



## Riskutredning för planområde



Utredning av farligt gods i samband med planarbetet för Fokus  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30



# Projektinformation

<i>Projektnamn:</i>	Fokus Hagsätra
<i>Fastigheter:</i>	Ärtåkern Rågrian Stubbneken Höstsådden Torget Fjäderlåset
<i>Aktuella transportleder:</i>	Huddingevägen, tunnelbanan
<i>Kommun:</i>	Stockholms kommun
<i>Område:</i>	Hagsätra
<i>Byggherre:</i>	IKANO Bostad
<i>Uppdragsgivare</i>	IKANO Bostad
<i>Kontaktperson:</i>	Yuan-Chen Qian Yuan-Chen.Qian@ikanobostad.se 076-303 82 86
<i>Uppdragsansvarig:</i>	Erik Öberg erik.oberg@briab.se 070 431 11 00
<i>Handläggare:</i>	Erik Bryngelsson erik.bryngelsson@briab.se 072 206 96 69
<i>Kvalitetskontrollant:</i>	David Winberg david.winberg@briab.se 010-20 38 336

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2019-11-29	Version 1	Erik Bryngelsson	David Winberg
2020-07-30	Version 2	Erik Bryngelsson	David Winberg



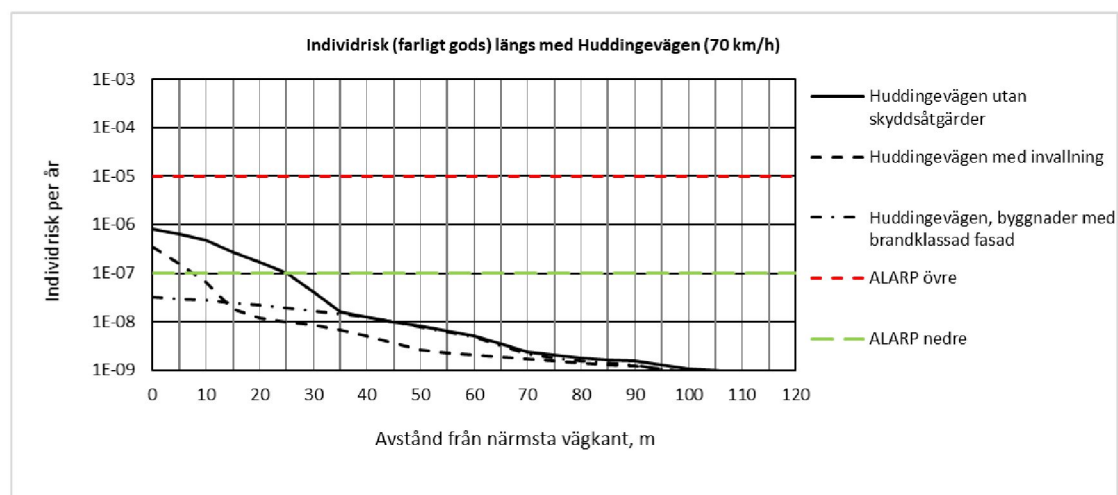
## Sammanfattning

Denna rapport har utrett de olycksrisker som föreligger vid fastigheterna Ärtåtern, Rågrian, Stubbneken, Höstsådden, Torget och Fjäderlåset i Hagsätra, Stockholms kommun.

Fastigheterna ligger intill tunnelbanans gröna linje och Huddingevägen, som är en sekundär transportled för farligt gods. Avståndet mellan planerad bebyggelse och Huddingevägen varierar men de närmaste byggnaderna ligger inom cirka 14-50 meter. Kortaste avstånd mellan tunnelbanan och planerad bebyggelse är 19 meter.

En riskinventering har genomförts där Huddingevägen och tunnelbanan har identifierats som de primära riskkällorna för planområdet, med hänsyn till transporten av farligt gods respektive urspårning. De olyckor som kan ske på vägen med farligt gods kan kortfattat beskrivas som olyckor som leder till brand (större pölbränder), explosioner av olika slag samt utsläpp och spridning av giftiga ämnen (gasmoln som sprids med vinden). För tunnelbanan är urspårning den främsta olycksrisken. Sevesoanläggningar och andra farliga verksamheter har identifierats men bedöms vara på ett tillräckligt avstånd för att avskrivas som riskkällor.

Huddingevägen är en sekundär transportled för farlig gods, vilket betyder att vägen endast bör användas av farligtgodstransporter som ska till eller från lokala målpunkter längs med vägen (dvs. genomfart med transporter längs Huddingevägen ska ej ske). Riskberäkningar har genomförts för Huddingevägen med utgångspunkt från mätningar av farliga godstransporter förbi planområdet utförda 2015. Risknivån för byggnaderna närmast Huddingevägen hamnar i det lägre "ALARP-området". ALARP-området betyder att risken är acceptabel så länge som alla rimliga och kostnadseffektiva åtgärder vidtas. Övriga byggnader ligger under ALARP-områdets nedre gräns och risknivån kan betraktas som acceptabel utan vidare åtgärder. Figuren nedan beskriver individrisken (y-axel) på olika avstånd från Huddingevägen (x-axeln).



Individrisk på olika avstånd från Huddingevägen. Planerad bebyggelse ligger mellan 13 och 300 meters avstånd från väggkanten. Nivåer över röd markering ligger inom det "oacceptabla området". Nivåer mellan röd och grön markering är ALARP-området. Nivåer under grön markering visar på acceptabel risk.



Efter ytterligare analys visas att de olycksscenarier som påverkar planområdet till störst del är pölbränder. Pölbränder till följd av utsläpp av brandfarlig vätska vid olycka på Huddingevägen påverkar främst de närmaste byggnaderna.

De vanligaste skyddsåtgärderna mot pölbränder är invallning med avåkningsskydd eller brandklassad fasad. Riskbedömningen visar att något av dessa alternativ kan vara en skälig åtgärd för bostadsbyggnaden på fastigheten Ärtåtern som planeras närmast Huddingevägen. Risker för giftigt gasutsläpp anses begränsat då en inventering visar att inga verksamheter i närheten av planområdet hanterar större mängder giftig gas samt att giftiga gastransporter är begränsade förbi planområdet. Med avseende på de korta avståndet till Huddingevägen bedöms dock ventilationstekniska skyddsåtgärder i form av högt placerade friskluftsintag vara i linje med rimlighetsprincipen.

Normala skyddsavstånd från tunnelbanan, med hänsyn till urspårning, brukar vara maximalt 15 meter. Närmaste bebyggelse planerats på 19 meter från tunnelbanan vilket därför kan anses som betryggande avstånd.

Riskreducerande åtgärder som Briab rekommenderar för en god säkerhetsnivå kan sammanfattas med följande punkter:

- Invallning och avåkningsskydd bör införas längs vägavsnittet förbi byggnaden närmast vägen på fastigheten Ärtåtern. Alternativt förse byggnaden med brandklassad fasad (EI30).
- Parkeringshuset på Rågrian bör upprättas med obrännbar fasad med hänsyn till det korta avståndet till Huddingevägen (under 25 meter).
- Det bör finnas utrymningsvägar riktade bort från Huddingevägen för byggnader som planeras närmast Huddingevägen (fastigheterna Ärtåtern, Rågrian och Stubbneken).

Utöver skyddsåtgärderna som listas ovan rekommenderar också Briab att friskluftsintag placeras högt och bort från Huddingevägen för byggnader som planeras närmast Huddingevägen (fastigheterna Ärtåtern, Rågrian och Stubbneken).

Rekommenderade åtgärder bör vägas mot kostnadseffektiviteten med avseende på att individrisken enligt beräkningar redan ligger inom nedre ALARP-området.





# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	<b>2</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>5</b>
1.1 Syfte och mål	5
1.2 Omfattning	5
1.3 Metod	6
1.4 Avgränsningar	7
1.5 Underlag	7
1.6 Kvalitetssystem	7
1.7 Revideringar	8
<b>2 Riskhänsyn vid fysisk planering</b>	<b>8</b>
2.1 Risk	8
2.2 Styrande dokument	8
2.3 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering	10
<b>3 Planområdets förutsättningar</b>	<b>15</b>
3.1 Planområdet	15
3.2 Huddingevägen	16
3.3 Tunnelbanan	17
3.4 Befolkningstäthet vid planområdet	18
<b>4 Riskidentifiering</b>	<b>19</b>
4.1 Farliga verksamheter och miljöfarliga verksamheter	19
4.2 Transporter med farligt gods	21
<b>5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods</b>	<b>25</b>
5.1 Risknivåer utan säkerhetshöjande åtgärder	25
5.2 Säkerhetshöjande åtgärder	27
<b>6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer</b>	<b>31</b>
6.1 Allmänt	31
6.2 Riskvärdering	31
6.3 Rekommendationer	31
6.4 Andra aspekter att beakta	32
<b>7 Referenser</b>	<b>33</b>
<b>Bilagor</b>	<b>35</b>



# 1 Inledning

Briab har på uppdrag av IKANO Bostad utrett den riskbild som är förknippad med exploatering av ett större planområde benämnt Fokus Hagsätra i Hagsätra. Utredningen görs utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att bedöma riskbilden som är förknippad med planerad markanvändning inom planområdet. Målet med utredningen är att ta fram ett underlag för aktuell detaljplaneprocess.

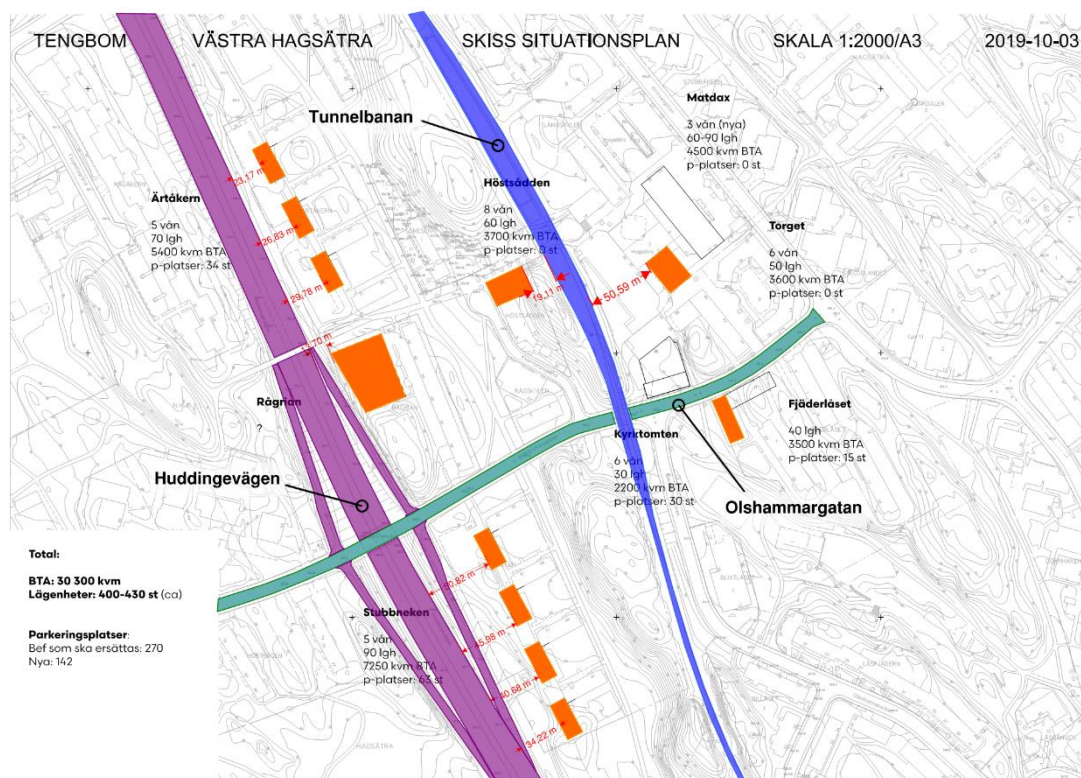
## 1.2 Omfattning

En övergripande riskinventering har identifierat följande riskkällor för planområdet:

- ♦ Transporter av farligt gods på Huddingevägen
- ♦ Urspårning av tunnelbanan

Sevesoanläggningar och andra farliga verksamheter har identifierats i planområdets närhet, och redovisas i avsnitt 4 Riskidentifiering. Avstånden från planområdet är dock tillräckligt stora för att avskriva dessa verksamheter som riskkällor.

Analysen omfattar därför endast risker till följd av transport av farligt gods på Huddingevägen och urspårning av tunnelbanevagnar, se Figur 1.



Figur 1. Utredningsområde med de aktuella transportlederna utmärkta.

Risakanalysen besvarar följande centrala frågeställningar:

- ♦ Hur kan riskhänsyn visas och finns det ett behov av åtgärder eller begränsningar för att möjliggöra föreslagen utveckling av planområdet?

## 1.3 Metod

Följande metodik används i denna riskutredning. Se även avsnitt 2.3 för mer information om riskhanteringsprocessen.

**1. Riskidentifiering.** För att ta reda på vilka riskkällor som kan vara relevanta för området studeras området (med omgivning) inom ramen för utredningens avgränsningar. I riskidentifieringen görs en första översiktlig bedömning för att sälla ut vilka riskkällor som erfordrar fördjupad analys.

**2. Fördjupad analys.** De olyckshändelser som är svårbedömda och väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras mer ingående via separata analyser. Händelsernas frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och/eller via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

Analysen arbetar efter följande frågeschema:

- ♦ Vad kan hända?
- ♦ Hur ofta kan det hända?
- ♦ Vilka blir konsekvenserna?



- ♦ Hur stor är risken?

**3. Riskvärdering.** Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella riskreducerande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, d.v.s. att den sjunker till en acceptabel nivå. Riskreducerande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.

## 1.4 Avgränsningar

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, s.k. olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods eller farliga verksamheter. Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med buller, vibrationer, elsäkerhet och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer, etc.

Tidshorisont för utredningen är vald till 2040, med hänsyn till trafiktal och befolkningstäthet.

## 1.5 Underlag

I Tabell 1 framgår vilket planeringsunderlag som nyttjats i utredningen.

**Tabell 1. Underlag.**

Handling	Datum	Upprättad av
Tengbom, Västra Hagsätra, Skiss Situationsplan	2019-10-03	Tengbom
IKANO Hagsätra – 3Dmodell	2019-11-11	Tengbom
Mailkonversation med Yuan-Chen Qian	2019-11-13	Yuan-Chen Qian (Project Manager IKANO) Erik Bryngelsson (Briab)
Ikano Situationsplan Bebyggelse	2020-06-12	Tengbom

## 1.6 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kontroll utförs mot särskild checklista och dokumenteras.



## 1.7 Revideringar

---

Handlingen är en andra version där planerad bebyggelse mellan fastigheterna Torget och Fjäderlåset har tagits bort, för planerad bebyggelse på Höstsådden har våningsantal och avstånd till tunnelbanan uppdaterats och trafikprognoserna för Huddingevägen har uppdaterats för att stämma överens med övriga utredningar.

# 2 Riskhänsyn vid fysisk planering

I detta avsnitt förklaras begrepp och styrande dokument kopplat till riskhänsyn vid fysisk planering.

## 2.1 Risk

---

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individrisk**, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [1].

**Samhällsrisk**, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [1].

## 2.2 Styrande dokument

---

Relaterat till riskhantering finns ett flertal styrande dokument som ska beaktas vid planläggning.

### 2.2.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.



## 2.2.2 Rekommendationer och riktlinjer

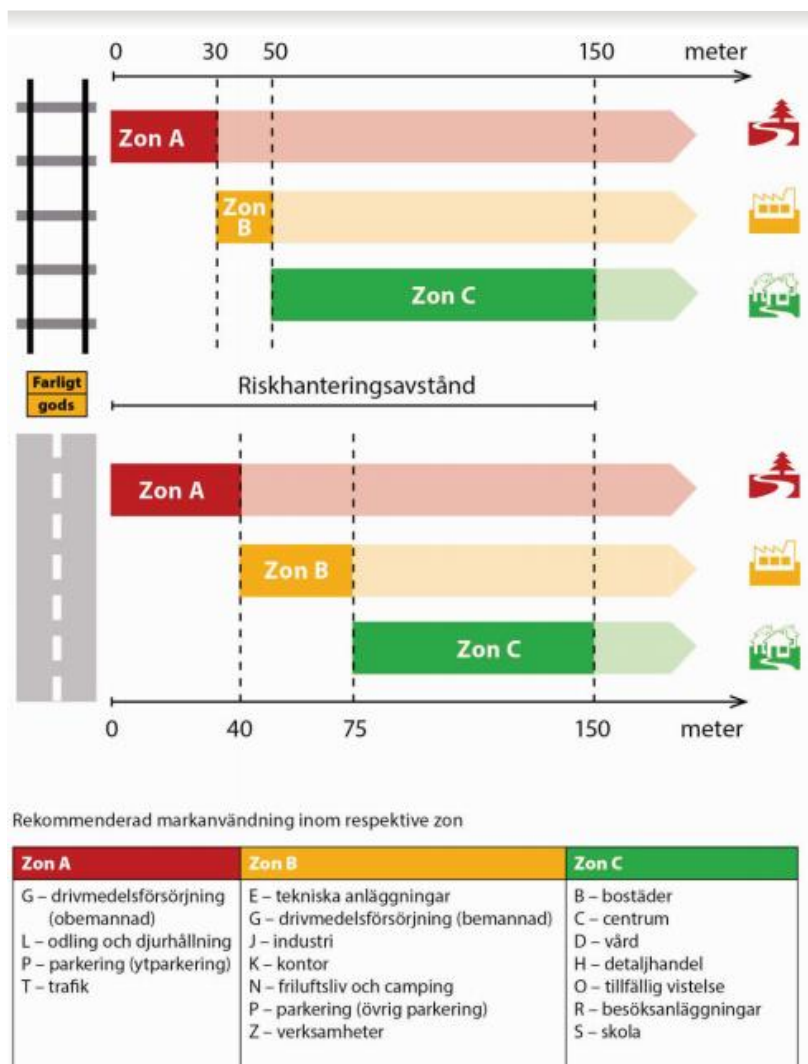
För att tydliggöra vilken mark som, med hänsyn till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor, är lämpad för ändamålet har flera länsstyrelser i Sverige presenterat vägledningar och riktlinjer för riskhänsyn vid fysisk planering.

