet bokförda personer. Kontrollerade områden framgår av Figur 21. Totalt bedöms befolkningstätheten vara 0,000637569 personer per m<sup>2</sup>, dvs ca 640 personer på 1 km<sup>2</sup>.



Figur 21. Områden där antalet bokförda personer summerats för att avgöra befolkningstäthet (personer/km<sup>2</sup>).

Därutöver tillkommer följande befolkningsantal vid exploatering av Tungelsta stationsområde:

- 300 lägenheter om 2,5 person per lägenhet, totalt 750 personer
- Förskola med 120 barn och 20 personal, totalt 140 personer
- Idrottshall, i snitt 3 st 20-mannalag, totalt 60 personer



Dag (halva dygnet):  $640 + 140 + 60 + 150 =$  Totalt 990 personer per  $\text{km}^2$ .  
Vi antar då att förskolan är i drift (140), idrottshallen nyttjas (60), ca 1/3 av de boende är hemma (250). Dessutom adderas genomsnittlig befolkningstäthet på 1  $\text{km}^2$ , dvs 640.

Natt (halva dygnet):  $640 + 0 + 0 + 675 =$  1315 personer per  $\text{km}^2$ .  
Vi antar då att förskolan är stängd (0), idrottshallen nyttjas ej (0), i princip alla boende är hemma, 90 % (675). Dessutom adderas genomsnittlig befolkningstäthet på 1  $\text{km}^2$ , dvs 640.

I snitt tillförs 1153 personer/  $\text{km}^2$ . Detta innebär att genomsnittlig befolkningstäthet ökar i området till 0,002014569 personer per  $\text{m}^2$  eller 1791 personer på 1  $\text{km}^2$ . Utifrån uppskattad befolkningstäthet och konsekvensarea för olika scenarier uppskattas antalet omkomna. Konsekvensområdet multipliceras med befolkningstätheten, vilket innebär att hänsyn även tas till befintligt befolkningsunderlag och inte enbart tillskottet som planområdet tillför. Underlag för beräkning av samhällsrisk redovisas i Tabell 13.

Tabell 13. Sammanfattat underlag för beräkning av samhällsrisk.

Scenario	Konsekvens-avstånd [ $\text{m}^2$ ]	Konsekvens-Area [ $\text{m}^2$ ]	Andel omkomna	Antal omkomna
Jet 20 mm	11	220	1	0
Urspårning mekanisk	15	225	1	0
Pölbrand medelstor	15	353	1	1
Urspårning mekanisk	25	625	1	1
Pölbrand stor	25	981	1	2
Jet 50 mm	28	560	1	1
Gasmolnsbrand liten	44	1100	1	2
Gasmolnsbrand stor	98	5390	1	10
BLEVE	210	69237	1	124
Giftig gas litet läckage 7m/s	300	9000	1	2
Giftig gas stort läckage 7m/s	1800	450000	0,1	81
Giftig gas litet läckage 7m/s	2200	4400000	0,1	788
Giftig gas litet läckage 2m/s	2400	4800000	0,1	859