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag* [2] och *Riskanalyser i detaljplaneprocessen* [3]. Dessa är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll i riskanalyser i planprocessen.

Utöver de allmänna rekommendationerna har Länsstyrelsen i Stockholms län publicerat mer specifika rekommendationer rörande bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt drivmedelsstationer [4]. I dessa anges att ny bebyggelse inte bör medges så nära farligt gods-leder att transporterna med farligt gods till slut omöjliggörs. Det framgår även att en riskanalys ska göras om bebyggelse planeras inom **100 meter från drivmedelsstationer** och om risk föreligger.

I *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* [5] anges att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom **150 meter från transportled för farligt gods**.

I de senast utgivna riktlinjerna från år 2016, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [6], rekommenderas att markanvändning intill transportleder för farligt gods generellt bör planeras med de i Figur 2 angivna skyddsavstånden (zon A, B och C).



**Figur 2. Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods (väg och järnväg) och olika typer av markanvändning. Avstånden mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spärrmitt. [6]**

För sekundära leder som Huddingevägen rekommenderas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter mellan vägen och markanvändning som t.ex. bostäder och tillfällig vistelse. Det nämns också att kortare avstånd kan vara möjligt, men att skyddsavstånd mindre än 15-20 meter är sannolikt inte aktuellt.

## 2.3 Metodik, principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering från flera olika källor. Avsnittet är allmänt skrivet och i avsnitt 3.4 redovisas de kriterier för riskvärdering som tillämpas i denna riskanalys.

### 2.3.1 Metodik för riskhantering

Riskhanteringsprocessen utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och





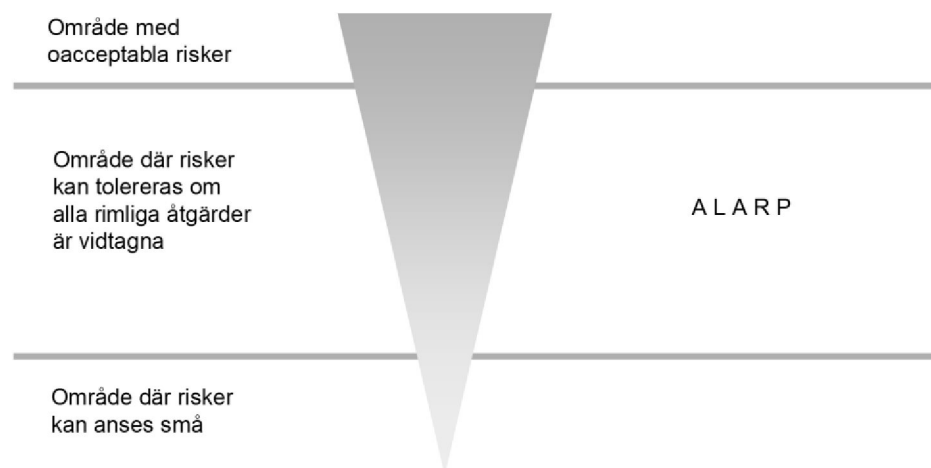
riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av riskreducerande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 3.



Figur 3. Metodik för riskhantering [5].

### 2.3.2 Allmänt om kriterier för riskvärdering

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 4 nedan beskriver principen för riskvärdering [7].



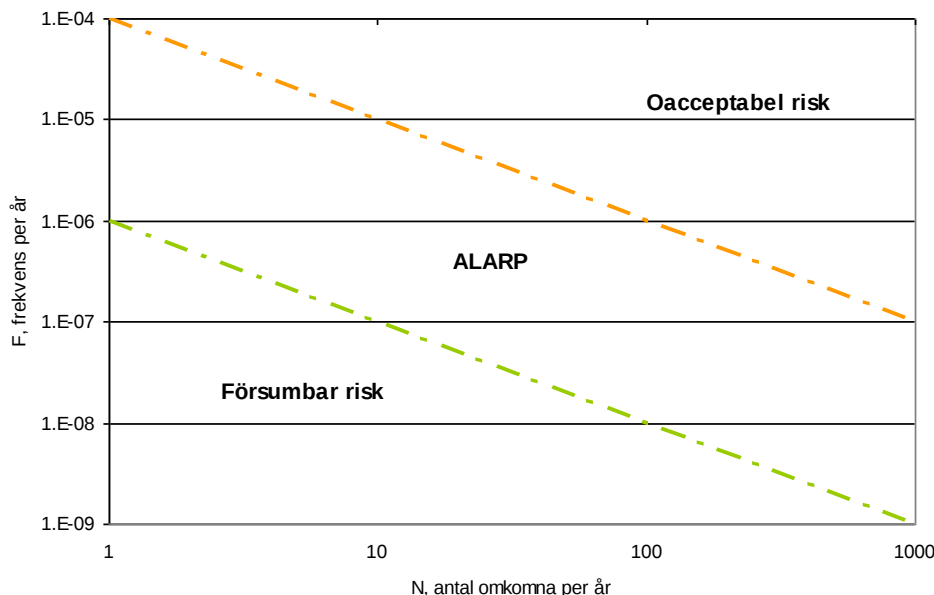
Figur 4. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonable Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till





transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och utformning av spårområde (vid bebyggelse nära järnväg). I Figur 5 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 5. Illustration av ALARP-zonen för riskmålet "samhällsrisk" med exempel på riskvärderingskriterier från Davidsson m.fl. [7].

### 2.3.3 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [1]:

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [1].

### 2.3.4 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Men Länsstyrelsen i Stockholms län



rekommendationer och praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [7].

För *individrisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ♦ Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras:  $10^{-5}$  per år
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:  $10^{-7}$  per år

För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

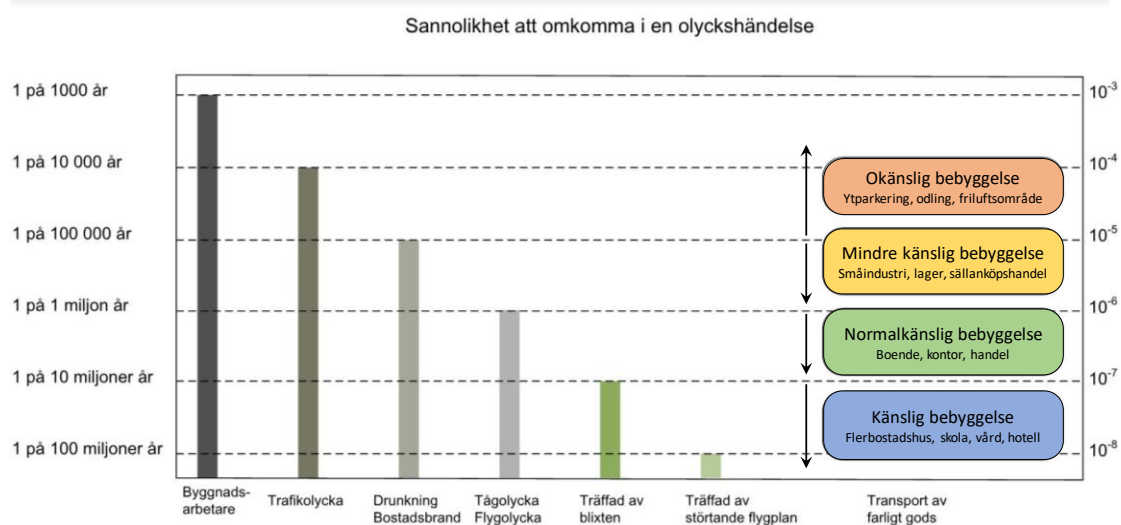
- ♦ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $F=10^{-4}$  per år för  $N=1$  med lutning på  $F/N$ -kurva: -1
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:  $F=10^{-6}$  per år för  $N=1$  med lutning på  $F/N$ -kurva: -1

Samhällsrisk avser  $1 \text{ km}^2$  med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled. Mellan den övre och undre individ- respektive samhällsriskgränsen finns det område som benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

### 2.3.5 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation "Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter" sammanställt sannolikheten att omkomma av olika olycksrisker. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma  $1/100$  per år, dvs. 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämt fördelad. Under en livstid är sannolikheten lägst vid 7-års ålder och uppgår till c:a 0,0001 per år, dvs.  $10^{-4}$  per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är  $4 \cdot 10^{-4}$  per år för män och  $3 \cdot 10^{-4}$  per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är  $2 \cdot 10^{-5}$  per år för män och  $2 \cdot 10^{-6}$  per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen  $2 \cdot 10^{-5}$  per år och sannolikheten att omkomma pga. blixtnedslag är ca  $4 \cdot 10^{-7}$  per år [8]. I Figur 6 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som anges i avsnitt 2.3.4.



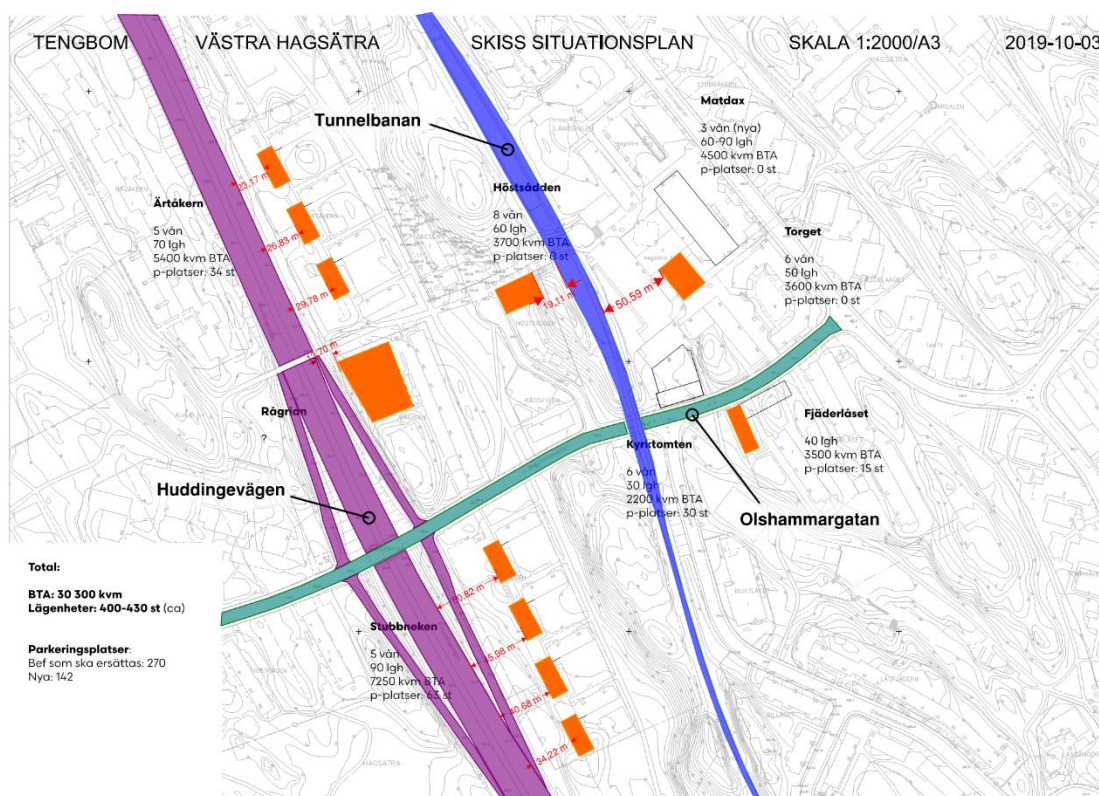
Figur 6. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods (enligt exempel på tillämpning i avsnitt 2.3.4).

## 3 Planområdets förutsättningar

### 3.1 Planområdet

Planområdet ligger i Hagsätra som är en del av Stockholms kommun. Planområdet sträcker sig över flera fastigheter och bebyggelse planeras enligt Figur 7. Flera transportleder passerar genom planområdet, varav de största är Huddingevägen, tunnelbanan, Olshammargatan och Vintrosgatan. Området är ett befintligt bostadsområde med bland annat skolor, butiker och restauranger.

Inga lokala målpunkter för farligt gods har identifierats i planområdet och inga transporter av farligt gods förväntas därmed gå på Olshammargatan eller Vintrosgatan. Detta inkluderar även av och påfarter mellan Olshammargatan och Huddingevägen.



**Figur 7. Karta över planområdet och förbipasserande Huddingevägen, tunnelbanan och Olshammargatan.**

Bebyggelse av bostäder planeras som närmast ca 23 meter Huddingevägen, 19 meter från tunnelbanan och 3,5 meter från Olshammargatan. Byggnaden närmast Huddingevägen (ca 13,7 meter) är ett parkeringshus.

I aktuellt skede planeras för 11 byggnader med sammanlagt ca. 310 lägenheter och 112 parkeringsplatser. Bostäderna är flerbostadshus och byggnadernas höjd varierar inom området, mellan ungefär 3-8 våningar ovan mark.



## 3.2 Huddingevägen

I västra delen av planområdet passerar Huddingevägen som är en vältrafikerad väg som används för både jobbpendling och godstrafik. Huddingevägen utgör en sekundär transportled för farligt gods, vilket innebär att vägen används för transport till och från primära transportleder för farligt gods. Det aktuella vägvägsnittet ligger mellan två primära transportleder för farligt gods vilket i praktiken kan medföra att även genomfartstrafik förekommer på vägen.

För att uppskatta vilka klasser av farligt gods-transporter<sup>1</sup> som kan förväntas gå här görs en bedömning baserat på mätningar utförda av WSP [9] i avsnitt 4.1.1.

### 3.2.1 Förutsättningar för Huddingevägen, förbi planområdet

Huddingevägen är en väg med två filer i respektive riktning med 10 meters bredd i vardera, förbi planområdet [10]. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h. Från Olshammarsgatan går även avfarter till Huddingevägen som passerar fastigheterna Stubbneken och Rågrian som ligger upphöjt i förhållande till Huddingevägen. Inga lokala målpunkter för farligt gods har identifierats längs Olshammargatan och därmed förväntas inga transporter av farligt gods förekomma på vägen. Längre norrut passerar Huddingevägen fastigheten Ärtakern, ca 23-30 meter från planerad bebyggelse, som ligger på samma höjdnivå som Huddingevägen.

#### Årsdygnstrafik (trafikarbete) - ÅDT

Trafikuppgifter för Huddingevägen kommer från Stockholms Trafikkontor och de senaste mätningarna tillgängliga från trafikverkets vägtrafikflödeskarta och presenteras i Tabell 2. Mätningarna gäller vägvägsnitt 10810185 [11]. Total trafik för 2019 är angivet av Stockholms Trafikkontor och andelen personbilstrafik och tung trafik antas vara samma som för år 2017.

**Tabell 2. 2017 års ÅDT för Huddingevägen enligt vägtrafikflödeskartan [12], uppskattade ÅDT för 2019 samt uppräknade värden till 2040 utgående från 2019 års ÅDT [11].**

	ÅDT 2017 [12]	ÅDT 2019	ÅDT uppräknad till 2040
Total trafik	40 200	45 000 <sup>1</sup>	53 700 <sup>1</sup>
Personbilstrafik	35 750	40 020 <sup>2</sup>	48 720
Tung trafik	4 450	4 980 <sup>2</sup>	4 980 <sup>3</sup>
Axelpar	41 800	46 790 <sup>2</sup>	55 490

<sup>1</sup> ÅDT från mailkonversation med Stockholms stads trafikenhet, daterad 2020-05-18

<sup>2</sup> Uppskattat värde utgående från 2017 års fördelning.

<sup>3</sup> Andelen tung trafik kommer att sjunka vid färdigställande av delprojekten i och med att personbilstrafiken ökar från tillkommande exploatering utan att funktioner som genererar tung trafik tillkommer, därför har inte tung trafik räknats upp.

<sup>1</sup> Transporter med farligt gods delas in i 9 olika klasser för ämnen med liknande risker vid transport på väg. Klassificeringen benämns ofta ADR-klasser efter ett europeiskt regelverk för transport av farligt gods på landsväg, se mer i avsnitt 4.2.1.

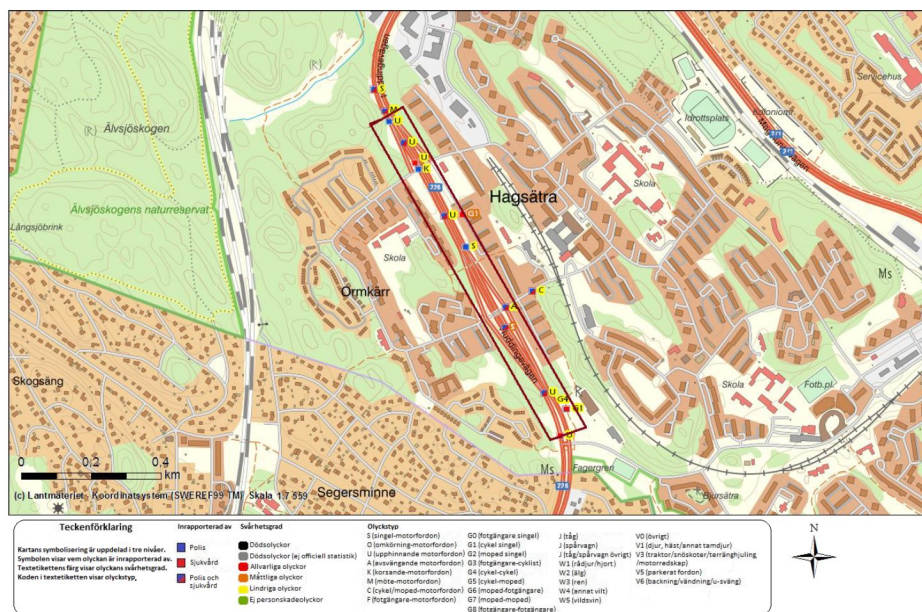




## Olyckskvot

Olyckskvot är ett mått på mängden olyckor som sker på vägen i fråga. Detta är en viktig parameter för att kunna bedöma sannolikheten för olycka, och därigenom också sannolikheten för olycka med farligt gods.

För att bedöma olyckskvoten för Huddingevägens sträcka förbi planområdet används uppgifter från Trafikverkets databas STRADA [13]. Ett uttag gjordes gällande trafikolyckor på vägsträckan under de senaste 10 åren, se Figur 8.



Figur 8. Aktuell stäcka på Huddingevägen för uttag av olycksstatistik från STRADA.

Olyckskvoten beräknas med avseende på antal olyckor längs vägsträckan (16 olyckor totalt varav 5 var singelolyckor) och trafikarbete (cirka 14,2 miljoner axelparskilometer per år). För sträckan ovan fås en olyckskvot på 0,113 olyckor per miljon axelparskilometer.

## 3.3 Tunnelbanan

Tunnelbanan passerar igenom planområdet och slutstation Hagsätra ligger i planområdets norra del. Som närmast passerar tunnelbanan cirka 19 meter från den planerade byggnaden på Höstsådden. På spåret transporteras inga godståg och därmed inget farligt gods. Det kan dock fortfarande föreligga risk kopplat till urspårning.

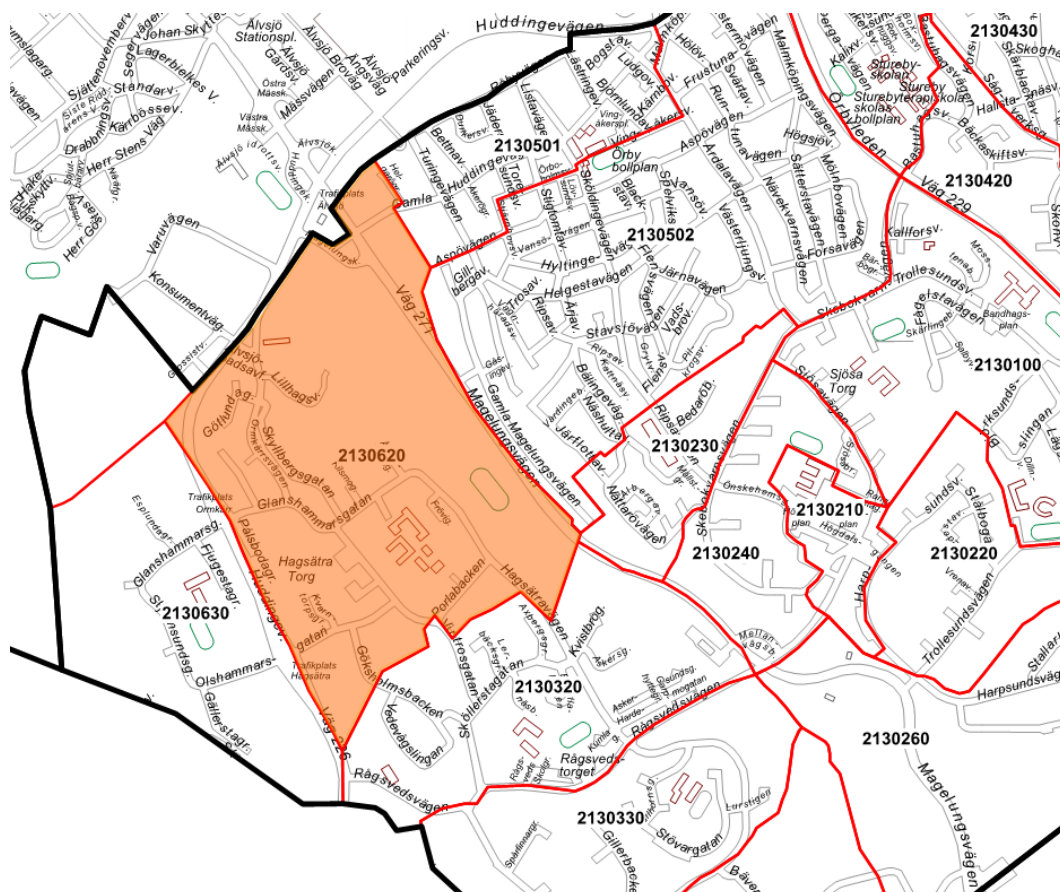
### Årstdygnstrafik (trafikarbete) – ÅDT

Årstdygnstrafiken kan uppskattas utifrån avgångar och inkommande tåg till Hagsätra station. En vardag inkommer och avgår totalt ca 200 tåg till och från stationen. Även om trafiken är något mer begränsad under helger och helgdagar så kan ÅDT konservativt uppskattas till 200 tåg om dagen.



### 3.4 Befolkningstäthet vid planområdet

För att möjliggöra en välgrundad riskbedömning med avseende på samhällsrisk är befolkningstätheten inom området av stor vikt. Stockholm stads har gjort en prognos för befolkningstätheten i basområde 2130620 – *Hagsätra Torg* markerat i Figur 9 [14]. Området mäter cirka 1,1 km<sup>2</sup> till ytan och uppskattas enligt prognosen ha en befolkningstäthet på 7743 personer/km<sup>2</sup> år 2028. För att ta hänsyn till befolkningsökningen i området görs en uppskattning av befolkningstätheten för horisontåret 2040. Utifrån SCBs statistik över befolkningsmängden sedan år 2000 och Stockholm stads prognos kan en linjär extrapolation göras till år 2040. Då erhålls en uppskattning på cirka 8673 personer/km<sup>2</sup>. En linjär anpassning är en grov uppskattning och dessutom delvis baseras på prognoser, vilket bör tas i åtanke. Stockholm stads prognos visar en avtagande befolkningshastigheten i slutet av prognosen (2026-2028) och den linjära extrapolationen bedöms troligen ge en överskattning av befolkningstätheten.



Figur 9. Basområde 2130620 - Hagsätra Torg

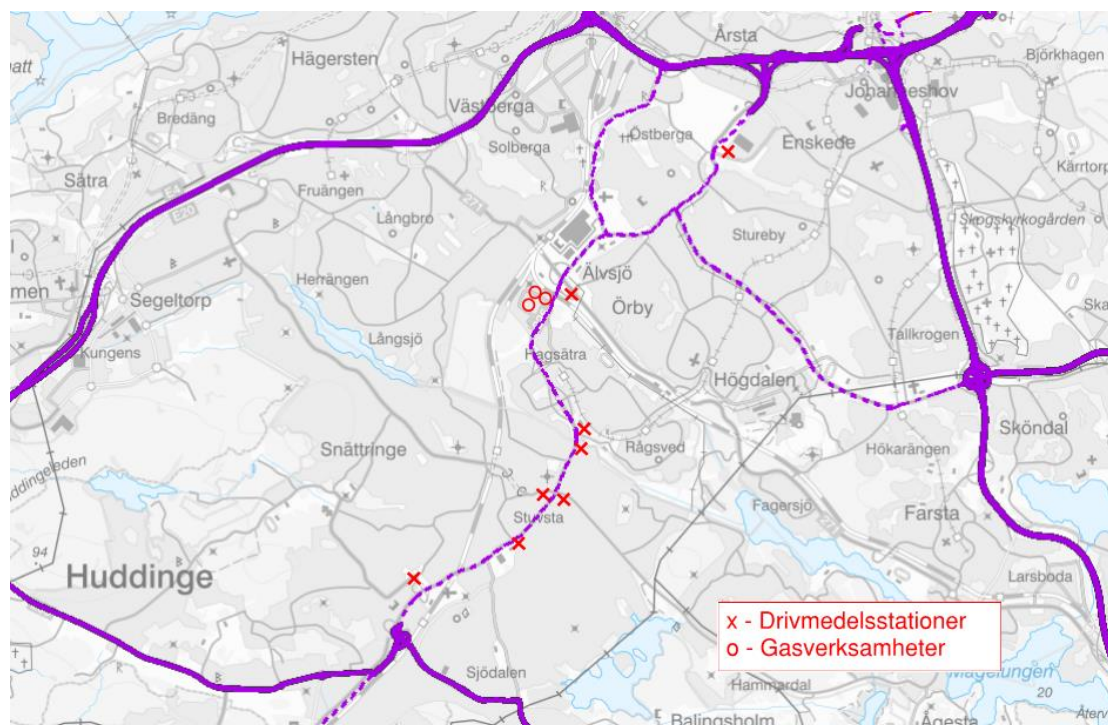
Persontätheten (inklusive studenter och arbetstagare) på området kan uppskattas till ungefär samma siffra som befolkningstätheten (där boende ger det största bidraget under kvällen och natten och arbetstagare ger största bidraget under dagen). Det finns både boendebyggnader och arbetsplatser i planområdets omgivning.

I detta avsnitt identifieras och bedöms riskkällor som kan ge upphov till olyckshändelser som påverkar planområdet.

#### 4.1 Farliga verksamheter och miljöfarliga verksamheter

#### 4.1.1 Drivmedelsstationer och gasindustrier

Huddingevägen är som tidigare nämnt en sekundär transportled och transporter av farligt gods förväntas endast gå till lokala målpunkter längs vägsträckan. 8 drivmedelsstationer och tre verksamheter som hanterar gas har identifierats längs Huddingevägen, se Figur 10.



**Figur 10. Drivmedesstationer och gasverksamheter längs Huddingevägen.**

Drivmedelstransporter till dessa stationer kan förväntas gå via Huddingevägen. Beroende på vilket håll transporterna kommer ifrån kan de även passera planområdet. Identifierade verksamheter som hanterar gas är AGA Gas, Fogas och Circle K Fordonsgas Älvsjö, markerade med cirklar i Figur 10. Fogas säljer gasol för privat bruk [15] och Circle K Fordonsgas Älvsjö säljer fordonsgas i form av biogas och naturgas (metan) [16]. AGA Gas hanterar också brännbar gas som till exempel naturgas, acetylen och gasol och även icke brandfarliga gaser som syrgas, koldioxid, helium och argon [17]. Inga giftiga gaser hanteras inom verksamheten.





#### 4.1.2 AGA gas (Seveso, lägre kravnivå)

AGA gas verksamhet i Älvsjö omfattas av SEVESO-lagstiftningens lägre kravnivå vilket betyder att farliga ämnen hanteras i stora mängder. Inom verksamheten lagras stora mängder flytande naturgas (LNG), som är extremt brandfarlig. Gasen distribueras via en förångare till ett buffertlager. Från buffertlagret förses dels tankstationen med fordonsgas och dels flakfyllning för vidaretransport till drivmedelsstationer runt om i Storstockholm [18]. Inga giftiga gaser hanteras inom verksamheten. Verksamheten ligger ca 1 km från närmaste planerad byggnad på fastigheten Ätråkeren. Risken för explosion och brand i samband med AGA Gas verksamhet bedöms inte påverka risknivån för den planerade bebyggelsen på ett sådant långt avstånd.

#### 4.1.3 Gasnätet Stockholm AB (Seveso, lägre kravnivå)

Verksamheten lagrar stora mängder LNG och levererar gas till stadsnätet såväl som fordonsgasnätet. Anläggningen på Selaövägen har en förångningsstation och en blandningsstation för inblandning av luft i biogasen innan den levereras till gasnätet. Gasleveranser kommer till anläggningen via tankbil [19]. Anläggningen ligger på ett ca 2,8 km avstånd och risken för explosion och brand i samband med verksamheten bedöms inte påverka risknivån för den planerade bebyggelsen.

#### 4.1.4 Sandvik Västberga (Seveso, lägre kravnivå)

Storstockholms brandförsvaret beskriver verksamheten i *Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen* [20]:

”Inom verksamheten tillverkas och utvecklas bland annat bergborrprodukter och slipdelar av hårdmetall samt forskning och utveckling av hårdmetallsprodukter. På Sandviks anläggning förvaras större mängder hårdmetallpulver som används inom produktionen. Hårdmetallpulvret innehåller kobolt och volfram och är klassificerat som både giftigt och miljöfarligt. På anläggningsområdets nordöstra hörn finns en gasstation där vätgas förvaras. Vätgasen är klassificerat som brandfarlig. På motsatt sida, på verksamhetens västra del finns ett förråd med etanolförvaring. Även etanolen är klassad som brandfarlig. Inom hela verksamheten finns också drygt 6 m<sup>3</sup> brandfarliga vätskor (klass 1) samt ca 220 m<sup>3</sup> brandfarlig gas, huvudsakligen förvarade i containerpaket inne på verksamhetsområdet.”

Sandviks anläggning ligger cirka 3,2 km från närmaste planerade byggnad på planområdet. I och med det långa avståndet bedöms Sandviks verksamhet på anläggningen i Västberga inte påverka risknivån för planområdet.

#### 4.1.5 Tunnelbanan

Skyddsavstånd från tunnelbana är ofta maximalt 15 meter, vilket betyder att byggnaderna på Höstsådden ligger på ett betryggande avstånd (19 meter). Höstsådden ligger också nära Hagsätra station vilket medför lägre hastigheter i och med att tågen accelererar eller bromsar in förbi fastigheten. Dessutom är rälsen förbi fastigheten en raksträcka vilket minskar risken för urspårning. Tunnelbanan avskrivs därmed som riskfria.



#### 4.1.6 Övriga verksamheter

Inga övriga verksamheter som har tillstånd att hantera brandfarliga eller explosiva varor, eller tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter, har identifierats inom eller i planområdets omgivning. Detta har säkerställts genom att använda Länsstyrelsens (tillståndsmyndighet för miljöfarliga verksamheter) web-GIS<sup>2</sup> samt kontakt med räddningstjänsten<sup>3</sup> (tillståndsmyndighet för brandfarliga och explosiva varor). Utifrån detta förväntas heller inget farligt gods gå på Olshammargatan eller Vintrosgatan. Detta inkluderar även av- och påfarter mellan Olshammargatan och Huddingevägen. Därmed avskrivs dessa vägar som riskkällor.

### 4.2 Transporter med farligt gods

I *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* [5] anges att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods. Nedan görs en övergripande genomgång av farliga händelser som kan inträffa vid transportleder med farligt gods. Dessa händelsers risk kvantifieras (beräknas) sedan i kommande kapitel för Huddingevägen.

#### 4.2.1 Transportklasser (ADR/RID)

Transport av farligt gods på land regleras i ADR<sup>4</sup> för transport på väg och i RID<sup>5</sup> för transport på järnväg. I ADR och RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har (se Figur 11 och Figur 12).

---



















<sup>2</sup> Länsstyrelsens WebGIS, besöksdatum 2019-11-22 [25]

<sup>3</sup> Mailkontakt med Dan Hallman, Storstockholms brandförsvär 2019-11-25

<sup>4</sup> ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på väg och i terräng. I Sverige används den nationella anpassningen ADR-S (MSBFS 2015:1).

<sup>5</sup> RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2015:2).



Klass	Etikettförlagor				
<b>Klass 1</b> Explosiva ämnen och föremål					
<b>Klass 2</b> Gaser					
<b>Klass 3</b> Brandfarliga vätskor					
<b>Klass 4.1</b> Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen					
<b>Klass 4.2</b> Självtändande ämnen					
<b>Klass 4.3</b> Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten					
<b>Klass 5.1</b> Oxiderande ämnen					
Klass	Etikettförlagor				
<b>Klass 5.2</b> Organiska peroxider					

Figur 11. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.



<b>Klass 6.1</b> Giftiga ämnen	
<b>Klass 6.2</b> Smittförande ämnen	
<b>Klass 7</b> Radioaktiva ämnen	
<b>Klass 8</b> Frätande ämnen	
<b>Klass 9</b> Övriga farliga ämnen och föremål	

Figur 12. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.

#### 4.2.2 Möjliga olyckor

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra vägsäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, t.ex. fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [21].

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Vid ett utsläpp kan olika typer av konsekvenser inträffa beroende på ämnets egenskaper. Principiellt kan en indelning ske i masseexplosiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor. Fyra olika typer av konsekvenser kan härledas; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier.

Masseexplosiva ämnen kan detonera vid olyckor och transport. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepooler. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort.

Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Antänds en vätskepool uppstår en poolbrand och om en gas antänds direkt vid utsläppskällan



uppstår en jetflamma. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE<sup>6</sup> och BLEVE<sup>7</sup>. UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga. värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. En BLEVE är att beakta som en sekundär konsekvens av en farligt godsolycka då den kräver en kraftig uppvärmning till följd av en brand för att kunna inträffa.

Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i RID-klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i RID-klass 5, radioaktiva ämnen i RID-klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, t ex kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

### 4.2.3 Val av olycksscenarier

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna:

- ♦ Detonation av *massexplosiva ämnen* som ger tryckverkan och brännskador.
- ♦ Utsläpp och antändning av kondenserad *brännbar gas* som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckpåverkan.
- ♦ Utsläpp av kondenserad *giftig gas* som ger förgiftning vid inandning.
- ♦ Utsläpp och antändning av *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.
- ♦ Utsläpp av *giftiga brandfarliga vätskor* vilka ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Detonation till följd av blandning av *oxiderande ämne* med *brandfarlig vätska*.
- ♦ Utsläpp av *giftiga vätskor* som ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Utsläpp av *frätande vätskor*, vilka ger frätskador vid hudkontakt.

---

<sup>6</sup> Unconfined Vapour Cloud Explosion.

<sup>7</sup> Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



## 5 Risknivåer längs med transportleder för farligt gods

Beräkningar av risknivåer för vägolyckor redovisas i bilaga E. Resultatet i form av beräknade risknivåer redovisas i avsnittet nedan.

### 5.1 Risknivåer utan säkerhetshöjande åtgärder

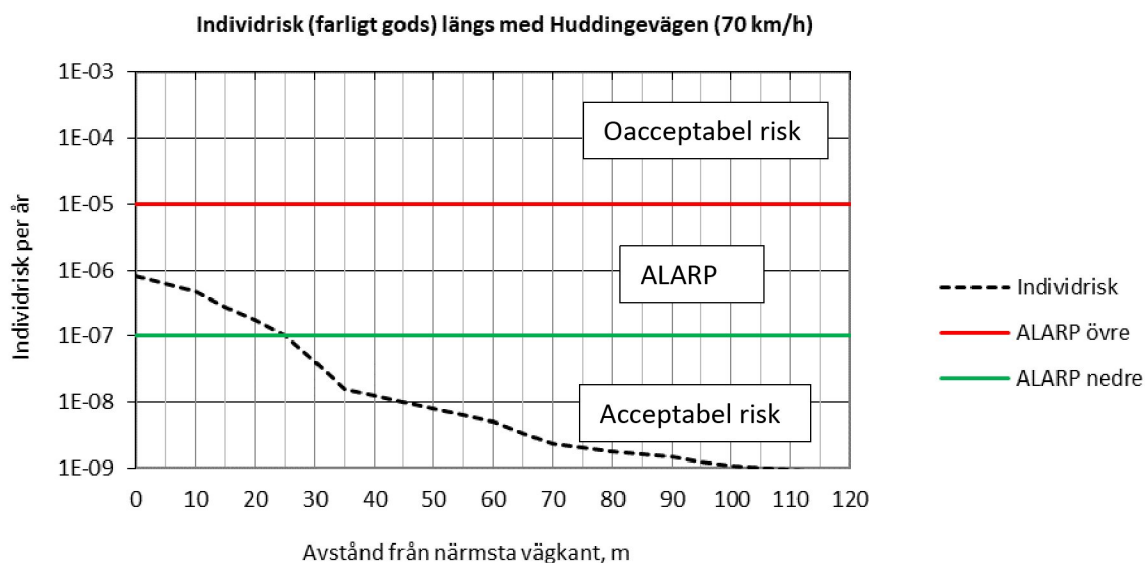
#### 5.1.1 Huddingevägen

Transport av farligt gods förekommer på Huddingevägen. Trafikflöden är beräknade med utgångspunkt i statistik över lastbilstrafik för år 2019 som uppräknas till år 2040. I Figur 13 redovisas individrisken längs med Huddingevägen och i Figur 14 redovisas samhällsrisk.

Huddingevägen är som tidigare nämnt en sekundär transportled för farligt gods. För att uppskatta förekomsten av farligt gods används en analys som utfördes av WSP Analys och Strategi [9] där mätningar av trafikflöden utfördes för Huddingevägen. Analysen visar att år 2015 bestod 0,5% av den tunga trafiken förbi planområdet av transporter av farligt gods. Undersökningen redovisar även fördelningen mellan olika ADR-klasser som visar att största andelen farligt-godstransporter utgörs av klass 3 (brandfarlig vätska) och klass 2 (gas).

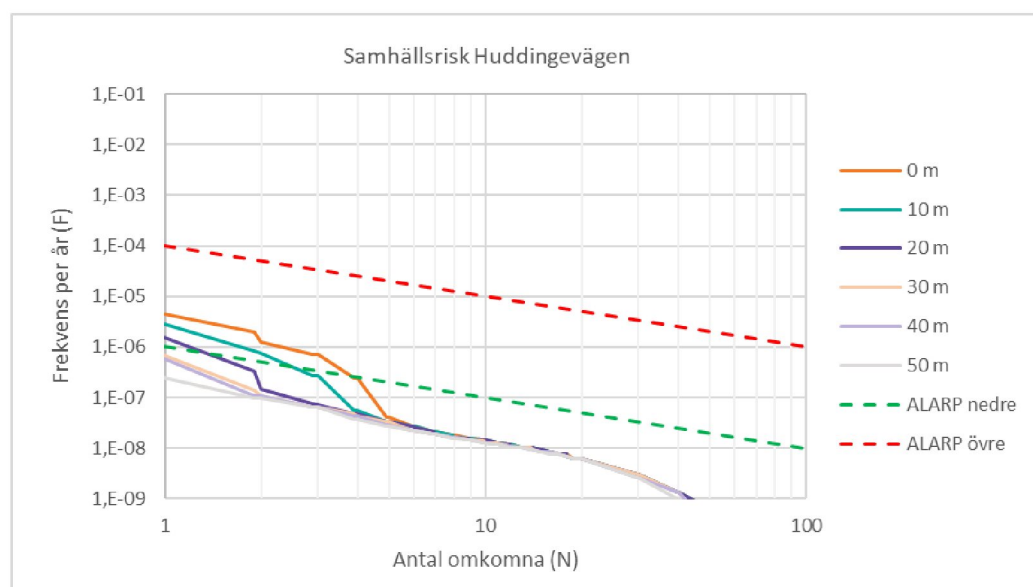
Persontätheten uppskattas i avsnitt 3.4 till 8 673 personer per km<sup>2</sup> år 2040, vilket bedöms vara en konservativ uppskattning. I beräkningsmodellen avrundas detta till 10 000 personer per km<sup>2</sup> vilket bidrar ytterligare till en konservativ riskbedömning.

Figur 13 visar i individrisken med sannolikheten att omkomma under ett års tid som funktion av avståndet från vägkanten. Inom 25 meter från vägkanten ligger individrisken inom nedre delen av ALARP. Detta medför att risken skall hållas "As Low As Reasonably Practicable" och riskreducerande åtgärder kommer därför att undersökas vidare.



**Figur 13. Individrisk på olika avstånd från Huddingevägen.**

Figur 14 visar att samhällsrisk ligger inom ALARP på upp till 20 meters bebyggelsefritt avstånd från Huddingevägen. Det bör noteras att samhällsrisk är starkt beroende av angiven befolkningstäthet, vilket i detta fall är en överskattning i två led. Extrapolationen är sannolikt en överskattning och beräkningsprogrammets noggrannhet leder till ett ytterligare överskattat värde till 10 000 personer per km<sup>2</sup>. Dessutom är den enda byggnaden som befinner sig mellan 10 och 20 en planerad garagebyggnad där personer inte förväntas vistas i samma utsträckning som för bostäder.



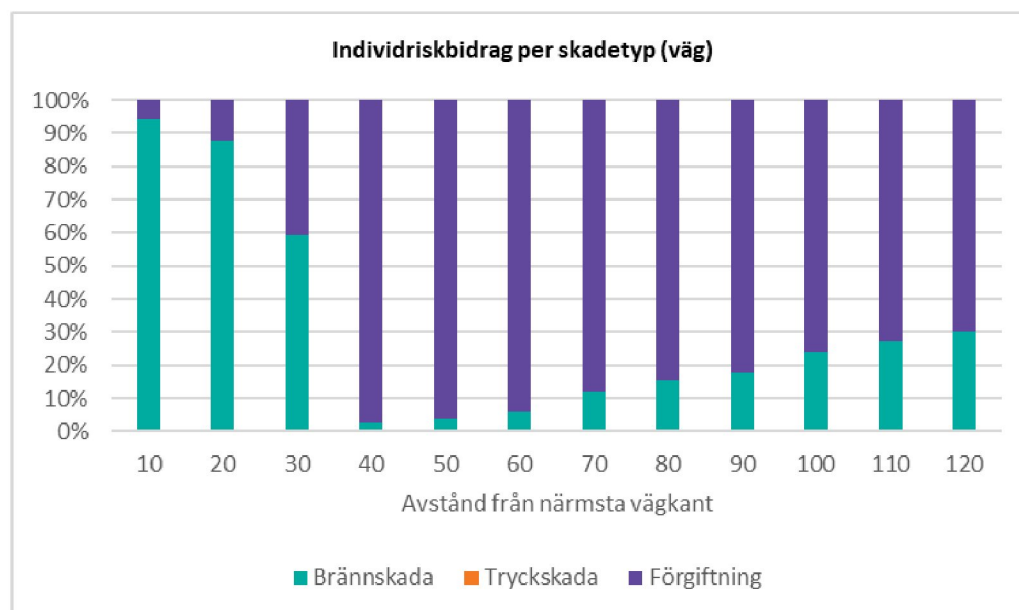
**Figur 14. Samhällsrisk för olika bebyggelsefria avstånd längs med Huddingevägen förbi planområdet.**

De scenarier som påverkar planområdet närmast Huddingevägen (inom 30 meter) är till störst del brännskador till följd av pölbränder med brandfarlig vätska. På längre avstånd står





förgiftning för det största individriskbidraget. Figur 15 visar vilka olyckstyper som påverkar planområdet beroende på avstånd.



**Figur 15.** Hur stor andel av risken, inom vissa specifika avstånd, som utgörs av tryckskada, brännskada respektive förgiftning. Närmast vägen är det pölbränder som står för den överlägset största andelen av risken. Vid ca 40 meter är det i princip giftig gas som står för den största andelen risk. Vid 70-120 meter ökar andelen brännskada eftersom den relativa påverkan förskjuts lite mot scenarier med gasmolnexplosion/jetflamma/BLEVE relativt till giftig gas. Notera dock att efter 40 meter är risknivån mycket låg (nära  $10^{-8}$ ).

## 5.2 Säkerhetshöjande åtgärder

Riskenivåerna redovisade i ovan avsnitt har tagits fram utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. Det finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i rapporten "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner" [22].

Eftersom Huddingevägen bidrar till en individ- och samhällsrisk inom ALARP utreds åtgärder för att minska Huddingevägens riskbidrag till området. De säkerhetshöjande åtgärderna som utreds nedan reducerar risken för olyckstyper som leder till förgiftning (utsläpp av giftiga ämnen, gas eller flyktig vätska), brännskada och explosionsskada.

### 5.2.1 Skydd mot utsläpp av giftigt ämne

Utsläpp av giftiga gas utgör det största riskbidraget för byggnader på ett avstånd 40 meter eller längre från Huddingevägen (Figur 15). Detta innebär att skydd mot utsläpp av giftigt gas skulle vara mest effektivt för byggnader på det avståndet. Enligt utförda beräkningar ligger individrisken för avstånd över 40 meter redan på en acceptabel nivå och inga riskreducerande åtgärder erfordras därför för byggnader på det avståndet från Huddingevägen.





För avstånd omkring 30 meter är riskbidraget från förgiftning och brännskada i samma storleksordning. Men även vid 30 meter är individrisken på en acceptabel nivå och inga säkerhetshöjande åtgärder erfordras. Det bör dock noteras att även om det relativa riskbidraget är mindre för byggnader närmare Huddingevägen så är det faktiska riskbidraget högre. Skydd mot giftig gas utförs oftast i form av högt placerade friskluftsintag riktade bort från vägen. Detta är en relativt enkel åtgärd och kan vara önskvärd av andra anledningar som t.ex. luftkvalitet

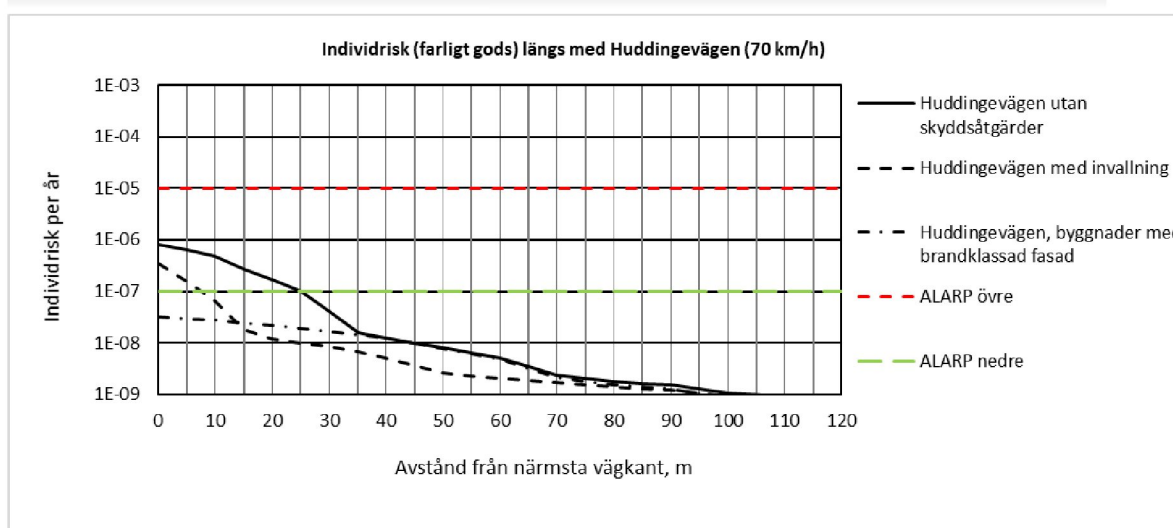
För kortare avstånd än 30 meter mellan Huddingevägen och planerad bebyggelse utgör brännskada till det största riskbidraget.

## 5.2.2 Skydd mot brandspridning

Skydd mot brandspridning kan åstadkommas antingen genom ett skyddsavstånd eller genom en kombination av skyddsavstånd och markåtgärd och/eller byggnadsåtgärd. Något särskilt skydd mot brandspridning från pölbränder erfordras inte för byggnader som uppförs på avstånd längre än 25 m från närmsta vägkant eller 10 m från dike med avåkningsskydd (Figur 16). Fastigheter som har planerad bebyggelse inom 25 meter från Huddingevägen inkluderar Ärtåkern och Rågrian.

Byggnaden tillhörande Rågrian, placerad ca 13 meter från Huddingevägen, ligger upphöjt i förhållande till Huddingevägen, visat i Figur 17. Detta bedöms ge en naturlig invallning, vilket minskar individrisken för platsen väsentligt, se Figur 16.

Planerad bebyggelse på Ärtåkern ligger i ungefär samma höjdled som Huddingevägen (se Figur 17) vilket medför en större risk för att pölbränder sprider sig till planområdet. Avstånden till Huddingevägen är mellan 23 och 30 meter vilket medför att individrisken ligger inom nedre delen av ALARP. För att minska individrisken föreslås två alternativ. Det första är att förse vägsnittet förbi Ärtåkern med invallning eller dylikt för att hindra brandfarlig vätska att rinna mot området. Denna åtgärd bör även komma med något form av avåkningsskydd för att hindra lastbilen med farligt gods från att hamna på fel sida invallningen. Det andra alternativet är att förse byggnaderna med brandklassade fasader. I och med att endast den byggnaden på Ärtåkern som ligger närmast Huddingevägen ligger inom ALARP bedöms nämnda riskreducerande åtgärd endast nödvändiga för den byggnaden. Åtgärden skulle reducerad individrisken enligt Figur 16.



**Figur 16. Individriskreduktion till följd av brandklassade fasade eller invallning och avåkningsskydd längs Huddingevägen.**

Enligt Länsstyrelsen i Stockholm län rekommenderas ett generellt ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter från sekundär transportled med farligt gods. Byggnaderna på fastigheten Ärtåtern ligger strax under 25 meter. Riskutredningen visar på en risknivå inom lägre delen av ALARP utan skyddsåtgärder och att utförandet rekommenderade skyddsåtgärder i form av invallning eller brandklassad fasad sänker risknivån till under ALARP.

Parkeringshuset som planeras på fastigheten Rågrän ligger på ett väsentligt kortare avstånd än 25 meter. I och med höjdskillnaden i förhållande till Huddingevägen bedöms dock risknivån ligga på en acceptabel nivå. I parkeringshus förväntas heller inte stadigvarande vistelse och dessutom betraktas byggnaden som mindre skyddsvärd än bostäder enligt Länsstyrelsen (se Figur 2). Med möjlighet att utrymma bort från Huddingevägen görs den samlade bedömningen en acceptabel skyddsnivå kan uppnås trots de korta avståndet till Huddingevägen. Att utföra parkeringshusets fasad i obrännbart material bör även övervägas utifrån rimlighetsprincipen.



**Figur 17. Fotografi från vägavsnitten förbi Rågrän (till vänster) där parkeringshus planeras respektive Ärtåtern (till höger) där bostadsbyggnader planeras. Bilderna är tagna från Google Maps [23] [24].**

### 5.2.3 Skydd mot explosion

Åtgärder mot massexplosion, BLEVE och gasmolnsexplosion (som skulle kunna påverka planområdet, men ändå väldigt osannolikt) är ofta dyra och svåra att genomföra och ger begränsad effekt, åtminstone när explosionen sker i det fria.

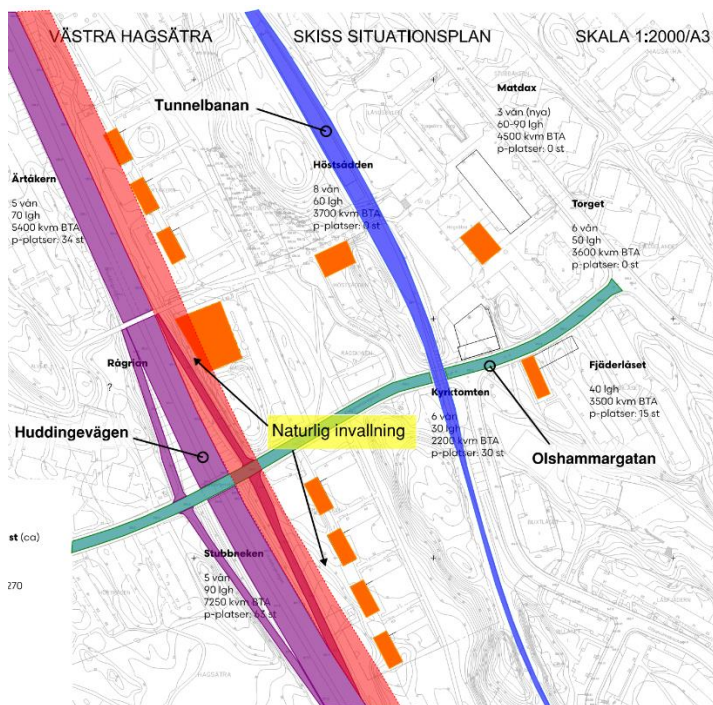
Då inga lokala målpunkter identifierats med hantering av explosiva ämnen inom planområdet bedöms också förekomsten av transport av explosiva ämnen förbi planområdet som sällsynt. Därmed anses skydd mot explosion inte nödvändigt.

### 5.2.4 Disponering av byggnader och område

När en olycka inträffar och räddningstjänsten beslutar om en utrymning av intilliggande fastigheter är det rimligt att denna utrymning ska kunna ske så säkert som möjligt. Om det föreligger risk för utveckling av giftiga gasmoln eller strålningsinverkan från pölbränder är det lämpligt att möjliggöra utrymning bort från dessa riskkällor. Strålningsinverkan från pölbränder på Huddingevägen samt giftiga gasmoln kan påverka byggnaderna med placering närmast vägen. Det bör därför finnas utrymningsvägar riktade bort från Huddingevägen för byggnader på fastigheterna Ärtäkern, Rågrian och Stubbneken.

### 5.2.5 Sammantagen bedömning om riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder bedöms vara nödvändiga framförallt för byggnader som planeras att uppföras närmare än 25 meter från Huddingevägen (se Figur 18). Detta dels på grund av den beräknade individrisken på det avståndet ligger om ALARP (utan naturlig invallning) och dels på grund av Länsstyrelsens generella rekommendationer om ett bebyggelsefritt avstånd på 25 meter från sekundär transportled.



Figur 18. Avstånd 25 meter från Huddingevägen som medför individrisk inom ALARP och generella rekommendationer från Länsstyrelsen.



## 6 Slutlig riskvärdering och rekommendationer

### 6.1 Allmänt

---

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvens och den skada de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka kan skador på människor och egendom inträffa på de rekommenderade skyddsavstånden. Planområdets läge och utformning ger dock ett bra skydd mot de vanligaste förekommande olyckorna.

### 6.2 Riskvärdering

---

Avståndet från planområde till närmaste klassade transportleder för farligt gods, Huddingevägen, varierar mellan fastigheterna. Två av byggnaderna ligger närmare Huddingevägen än Länsstyrelsens allmänna rekommendation om minst 25 meter. Flera av byggnaderna ligger dessutom inom 40 meter från Huddingevägen, för vilket Länsstyrelsen generellt inte rekommenderar upprättandet av bostäder (se avsnitt 2.2). Då planområdet befinner sig inom det riskhanteringsavstånd på 150 m som anges i riskpolicy (se avsnitt 2.2.2) bör området och byggnaderna utformas för att minska skadorna vid en ev. olycka.

Explosionsskydd bedöms inte vara en rimlig skyddsåtgärd eftersom transporter av explosiva ämnen förbi planområdet är begränsade och åtgärderna ofta är kostsamma.

Åtgärder för att minska risken vid giftiga gasutsläpp bedöms som rimliga för byggnader närmast Huddingevägen. Detta med avseende på det korta avståndet och att åtgärden är relativt enkel att implementera. Notera dock att de beräkningarna som utförts för Huddingevägen visar att sannolikheten för en olycka med giftig gas är mycket liten.

### 6.3 Rekommendationer

---

För Huddingevägen visar bedömningen att individrisken för en byggnad på fastigheten Ärtåtern ligger inom nedre delen av ALARP-området och resterande byggnader ligger under nedre ALARP-gränsen. Byggnaden på Ärtåtern och parkeringsgaraget på Rågrian ligger under 25 meter från Huddingevägen vilket är de mista bebyggelsefria avståndet från sekundära transportleder som generellt rekommenderas av Länsstyrelsen. Följande skyddsåtgärder anser Briab behöver vidtas för att nå en betryggande säkerhet för den planerade bebyggelsen i planområdet:

- Invallning och avåkningsskydd bör införas längs vägavsnittet förbi byggnaden närmast vägen på fastigheten Ärtåtern. Alternativt förse byggnaden med brandklassad fasad (EI30).



- Parkeringshuset bör upprättas med obrännbar fasad med hänsyn till det korta avståndet till Huddingevägen (under 25 meter).
- Det bör finnas utrymningsvägar riktade bort från Huddingevägen för byggnader som planeras närmast Huddingevägen (fastigheterna Ärtåkern, Rågrian och Stubbneken).

Utöver skyddsåtgärderna som listas ovan rekommenderar också Briab att friskluftsintag placeras högt och bort från Huddingevägen för byggnader som planeras närmast Huddingevägen (fastigheterna Ärtåkern, Rågrian och Stubbneken).

Rekommenderade åtgärder bör vägas mot kostnadseffektiviteten med avseende på att individrisken enligt beräkningar redan ligger inom nedre ALARP-området.

## 6.4 Andra aspekter att beakta

---

Förutom de mått på olycksrisker som utretts i denna rapport (med avseende på transport av farlig gods) finns andra faktorer som bör beaktas i planprocessen med hänsyn till lämpligheten för planerad bebyggelse. Exempel på andra aspekter är hänsyn till buller, luftkvalitet, översvämningsrisker och räddningstjänstens insats mot byggnader.

Byggnader uppförs ibland med förutsättning att räddningstjänstens stegmateriel ska användas som en av utrymningsvägarna. Detta bör beaktas i planprocessen så att utrymningsmöjligheterna inte omöjliggörs i plan.

Det är också nödvändigt för räddningstjänstens fordon att ha körbar åtkomst till byggnadernas närhet, för att kunna etablera en släckinsats.





## 7 Referenser

- [1] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [3] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003b.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Stockholm, 2000.
- [5] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," 2016.
- [7] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [8] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [9] WSP Analys & Strategi, "Analyser av transporter med farligt gods," WSP Sverige AB, Stockholm, 2016.
- [10] Trafikverket, "NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket#>. [Använd 31 Januari 2018].
- [11] Trafikverket, "Tindra (Stickprov) - Årsmedelsdygn," Trafikverket, 01 01 2013. [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=10810024&laenkrollista=2&typ=Stickprov>. [Använd 27 11 2019].
- [12] Trafikverket, "Tindra (Stickprov) - Årsmedelsdygn," 2017. [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=10810024&laenkrollista=2&typ=Stickprov>. [Använd 27 07 2020].
- [13] Transportstyrelsen, "Strada Uttagswebb," Transportstyrelsen, 08 2019. [Online]. Available: <https://strada.transportstyrelsen.se/stradauttag/>. [Använd 08 2019].



- [14] Sweco Society AB, "Statistik om Stockholm Basområdeslistan," Stockholms stads Stadsledningskontor, Stockholm, 2018.
- [15] Fogas, "Gasolflaskor," [Online]. Available: <http://fogas.se/gasolflaskor/index.html>. [Använd 04 09 2019].
- [16] Circle K, "Biodrivmedel," [Online]. Available: [https://www.circlek.se/sv\\_SE/pg1334117227267/privat/drivmedel/biodrivmedel.html](https://www.circlek.se/sv_SE/pg1334117227267/privat/drivmedel/biodrivmedel.html). [Använd 04 09 2019].
- [17] AGA Gas, "AGA Gas 24/7," 2019. [Online]. Available: [http://ig.aga.se/24\\_7](http://ig.aga.se/24_7). [Använd 04 09 2019].
- [18] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Aga Gas AB," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [19] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Gasnätet Stockholm AB," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [20] Storstockholms brandförsvär, "Information till allmänheten enligt Sevesolagstiftningen - Sandvik i Västberga," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.
- [21] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appandice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [22] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.
- [23] Google, "Google Maps Street View," juni 2019. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/@59.2624777,18.0090411,3a,75y,35.62h,86.9t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQhWVlJvZP7hsHx4B5NN5jg!2e0!7i16384!8i8192>. [Använd 28 11 2019].
- [24] Google, "Google Maps Street View," April 2019. [Online]. Available: [https://www.google.com/maps/@59.2613376,18.0101805,3a,75y,30.77h,85.46t/data=!3m6!1e1!3m4!1sdBO6RhNvF\\_XbUzcZE2v5g!2e0!7i16384!8i8192](https://www.google.com/maps/@59.2613376,18.0101805,3a,75y,30.77h,85.46t/data=!3m6!1e1!3m4!1sdBO6RhNvF_XbUzcZE2v5g!2e0!7i16384!8i8192). [Använd 28 11 2019].
- [25] Länsstyrelsen Stockholms Län, "WebbGIS planeringsunderlag," 2018. [Online]. Available: <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>.
- [26] Trafikverket, *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2014-2040-2060*, Borlänge: Trafikverket, 2018.
- [27] Trafikkontoret, "Trafikflöden per dygn," Stockholms stad, Stockholm, 2019.



## Bilagor

Nedan följer en översikt över innehållet i de bifogade bilagorna. Bilagorna presenteras i åtta separata dokument (bilaga A, B, C, D, F, G och H) i PDF-paketet.

A	Statistik- och sannolikhetsteori
B	Trafikflöden
C	Frekvenser för olyckor med farligt gods
D	Konsekvenser av olyckor med farligt gods
F	Risknivåer utmed transportleder för farligt gods
E	Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning
G	Känslighetsanalys
H	Säkerhetshöjande åtgärder





## Bilaga A – Sannolikhets- och statistikteori



Utredning i samband med planarbetet för Hagsätra,  
Stockholms kommun

2020-07-30



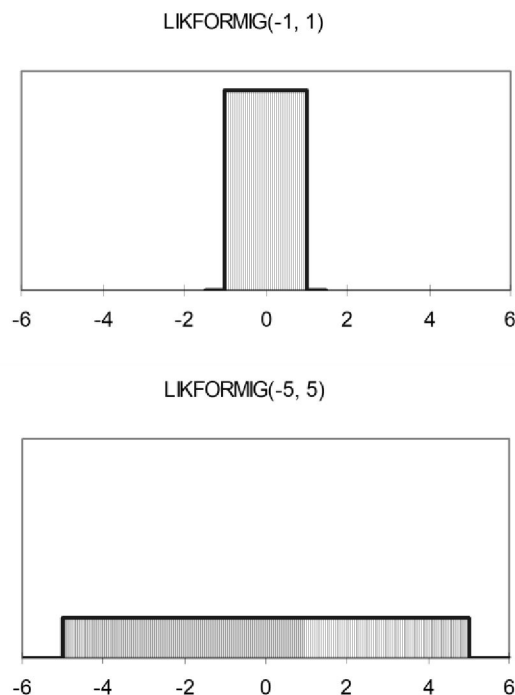
## A. Sannolikhets- och statistikteori

Vid beskrivning av modellerna för frekvens- och konsekvensberäkningar används genomgående ett antal statistiska och sannolikhetssteoretiska begrepp, vilka förklaras i detta kapitel.

*Väntevärdet*,  $\mu$  uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

*Standardavvikelsen*,  $\sigma$  är ett mått på en fördelnings spridning. Osäkerheten i en variabels värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 1 nedan.

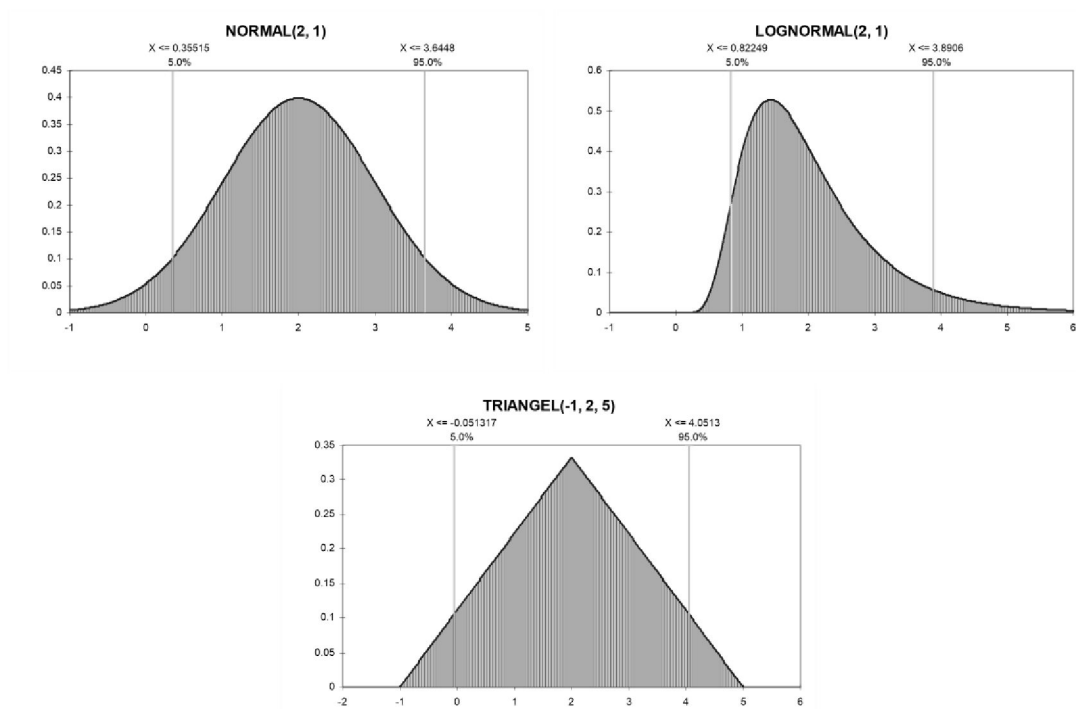
*Variationskoefficienten*, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, dvs.  $VK = \sigma/\mu$ . Variationskoefficienten anges ofta i procent.



**Figur 1.** Om man jämför två likformiga fördelningar där den ena går från  $-1$  till  $1$  och den andra från  $-5$  till  $5$  inses att båda har väntevärdet  $0$ , men det är uppenbart att den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzich<sup>1</sup> anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 2.

<sup>1</sup> Frantzich, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.



Figur 2. Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangelfördelning.



## Bilaga B Trafikflöden



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30

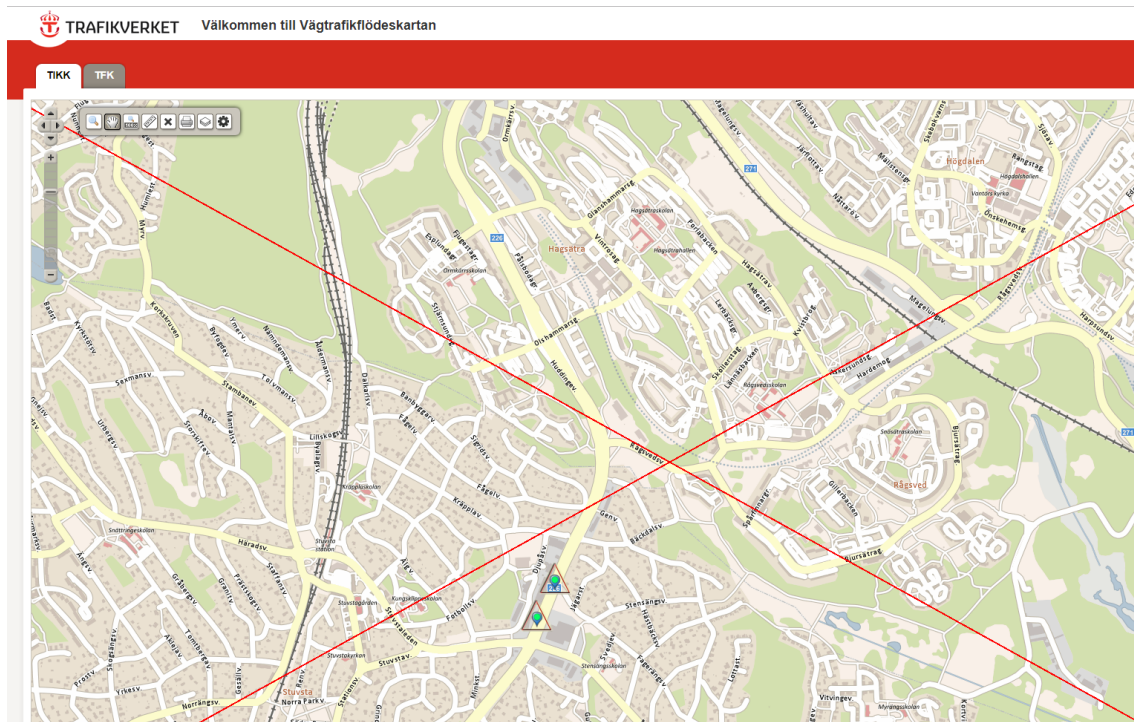


## B. Trafikflöden

### B.1 Vägtrafik

#### B.1.1 Huddingevägen

Årsmedeldygnstrafiken år 2017 för Huddingevägen är 40 200 fordon, varav 4 450 lastbilar. Aktuell mätpunkt visas i Figur 1 och trafikuppgifter från Vägtrafikflödes kartan visas i Figur 2. De röda kryssen visar att mätpunkten som saknar avsnittsutbredning. I varje ny kartversion som skapas kommer några avsnitt att vara drabbade av denna brist pga att det sker vägnätsförändringar i vägnätet.



Figur 1. Aktuell vägsträcka av Huddingevägen.

Avsnitt: 10810024 Län: AB Vägnummer: 226

#### Årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mättriktning	ÅDT(OS) Samtliga fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
10810024	1994-01-01	1996-01-01	2	1993	1	15410±(8%)	940±(14%)	15980±(8%)
10810024	1996-01-01	1997-01-01	2	1996	1	15390±(8%)	1090±(12%)	15960±(8%)
10810024	1997-01-01	2001-01-01	2	1997	1	15420±(8%)	1050±(12%)	15960±(8%)
10810024	1997-01-01	2001-01-01	2	1997	2	15080±(8%)	1040±(13%)	15620±(8%)
10810024	2001-01-01	2005-01-01	2	2001	1	16190±(10%)	1230±(10%)	16740±(10%)
10810024	2001-01-01	2005-01-01	2	2001	2	16150±(10%)	1240±(10%)	16770±(10%)
10810024	2005-01-01	2009-01-01	2	2005	1	17380±(9%)	1420±(11%)	17990±(9%)
10810024	2005-01-01	2009-01-01	2	2005	2	17540±(8%)	1410±(9%)	18210±(8%)
10810024	2009-01-01	2013-01-01	2	2009	1	17740±(8%)	1410±(12%)	18480±(8%)
10810024	2009-01-01	2013-01-01	2	2009	2	18300±(8%)	1640±(11%)	19130±(8%)
10810024	2013-01-01	2017-01-01	2	2013	1	18620±(7%)	1680±(10%)	19480±(7%)
10810024	2013-01-01	2017-01-01	2	2013	2	18050±(7%)	1820±(10%)	18840±(7%)
10810024	2017-01-01	9999-12-31	2	2017	1	20140±(7%)	2150±(8%)	20910±(7%)
10810024	2017-01-01	9999-12-31	2	2017	2	20060±(7%)	2300±(8%)	20890±(7%)

Figur 2. Trafikuppgifter på aktuell vägsträcka av Huddingevägen.



Bilaga C  
Frekvenser för olyckor med farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30





## C. Frekvenser för olycka med farligt gods

### C.1 Generella indata

#### C.1.1 Olycksriktning

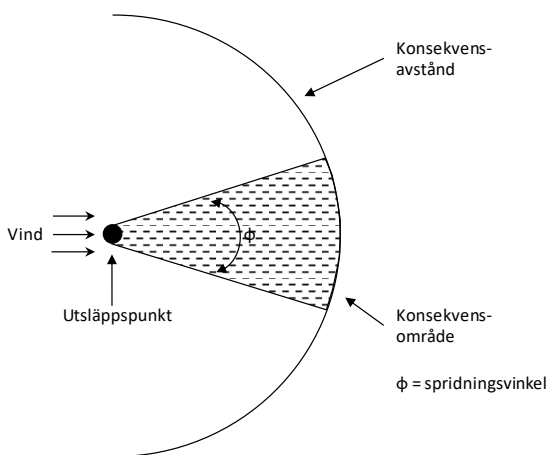
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I Tabell 1 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 1. Korrektion för olyckans riktning.

Scenario	Beskrivning	Korrigerig
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen <sup>1</sup> (22°)	$22 / 360 = 0,061$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen <sup>1</sup> (22°)	$22 / 360 = 0,061$
Jetflamma	Riktning uppåt, mot eller bort <sup>2</sup>	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning mot eller bort <sup>3</sup>	$1/2 = 0,50$
Urspåring	På båda sidor om spåret	1,0

#### C.1.2 Spridningsvinkel

Giftmoln driver iväg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 1 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 2.



Figur 1. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

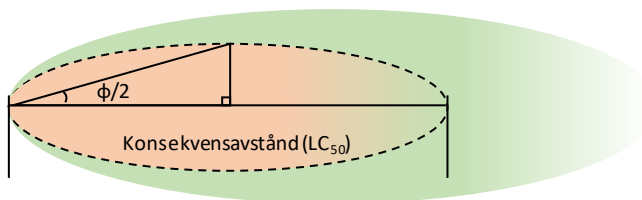
<sup>1</sup> I avsnitt C.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

<sup>2</sup> Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

<sup>3</sup> Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.



Vid halva avståndet till LC50 (se Figur 2) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.



**Figur 2. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.**

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 2. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i bilaga D.

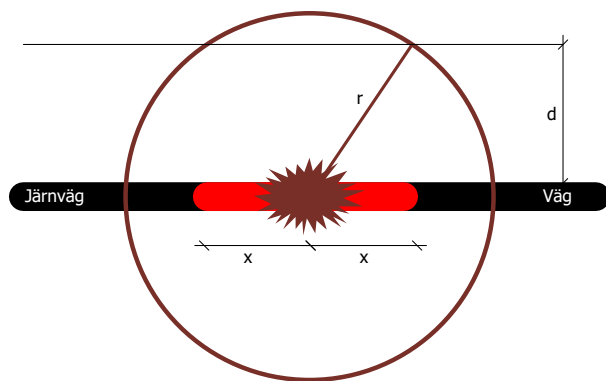
**Tabell 2. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.**

Stabilitetsklass	Vindhastighet	Spridningsvinkel
Instabil	1–4 m/s	29–31°
Neutral	2–8 m/s	15–29°
Stabil	1–4 m/s	11–33°

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se bilaga D) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

### C.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas i avsnitt 3.2 utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 3.



**Figur 3. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.**



Om olyckan har utbredningen  $r$  så måste olyckan inträffa på sträckan  $2x$  för att ge en påverkan på avståndet  $d$  från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där  $d \leq r$ , eftersom om  $d > r$  blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats<sup>4</sup> kan  $x$  beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen  $r$  påverkar avståndet  $d$  vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2} / 1000$$

I Tabell 3 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

---

<sup>4</sup> Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.

**Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.**

Olyckan når	Avstånd (d) som studeras, m																										
	(r), m	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
5		0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10		0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15		0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20		0,04	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25		0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30		0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35		0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40		0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45		0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50		0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55		0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60		0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65		0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70		0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75		0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80		0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
95		0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-
100		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
110		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	-	-	-	-	-
120		0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,10	-	-	-	-
130		0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,10	-	-	-
140		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	0,10	-	-

150	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11	-
160	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,15	0,11
170	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16
180	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20
190	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,23
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74

**Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)**

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m														
	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0,20	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,24	0,21	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	0,41	0,39	0,38	0,35	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
280	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-	-
300	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-	-	-	-	-
320	0,55	0,54	0,53	0,51	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-	-	-	-	-
340	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23	-	-	-	-
360	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,24	-	-	-
380	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41	0,34	0,24	-	-
400	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48	0,42	0,35	0,25	-



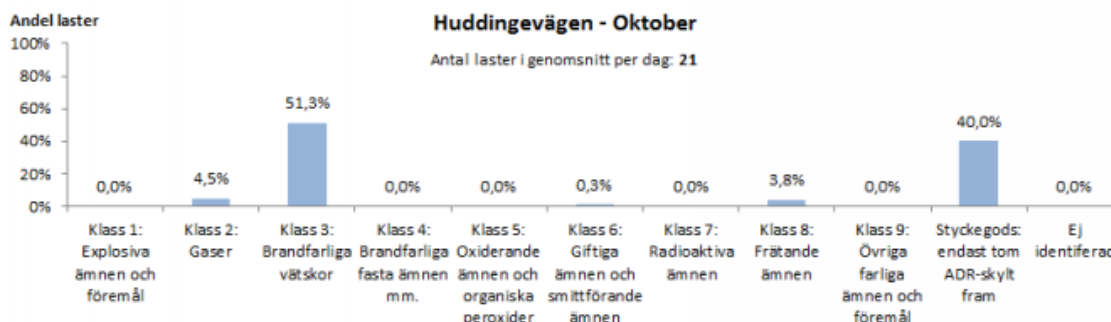


## C.2 Transportstatistik

### C.2.1 Transport på Huddingevägen

I avsnitt 3.2 redovisas transportarbetet för tung trafik på berörda vägar. Transportarbete kombineras med mätningar av WSP Analys och Strategi år 2015 (*Analyser av transporter med farligt gods – Mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015*) för att bedöma antalet fordon lastade med farligt gods som trafikerar Huddingevägen förbi planområdet.

I Figur 4 redovisas en sammanställning av mätningarna avseende transport av farligt gods på Huddingevägen förbi planområdet i oktober 2015. Om man bortser från styckegods så är den största andelen (51%) utgörs av brandfarliga vätskor och den näst största (4,5%) består av gaser. Andelen tunga transporter med farligt gods uppmättes till totalt 0,5% vilket riskanalysen utgår ifrån.



Figur 4. Sammanställning av fördelning farligt gods baserat på klass för Huddingevägen förbi planområdet.



## C.2.2 Uppdelning inom resp. ADR/RID-klass

Utöver den uppdelningen i olika ADR/RID-klasser krävs kännedom om fördelningar inom resp. klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar ADR/RID-klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 alternativt 1.4 som explosivämnen i ADR/RID-klass 1 tillhör. ADR/RID-klass 1.4 kan nämligen inte ge upphov till skador som påverkar omgivningen. Underlag redovisas i Tabell 4 och bygger på data från Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer<sup>5</sup> då detaljerad regional statistik inte finns att tillgå.

**Tabell 4. Uppdelning av farligt gods inom resp. ADR/RID-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.**

ADR/RID-klass	Underklass	Andel inom ADR-klass (väg)	Andel inom RID-klass (järnväg)
1	Explosivt	10 %	25 %
	Övrigt <sup>6</sup>	90 %	75 %
2	Giftigt	54 %	60 %
	Brandfarligt	12 %	10 %
	Övrigt <sup>6</sup>	34 %	30 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	75 %	75 %
	Brandfarligt och giftigt	8 %	8 %
	Övrigt <sup>6</sup>	17 %	17 %
5	Explosivt	5 %	5 %
	Övrigt <sup>6</sup>	95 %	95 %
6	Flytande	72 %	72 %
	Övrigt <sup>6</sup>	28 %	28 %

## C.3 Scenarier

C.2.2 redovisar uppdelningen mellan olika RID-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns redovisad i Tabell 4 och förtydligas nedan.

### *Explosivämnen (ADR/RID-klass 1)*

Explosivämnen kan detonera pga. stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller pga. felaktiga förpackningar.

- ♦ Andel massexplosiva varor är 25 % för järnväg och 10 % för väg.

### *Gaser (ADR/RID-klass 2)*

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

<sup>5</sup> Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

<sup>6</sup> Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.



- ♦ Andelen giftiga gaser är 60 % för järnväg och 54 % för väg.
- ♦ Andelen brännbara gaser är 10 % för järnväg och 12 % för väg. Om utsläpp sker kan följande inträffa<sup>7,8,9</sup>:
  - Ingen antändning, 30 %.
  - UVCE, 50 %.
  - BLEVE, 1 %.
  - Jetflamma, 19 %.
- ♦ Resterande andel utgörs av gaser som inte anses farliga, t.ex. kvävgas samt olika inerta gaser.

#### *Brandfarliga vätskor (RID-klass 3)*

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30° C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ♦ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 75 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas<sup>7,8</sup>:
  - Ingen antändning, 94 %
  - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ♦ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 8 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas<sup>7,8</sup>:
  - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
  - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

#### *Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor*

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom RID-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider.

---

<sup>7</sup> Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

<sup>8</sup> CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

<sup>9</sup> Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



- ♦ Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som kan orsaka explosion vid blandning med brännbar vätska på väg och järnväg är 5 %<sup>10</sup>.
- ♦ Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt.

#### *Giftiga ämnen (RID-klass 6)*

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

- ♦ Andelen flytande giftiga ämnen på väg och järnväg är 72 %.

#### *Frätande ämnen (RID-klass 8)*

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

## **C.4 Olyckor på väg**

De allra flesta olyckor med transport av farligt gods är i grunden trafikolyckor vid vilka tankens skadas och utsläpp sker. Beräkning av antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods kan göras med en modell som bygger på kännedom om:

1. Trafikarbete uttryckt som antal fordonskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per fordonskilometer.
3. Index för farligt godsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

### **C.4.1 Trafikarbete**

Trafikarbete för fordon som medför farligt gods beräknas för en referenstid av ett år och utgör ett underlag för att bedöma det årliga antalet olyckor med fordon som medför farligt gods. Antal fordon hämtas från avsnitt 3.2 och andelen som medför farligt gods från avsnitt C.2.1 där en dimensionerande andel antas vara 0,5%.

- ♦ Dimensionerande antal fordon som medför farligt gods på Huddingevägen är 6 285 fordon per år.

Trafikarbete,  $T$  beräknas för en vägsträcka på 1 km:

- ♦ Trafikarbete i form av antal axelparskilometer med transport av farligt gods på Huddingevägen är  $61\,188 \times 1,0 = 61\,188$  axelparskm per år.

### **C.4.2 Olycksfrekvens**

När olycksfrekvensen ska beräknas krävs kännedom om olyckskvoten, trafikarbetet och andelen singelolyckor. Modellen som beräknar antalet olyckor utgår från att alla olyckor är singelolyckor. Därför är det nödvändigt att kompensera för att fler än en bil

---

<sup>10</sup> Uppgifter gällande andelen oxiderande ämne från en detaljerad kartläggning av farligt gods i Helsingborgs stad där andelen oxiderande ämne med riskfras R9 "Explosivt vid blandning med brännbart material" har uppskattats.



kan vara inblandad i en trafikolycka. Detta kan lämpligen göras med en  
korrigeringsfaktor redovisad i



**Tabell 5** och **Tabell 6** och beräknad enligt nedanstående modell<sup>11</sup>:

$$K_s = Y + 2 \cdot (1 - Y)$$

Data avseende andel singelolyckor har kurvanpassats för att ge möjlighet att bedöma värden för hastighetsbegränsningar som ej finns redovisade i ursprungsmaterialet.

---

<sup>11</sup> Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.





**Tabell 5. Andel singelolyckor i stad<sup>12</sup>.**

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, $Y$	Korrigeringsfaktor, $K_s$
30 km/h	0,05	1,95
40 km/h	0,09	1,91
50 km/h	0,14	1,86
60 km/h	0,21	1,79
70 km/h	0,29	1,71
80 km/h	0,38	1,62
90 km/h	0,47	1,53
100 km/h	0,53	1,47
110 km/h	0,60	1,40
120 km/h	0,62	1,38

**Tabell 6. Andel singelolyckor på landsbygd.**

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, $Y$	Korrigeringsfaktor, $K_s$
30 km/h	0,05	1,95
40 km/h	0,09	1,81
50 km/h	0,11	1,89
60 km/h	0,22	1,78
70 km/h	0,31	1,69
80 km/h	0,40	1,60
90 km/h	0,47	1,53
100 km/h	0,53	1,47
110 km/h	0,58	1,42
120 km/h	0,62	1,38

Olycksfrekvensen  $OF$  uttryckt i förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods per fordonskilometer beräknas enligt nedanstående uttryck.

$$OF = O_k \cdot K_s$$

där:

$O_k$  = Olyckskvoten, vilken redovisas i avsnitt 3.2.

$K_s$  = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade, se i

<sup>12</sup> Notera att index för farligt-gods-olycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.



Tabell 5 och Tabell 6.

Olyckskvoter redovisas för resp. väg i avsnitt 3.2 och dimensionerande olycksfrekvenser beräknas till:

- ♦ Olycksfrekvens för Huddingevägen blir  $0,113 \times 1,80 = 2,03 \cdot 10^{-1}$  per axelparskilometer.

### C.4.3 Index för farligt godsolycka

VTI<sup>13</sup> anger ett index för farligt godsolycka, vilket ska tolkas som sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar. Indexet är beroende av hastigheten med vilken olyckan inträffar, se Tabell 7 och Tabell 8. VTI har i sin redovisning av olyckskvoten utgått från ett statistiskt underlag för 70 km/h och därefter har VTI antagit att olyckskvoten är proportionerlig mot rörelseenergin i kvadrat, ett samband som använts för att beräkna olyckskvoterna för övriga hastigheter.

Tabell 7. Index för farligt godsolycka för stad<sup>14</sup>.

Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,03
60 km/h	0,06
70 km/h	0,12
80 km/h	0,22
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Tabell 8. Index för farligt godsolycka för landsbygd<sup>15</sup>.

Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,09
60 km/h	0,12
70 km/h	0,15
80 km/h	0,19
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

<sup>13</sup> Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

<sup>14</sup> Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.

<sup>15</sup> Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter mindre än 50 km/h är baserade på uppgifter för stad då underlag saknas för landsbygd.



Index för farligt godsolycka i Tabell 7 och Tabell 8 gäller för tunnväggiga tankar, dvs. alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2. För dessa tankar är index för farligt godsolycka 1/30-del av värdet som anges där<sup>16</sup>.

Explosivämnen i ADR-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods då sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom fordonsbrand, vid kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Det finns statistik från Storbritannien (där transporter sker under liknande regelverk) som tydligt belyser risker med transport av explosivämnen. Frekvensen för detonation har bestämts till  $1,1 \cdot 10^{-9}$  per fordonskilometer<sup>17</sup>.

#### C.4.4 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt C.1.1 samt C.4.1-C.4.3 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

$OF$  är olycksfrekvensen, se avsnitt C.4.2.

$T$  är trafikarbetet i form av fordonskilometrar per år, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X}}$  är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$  är andelen inom resp. ADR-klass, se avsnitt C.2.2.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$  är index för farligtgodsolycka, se avsnitt C.4.3.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$  är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt C.3.

$K_{\text{riktn}}$  är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt C.1.1.

I Tabell 9 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

**Tabell 9. Frekvenser per år för respektive scenario vid vägtransport.**

Scenario	Huddingevägen
Klass 1 detonation	0,0E+00
Klass 2 BLEVE	4,7E-10
Klass 2 jetflamma	5,9E-09
Klass 2 UVCE	1,4E-09
Klass 2 giftmoln	1,3E-08
Klass 3 pölbrand (direkt)	2,2E-05
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	1,1E-05

<sup>16</sup> Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

<sup>17</sup> HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



Klass 3 giftmoln	4,6E-07
Klass 5 detonation	0,0E+00
Klass 6 giftmoln	3,4E-08
Klass 8	4,9E-06
<b>Summa:</b>	<b>3,9E-05</b>

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 9 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga D. För vägtransport står pölbränder vid utsläpp av ADR-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 67 % av antalet olyckor och utsläpp av ADR-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet för 32 %, vilka tillsammans utgör 99 % av de tänkbara olyckorna.



Bilaga D  
Konsekvenser av olyckor med farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30



## D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

### D.1 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

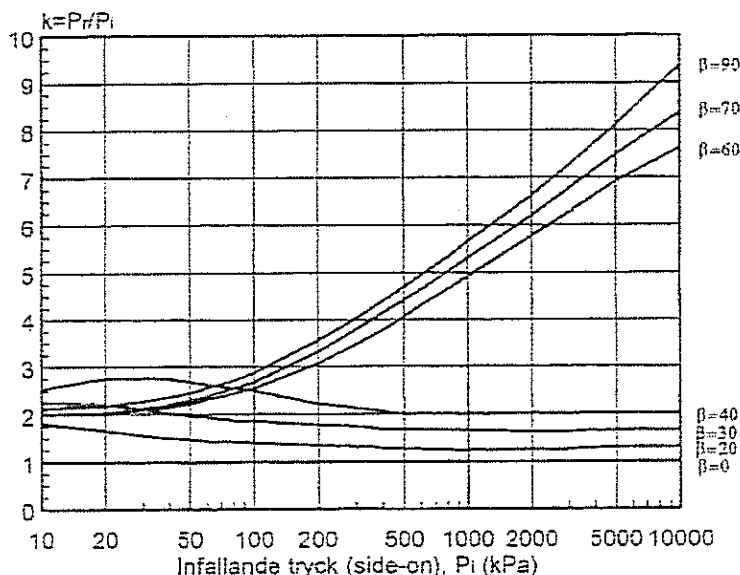
Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

#### D.1.1 Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i RID-klass 1 och RID-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik<sup>1</sup>:

- Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods. Laddningsvikten ökas 1,8 ggr för att ta hänsyn till att explosionen sker nära mark (och ej fritt i luften).
- Det skalade avståndet ( $r/Q^{1/3}$ ) beräknas där  $r$  är avståndet till laddningen och  $Q$  är den omräknade laddningsvikten.
- Med hjälp av information i Figur 1 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.



Figur 1. Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck där  $\beta = 90$  innebär vinkelrätt tryckinfall (dimensionerande värde).

<sup>1</sup> Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.





## D.1.2 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i RID-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet  $B$  med ekvationer<sup>2</sup> enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsvetenskapliga discipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl<sup>2</sup>. Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{1 + [(p/p_F) - 1](M_{luft}/M_F)} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{F_o} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{(h/C_{p_{luft}}) \cdot \ln(1+B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

$Y_{FW}$  = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

$Y_{F_o}$  = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

$Y_{FR}$  = Massfraktion bränsle i vätskepoolen.

$p$  = Lufttryck = 101,3 kPa.

$p_F$  = Ångtryck för bränsle i kPa.

$M_{luft}$  = Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.

$M_F$  = Molekylvikt för bränsle i g/mol.

$B$  = Dimensionslöst masstransporttal.

$Re$  = Reynolds tal, dimensionslöst.

$Nu$  = Nusselts tal, dimensionslöst.

---

<sup>2</sup> Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



$Pr_{luft}$  = Prandtl's tal för luft, dimensionslöst = 0,71.

$u$  = Vindhastighet, m/s.

$D_{eq}$  = Pölens ekvivalenta diameter<sup>3</sup>, m.

$A$  = Pölens area, m

$\nu$  = Kinematisk viskositet för luft =  $15,08 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

$h$  = Konvektivt värmeövergångstal, W/m<sup>2</sup>K.

$k_{luft}$  = Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.

$Q''$  = Massflöde från ytan, kg/m<sup>2</sup>s.

$Q$  = Massflöde från ytan, kg/s.

$C_{P_{luft}}$  = Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstande vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pölbrand (se avsnitt D.1.7).

### D.1.3 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en s.k. turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 \rho_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

$Q$  = Massflödet, kg/s.

$C_d$  = Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.

$A$  = Hålstorlek, m<sup>2</sup>.

$P_0$  = Tanktryck, Pa.

$P_a$  = Atmosfärstryck, Pa.

$\rho_f$  = Specifik volym hos vätskefas, m<sup>3</sup>/kg.

$F$  = Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

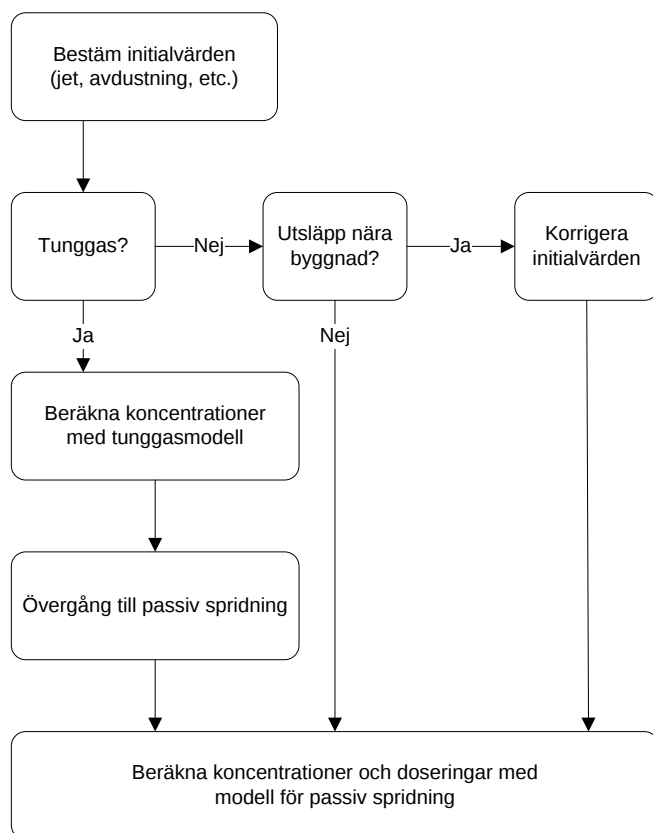
---

<sup>3</sup> Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepölen.



## D.1.4 Spridning i luft

Följande flödesschema<sup>4</sup> för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:



Figur 2. Flödesschema<sup>4</sup> för kontinuerliga utsläpp

### D.1.4.1 Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt D.1.2 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt D.1.3.

### D.1.4.2 Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen<sup>4</sup> bestäms med följande ekvationer:

#### Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

$\sigma_{y0}, \sigma_{z0}$  = Initiala utspädningskoefficienter i y- resp. z-led.

#### Tryckkondenserad gas

<sup>4</sup> Fischer, S. m.fl., *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker.* Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en s.k. turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$

#### D.1.4.3 Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left( \frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left( 1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[ 1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

$T_{g0}$  = Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är  $M_{F_{eff}} = M_F$ . Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet  $0 \leq x \leq x_{\max}$  varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om  $x_{\max}$  är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

#### D.1.4.4 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet  $0 \leq x \leq x_{\max}$  har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left( x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2 \cdot u} \quad (18)$$

$$K_r = \left( \frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2} \quad (19)$$

där

$X_{\max}$  = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m<sup>3</sup>.

$K_r$  = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).

$K_s$  = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.



$z_{01}$  = Referenslängd för skrovlighet (yråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[ \sigma_{y0}^{3/2} + 0,35 L_b^{1/2} x \right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left( x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$  = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$  = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

#### D.1.4.5 Övergång till passiv spridning

Vid  $x_{\max}$  är inte längre tunggasmodellen tillämpbar. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med  $x = x_{\max}$  och dessa värden på  $\sigma_y$  och  $\sigma_z$  används som initiala värden ( $\sigma_{y0}$  och  $\sigma_{z0}$ ) i modellen för passiv spridning.

#### D.1.4.6 Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$  = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m<sup>3</sup>.

$Q$  = Utsläppets källstyrka, kg/s.

$\sigma_y, \sigma_z$  = Dispersionskoefficienter i sid- och höjdlid

$u$  = Vindhastigheten, m/s.

$H$  = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjdlid beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$

där  $a$ ,  $b$ , och  $\gamma$  är parametrar som beror på rådande stabilitet;  $x_{y0}$  och  $x_{z0}$  är avstånden till s.k. virtuella källor, dvs. de koordinatförskjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt.  $K_{rp}$  anger en korrigering för underlagets skrovlighet



och  $K_{yt}$  för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är  $K_{rp} = 1$  och  $K_{yt}$  antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdetiden (500 s).

**Tabell 1. Konstanter för olika stabilitetsklasser**

Stabilitetsklass	$a_y$	$b_y$	$\gamma_y$	$a_z$	$b_z$	$\gamma_z$
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av  $x_{y0}$  och  $x_{z0}$ .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \text{ för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)} \text{ för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \text{ för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}a_z} \text{ för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$

$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}(\sqrt{2}-1)b_z}{a_z}} - 1}{2(\sqrt{2}-1)b_z} \text{ för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

$\sigma_{y0}$  och  $\sigma_{z0}$  är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt D.1.4.2

### D.1.5 BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$



$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

$D$  = Eldklotets diameter, m.

$m$  = Utsläppt massa brännbar vätska, kg.

$t_{BLEVE}$  = Eldklotets varaktighet, s.

$F_{21}$  = Synfaktor

$X$  = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.

$\tau$  = Andel av strålningen som transmittteras genom luften.

$p_w$  = Vattens ångtryck, Pa

$q_r$  = Avgiven strålning, kW/m<sup>2</sup>.

$X_E$  = Strålningsandel.

$\Delta h_c$  = Förbränningsvärme, kJ/kg.

$q_x$  = Mottagen strålning, kW/m<sup>2</sup>.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

### D.1.6 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9 t^{0,4} Q^{0,47} \quad (36)$$

där

$R_{s,50}$  = Riskavstånd till 50 % dödlighet, m

$t$  = Exponeringstid vid strålningspåverkan, s

$Q$  = Utsläppets källstryka, kg/s (se avsnitt D.1.3)

### D.1.7 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$





$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där:

$Q$  = Brandens effekt, kW.

$m''$  = Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m<sup>2</sup>.

$\Delta h_c$  = Förbränningsvärme, kJ/kg.

$A_p$  = Pölens area, m<sup>2</sup>.

$q_r$  = Avgiven strålning, kW/m<sup>2</sup>.

$X_e$  = Strålningsandel.

$F_{12}$  = Synfaktor

$X$  = Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.

$q_x$  = Mottagen strålning, kW/m<sup>2</sup>.

$\tau$  = Andel av strålningen som transmittas genom luften, se avsnitt D.1.5.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt D.2.3. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

### D.1.8 Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 m från tanken utsätts för dödliga skador.

## D.2 Indata

### D.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 2 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 2. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Sannolikhet	Vindhastighet (medelvärde)
Instabil	10 %	1,7 m/s
Neutral	50 %	4,4 m/s
Stabil	40 %	2,4 m/s



## D.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer<sup>5</sup>. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i bilaga A.

**Tabell 3. Generella indata till konsekvensberäkningarna.**

Variabel	Enhet	Värde
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65; 0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0; 2,0)

**Tabell 4. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol**

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet, järnväg
Litet	10 mm	1 kg/s	62.5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20.8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16.7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket<sup>6</sup>, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox<sup>7</sup> och CPQRA<sup>8</sup>.

**Tabell 5. Ämnesspecifika indata.**

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	
Densitet vätska	[kg/m <sup>3</sup> ]	830	1330	1460	605	750
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34845	-	-	46000	45000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,30
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	
Kokpunkt	[°C]	34	188			
Tanktryck	[kPa]			230	535	
Förbränningshastighet	[m/s]					0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m <sup>2</sup> /s]					0,048

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i klass 1 och klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO<sup>9</sup> och antar en fördelning enligt Tabell 6 nedan och gäller för både väg och järnväg.

**Tabell 6. Massa som deltar i explosion i klass 1.**

<sup>5</sup> Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

<sup>6</sup> Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

<sup>7</sup> Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

<sup>8</sup> Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

<sup>9</sup> HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



Massa, kg	Ack. sannolikhet	Massa, kg	Ack. sannolikhet
50	1,1 %	1 047	21,4 %
61	1,2 %	1 095	22,3 %
126	1,2 %	1 778	86,5 %
204	3,8 %	2 399	86,8 %
316	20,8 %	16 000	100,0 %
562	21,3 %		

Vid en olycka med klass 5 på väg kan lasten blandas med fordonets egna drivmedel, vilket antas ha ett medelvärde på 400 kg och ett minsta resp. ett största värde på 100 resp. 500 kg. En explosiv oxidator-bränsleblandning innehåller ca 13 % bränsle, vilket för 400 kg drivmedel ger  $400/0,13 = 3\,080$  kg explosiv blandning<sup>10</sup>.

Massan som deltar i explosionen är direkt relaterad till hur stor mängd bränsle som blandas med det oxiderande ämnet. För järnväg kan en tank med 25 ton oxiderande ämne kollidera med en vagn innehållande en stor mängd brandfarlig vätska. Den blandning som kan bildas motsvarar ca 25 ton massexplosiv vara.

### D.2.3 Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 7 nedan.

Skadekriterierna representerar LC<sub>50</sub>-värden, dvs. den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 7. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning<sup>11</sup> och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck <sup>12</sup>	260 kPa
Explosion – värmestrålning <sup>13</sup>	43 kW/m <sup>2</sup>
Värmestrålning – BLEVE <sup>13</sup>	31 kW/m <sup>2</sup>
Värmestrålning – brandfarliga varor <sup>13</sup>	14 kW/m <sup>2</sup>
Toxicitet – giftig gas <sup>14</sup>	2 200 mg/m <sup>3</sup> (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska <sup>15</sup>	4 900 mg/m <sup>3</sup> (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska <sup>16</sup>	186 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)

## D.3 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där

<sup>10</sup> Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilaga 2, 1997.

<sup>11</sup> Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

<sup>12</sup> HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

<sup>13</sup> Eldklotets varaktighet för explosion är ca 7 s och för BLEVE ca 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

<sup>14</sup> Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

<sup>15</sup> Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

<sup>16</sup> Representeras av dimetylsulfat, 30 min exponering (TEEL-3).

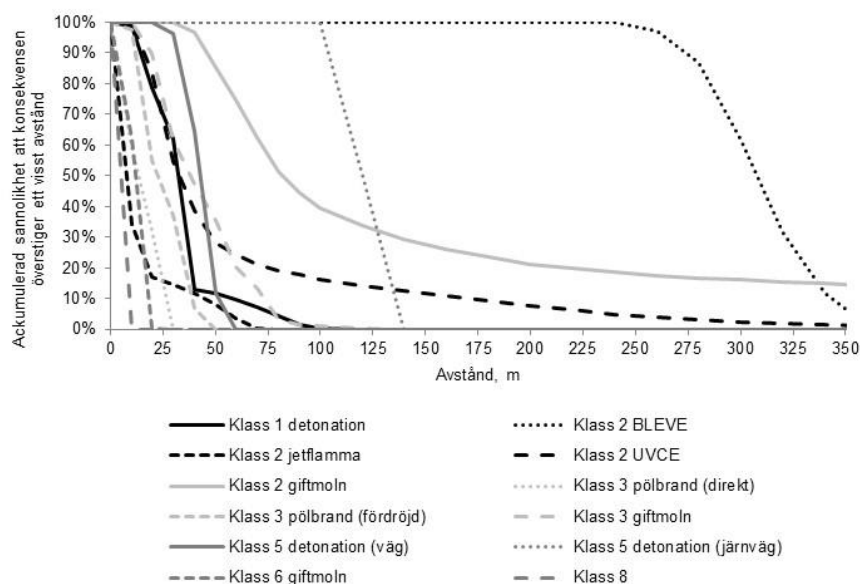


koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av s.k. probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration ( $LC_{50}$ ) eller kritisk värmestrålning).

Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmåten. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA<sup>17</sup>. Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

### D.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 3 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.



**Figur 3. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 m och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE når 340 m eller längre.**

Informationen i Figur 3 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I

Tabell 8 redovisas dessa värden.

**Tabell 8. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.**

<sup>17</sup> CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Syftet med Tabell 8 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 9. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.

Tabell 9. Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4%	-
10	1,2%	-	65,7%	-	-	40,8%	2,4%	-	-	-	29,8%	100,0%
15	0,0%	-	8,2%	1,0%	-	10,0%	37,5%	0,2%	-	-	34,3%	-
20	20,0%	-	9,1%	7,3%	-	16,9%	5,1%	1,5%	-	-	27,2%	-
25	0,2%	-	1,3%	19,2%	-	24,7%	7,6%	6,3%	0,0%	-	0,3%	-
30	16,7%	-	1,1%	17,6%	-	7,6%	10,2%	4,8%	3,7%	-	-	-
35	32,2%	-	1,3%	9,0%	-	0,0%	15,1%	6,1%	10,6%	-	-	-
40	16,6%	-	1,5%	5,9%	-	-	15,1%	3,7%	21,4%	-	-	-
45	0,6%	-	1,7%	6,7%	0,0%	-	6,7%	3,8%	29,3%	-	-	-
50	0,9%	-	2,0%	4,2%	0,3%	-	0,2%	3,3%	23,3%	-	-	-
55	1,0%	-	2,2%	2,5%	1,5%	-	-	4,2%	11,1%	-	-	-
60	1,1%	-	2,5%	1,9%	1,2%	-	-	6,9%	0,5%	-	-	-
65	1,2%	-	2,2%	1,6%	2,0%	-	-	7,1%	-	-	-	-
70	1,3%	-	1,0%	1,5%	3,7%	-	-	6,9%	-	-	-	-
75	1,3%	-	0,3%	1,2%	3,4%	-	-	5,7%	-	-	-	-
80	1,5%	-	0,0%	0,9%	2,7%	-	-	4,6%	-	-	-	-
85	1,4%	-	-	0,8%	2,9%	-	-	2,9%	-	-	-	-
90	1,2%	-	-	0,7%	2,3%	-	-	1,8%	-	-	-	-
95	0,7%	-	-	0,7%	2,0%	-	-	1,7%	-	-	-	-
100	0,7%	-	-	0,5%	2,1%	-	-	1,7%	-	-	-	-
110	0,2%	-	-	1,1%	4,2%	-	-	3,1%	-	12,5%	-	-
120	-	-	-	1,0%	3,1%	-	-	3,0%	-	37,5%	-	-
130	-	-	-	0,9%	3,8%	-	-	2,5%	-	25,0%	-	-
140	-	-	-	0,8%	3,2%	-	-	2,1%	-	25,0%	-	-
150	-	-	-	0,7%	3,3%	-	-	2,4%	-	-	-	-
160	-	-	-	0,7%	2,9%	-	-	3,1%	-	-	-	-
170	-	-	-	0,7%	4,2%	-	-	3,3%	-	-	-	-
180	-	-	-	0,8%	4,2%	-	-	3,0%	-	-	-	-

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
190	-	-	-	0,8%	4,1%	-	-	2,6%	-	-	-	-
200	-	-	-	0,8%	3,9%	-	-	1,6%	-	-	-	-
220	-	-	-	1,6%	6,6%	-	-	0,4%	-	-	-	-
240	-	0,0%	-	1,3%	3,8%	-	-	-	-	-	-	-
260	-	3,0%	-	1,2%	1,7%	-	-	-	-	-	-	-
280	-	10,1%	-	0,9%	1,2%	-	-	-	-	-	-	-
300	-	25,4%	-	0,8%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
320	-	29,5%	-	0,6%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
340	-	20,1%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
360	-	10,3%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
380	-	1,5%	-	0,3%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	0,2%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-





### D.3.2 Konsekvensområde, vid vall el. dyl.

I Tabell 10 redovisas hur den ackumulerade sannolikhetsfördelningen ändras när säkerhetsåtgärden vall el. dyl. används. Informationen i Tabell 10 används för att ta fram sannolikhetsfördelningar lika de som redovisas i avsnitt D.3.1, vilka sedan används för att beräkna risknivåer vid förekomst av vall el. dyl.

Tabell 10. Jämförelse av konsekvensområde utan och med vall el. dyl.

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt		Klass 3 pölbrand fördröjd		Klass 3, giftmoln		Klass 6, giftmoln	
	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%
5	100%	63%	100%	99%	100%	100%	92%	-
10	59%	40%	98%	57%	100%	94%	62%	-
15	49%	4%	60%	43%	97%	81%	28%	-
20	32%	-	55%	19%	89%	60%	-	-
25	8%	-	47%	1%	72%	48%	-	-
30	-	-	37%	-	62%	39%	-	-
35	-	-	22%	-	54%	30%	-	-
40	-	-	7%	-	47%	25%	-	-
45	-	-	-	-	40%	20%	-	-
50	-	-	-	-	35%	14%	-	-
55	-	-	-	-	27%	8%	-	-
60	-	-	-	-	21%	3%	-	-
65	-	-	-	-	17%	2%	-	-
70	-	-	-	-	13%	2%	-	-
75	-	-	-	-	7%	1%	-	-
80	-	-	-	-	3%	1%	-	-
85	-	-	-	-	2%	1%	-	-
90	-	-	-	-	1%	1%	-	-
95	-	-	-	-	1%	1%	-	-
100	-	-	-	-	1%	-	-	-
105	-	-	-	-	1%	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-
380	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-





Bilaga E  
Frekvenser och konsekvenser för mekanisk  
skada vid urspårning



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30



## E. Frekvenser och konsekvenser för mekanisk skada vid urspårning

### E.1 Frekvens för urspårning

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 1 visas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning. Det viktade värdet bygger på uppgifter i bilaga C där godståg står för 8,9% av urspårningarna.

**Tabell 1. Avstånd från spår för urspårade vagnar (basprognosen)<sup>1</sup>.**

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,5%	18,0%	2,3%	2,2%	0,0%
Godståg	70,3%	19,8%	5,5%	2,2%	2,2%
Viktat värde	76,9%	18,2%	2,6%	2,2%	0,2%

Enligt Tabell 1 varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg (se bilaga C) för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg.

### E.2 Konsekvenser av urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25–30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

---

<sup>1</sup> Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001



Bilaga F  
Risknivåer utmed transportleder för farligt gods



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30



## F. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

### F.1 Modell för beräkning av individrisk

#### F.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

##### *Olyckor med farligt gods*

Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i bilaga C. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga D och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

##### *Urspårningsolyckor*

För urspårningsolyckor används frekvensen för järnvägsolycka tillsammans med sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången är lika den som exemplifieras i avsnitt F.1.2 och F.1.3.

#### F.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga C redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1, Figur 1.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga D och C. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 1 nedan

Klass 1, detonation		Olyckan när						Olyckan när					
Avstånd		Avstånd som studeras						Avstånd som studeras					
		0	5	10	15	20		0	5	10	15	20	
0	0,0%	0	0,01	-	-	-	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0
5	1,2%	5	0,02	0,02	-	-	5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5
10	0,0%	10	0,03	0,03	0,02	-	10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10
15	20,0%	15	0,04	0,04	0,03	0,03	15	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15
20	0,2%	20	0,05	0,05	0,05	0,04	20	0,8%	0,8%	0,7%	0,5%	0,0%	20
25	16,7%	25	0,06	0,06	0,06	0,05	25	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25
30	32,2%	30	0,07	0,07	0,07	0,06	30	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,7%	30
35	16,6%	35	0,08	0,08	0,08	0,07	35	2,3%	2,2%	2,2%	2,0%	1,8%	35
40	0,6%	40	0,09	0,09	0,09	0,08	40	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%	40
45	0,9%	45	0,10	0,10	0,10	0,10	45	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	45
50	1,0%	50	0,11	0,11	0,11	0,11	50	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	50
55	1,1%	55	0,12	0,12	0,12	0,12	55	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	55
60	1,2%	60	0,13	0,13	0,13	0,13	60	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	60
65	1,3%	65	0,14	0,14	0,14	0,14	65	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	65
70	1,3%	70	0,15	0,15	0,15	0,15	70	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	70
75	1,5%	75	0,16	0,16	0,16	0,16	75	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	75
80	1,4%	80	0,17	0,17	0,17	0,17	80	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	80
85	1,2%	85	0,18	0,18	0,18	0,18	85	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	85
90	0,7%	90	0,19	0,19	0,19	0,19	90	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	90
95	0,7%	95	0,20	0,20	0,20	0,20	95	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	95
100	0,2%	100	0,22	0,22	0,22	0,22	100	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	100
110	0,0%	110	0,24	0,24	0,24	0,24	110	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	110
120	0,0%	120	0,26	0,26	0,26	0,26	120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	120

Figur 1. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i klass 1.



**Tabell 1. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.**

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
0	7,4%	63,6%	3,6%	13,2%	25,5%	3,5%	5,3%	16,6%	8,9%	25,2%	2,8%	2,0%
5	7,3%	63,6%	3,4%	13,2%	25,5%	3,3%	5,1%	16,6%	8,9%	25,2%	2,6%	1,7%
10	7,0%	63,6%	2,2%	12,9%	25,4%	2,4%	4,7%	16,5%	8,7%	25,2%	1,7%	0,0%
15	6,6%	63,5%	1,8%	12,6%	25,4%	1,8%	3,6%	16,2%	8,4%	25,1%	0,7%	0,0%
20	5,6%	63,5%	1,5%	11,9%	25,2%	1,1%	3,2%	15,9%	8,0%	24,9%	0,0%	0,0%
25	5,0%	63,4%	1,4%	10,8%	25,1%	0,3%	2,5%	15,3%	7,3%	24,7%	0,0%	0,0%
30	3,8%	63,3%	1,3%	9,9%	24,9%	0,0%	1,8%	14,7%	6,4%	24,5%	0,0%	0,0%
35	2,3%	63,2%	1,1%	9,3%	24,7%	0,0%	1,0%	14,1%	5,1%	24,3%	0,0%	0,0%
40	1,6%	63,1%	1,0%	8,8%	24,4%	0,0%	0,3%	13,5%	3,5%	23,9%	0,0%	0,0%
45	1,5%	63,0%	0,8%	8,3%	24,1%	0,0%	0,0%	12,9%	1,8%	23,6%	0,0%	0,0%
50	1,3%	62,7%	0,6%	8,0%	23,7%	0,0%	0,0%	12,2%	0,5%	23,2%	0,0%	0,0%
55	1,2%	62,7%	0,4%	7,7%	23,3%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	22,7%	0,0%	0,0%
60	1,0%	62,5%	0,2%	7,5%	22,8%	0,0%	0,0%	10,6%	0,0%	22,2%	0,0%	0,0%
65	0,9%	62,3%	0,1%	7,2%	22,2%	0,0%	0,0%	9,8%	0,0%	21,6%	0,0%	0,0%
70	0,7%	62,0%	0,0%	7,0%	21,6%	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	21,0%	0,0%	0,0%
75	0,5%	61,8%	0,0%	6,8%	20,9%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	20,3%	0,0%	0,0%
80	0,4%	61,6%	0,0%	6,7%	20,3%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	19,5%	0,0%	0,0%
85	0,2%	61,3%	0,0%	6,5%	19,7%	0,0%	0,0%	7,3%	0,0%	18,6%	0,0%	0,0%
90	0,1%	61,0%	0,0%	6,3%	19,2%	0,0%	0,0%	6,9%	0,0%	17,6%	0,0%	0,0%
95	0,1%	60,7%	0,0%	6,2%	18,6%	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	16,5%	0,0%	0,0%
100	0,0%	60,4%	0,0%	6,0%	18,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	15,2%	0,0%	0,0%
110	0,0%	59,7%	0,0%	5,7%	16,9%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	11,4%	0,0%	0,0%
120	0,0%	58,9%	0,0%	5,4%	15,7%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%
130	0,0%	58,0%	0,0%	5,1%	14,5%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
140	0,0%	57,1%	0,0%	4,8%	13,4%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

[illegible]



### F.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 m, dvs. beräknas var femte meter från vägkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR/RID-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för vart olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram (se avsnitt 5).

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *pölbrand av brandfarlig vätska klass 2*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot är  $1,1 \times 10^{-5}$  per kilometer och år. Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 2. Beräkning av individrisk för transport av explosiva ämnen i ADR-klass 3.

Avstånd	Sannolikheten att konsekvensen når ett visst avstånd på en sträcka av 1 km	Väg
0	100%	2,2E-05
10	59%	1,3E-05
20	32%	7,1E-06
30	0%	0,0E+00
40	0%	0,0E+00
50	0%	0,0E+00
60	0%	0,0E+00
70	0%	0,0E+00
80	0%	0,0E+00
90	0%	0,0E+00
100	0%	0,0E+00

## F.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario (se avsnitt 4.2.3) som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten. Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.

### F.2.1 Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.

*Befolkningstäthet*



Befolkningstätheten beräknas i avsnitt 3.4 och sammanfattas i Tabell 3 nedan.

**Tabell 3. Underlag för befolkningstäthet.**

	2018 (statistik från SCB)	2028 (Stockholm Stads prognos)	2040 (linjär extrapolation)
Befolkningstäthet [personer/km <sup>2</sup> ]	6565	7743	8673

När befolkningstätheten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten<sup>1</sup>. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

#### *Påverkansområde*

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. De finns tre olika typer av påverkansområde:

- ♦ Cirkulär utbredning, t.ex. bränder och explosioner.
- ♦ Konformad utbredning, t.ex. utsläpp av giftig gas.
- ♦ Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m<sup>2</sup>) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ( $A = \pi r^2$ ) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln<sup>2</sup> ( $A = \varphi \pi r^2$ ).

## **F.2.2 Beräkning av samhällsrisk**

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se

Tabell 4. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 4 besvaras.

<sup>1</sup> TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

<sup>2</sup> Mer information om spridningsvinkeln ( $\varphi$ ) finns i bilaga C.



**Tabell 4. Modell för beräkning av samhällsrisk.**

Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga F.
Vilket scenario?	Urspårning Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation Klass 6 giftmoln Klass 8	Se bilaga C för information om frekvenser.
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga D.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat Rektangulärt	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga F.

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck.

$$\text{Antal döda} = \text{Befolkningstäthet (pers / km}^2\text{)} \cdot \text{Påverkansområde (km}^2\text{)}$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarioer, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en s.k. FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, dvs. då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsrisken för  $N = 1$ , men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.



Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 5 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus<sup>3,4</sup>.

**Tabell 5. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.**

Skadeverkan	Andel inomhus som omkommer
Urspåring	50 %
Tryckskada	50 %
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %
Frätskada	0 %

Samhällsriskberäkningar utförs för samtliga vägar och järnvägar utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. För vissa transportleder där samhällsrisk i grundfallet ligger i området där risker inte kan beaktas som små görs kompletterande samhällsriskberäkningar för att undersöka effekten av ytterligare säkerhetshöjande åtgärder.

<sup>3</sup> TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

<sup>4</sup> Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



## Bilaga G Känslighetsanalys



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30





## G. Känslighetsanalys

Risken analysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM)<sup>1</sup> och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

### G.1 Olycksfrekvenser

#### G.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från basprognosen för år 2040. Basprognosen är den trafikering som Trafikverket utgår från i bl.a. kapacitetsbedömningar. Någon ytterligare ökning bedöms inte vara motiverad.

#### G.1.2 Uppdelning i olika ADR-klasser

De finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. Den första källan är nationell statistik som publiceras årligen<sup>2</sup> och den andra källan är en undersökning som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag precision för att kunna användas i riskbedömningen. Därför använder risken analysen nationell statistik för att dela upp det farliga godset i olika ADR-klasser.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Det är nödvändigt att känna till andelen massexplosiva varor, andelen giftiga och brandfarliga gaser, etc. Denna information finns inte dokumenterad i några källor, utan risken analysen bygger på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer.

För transport på järnväg står utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador för 45 % av antalet olyckor och utsläpp av vätskor i RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 54 %. Tillsammans utgör dessa två olyckstyper 99 % av de tänkbara olyckorna.

## G.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

#### G.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den s.k. FOA-handboken<sup>3</sup>. I stort är det samma modeller som Länsstyrelsen i Skåne läns "RIKTSAM"<sup>4</sup> bygger på, med undantag av

---

<sup>1</sup> Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

<sup>2</sup> Trafikanalys, Bantrafik 2012, Statistik 2013:28.

<sup>3</sup> Fischer, S. m.fl., Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker. Forsvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

<sup>4</sup> Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



vissa förbättringar. Bl.a. modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

## G.2.2 Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är t.ex. hålstorlek vid utsläpp.

### *Väder- och vindförhållanden*

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för resp. stabilitetsklass.

### *Generella indata och ämnesspecifika uppgifter*

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI<sup>5</sup>:

- ♦ Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- ♦ Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- ♦ Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket<sup>6</sup> där håldiametrar på 3, 9 resp. 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie<sup>7</sup> använder 2 resp. 35 kg/s i sina beräkningar.

### *Skadekriterier*

Riskanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utsläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i enlighet med metodik redovisad i CPQRA<sup>8</sup> är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC<sub>50</sub>-värde. LC<sub>50</sub>-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E<sup>9</sup> har använts som

---

<sup>5</sup> Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

<sup>6</sup> Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

<sup>7</sup> HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

<sup>8</sup> Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

<sup>9</sup> TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.



inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 min för giftig gas och 30 s för brännskada.

### G.2.3 Beräkningsresultat

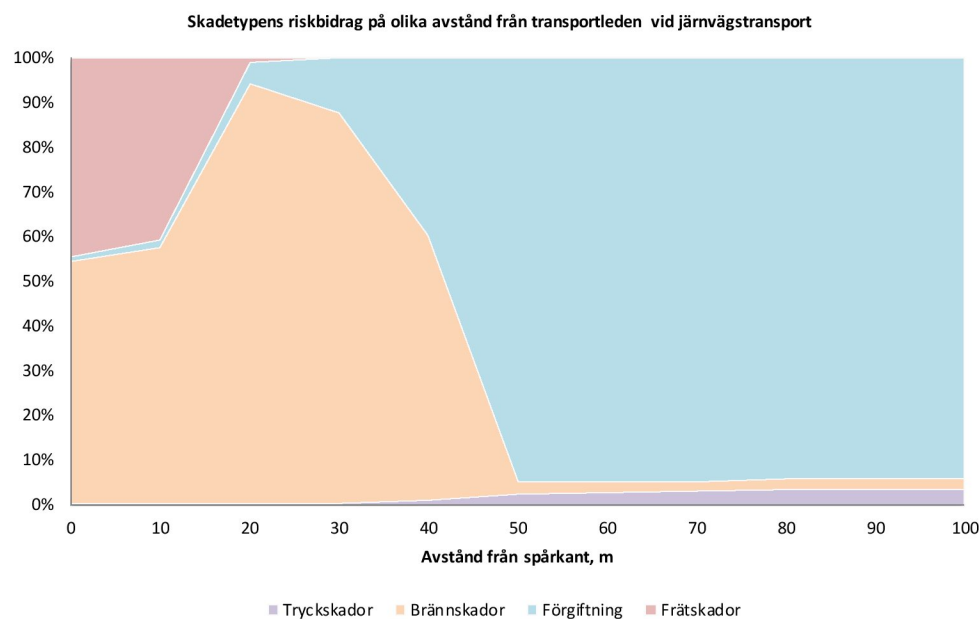
Eftersom flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka kan redovisas med medelvärde, standardavvikelse och ett konfidensintervall.

**Tabell 1. Medelvärde och konfidensintervall för konsekvensberäkningarna.**

Scenario	Medel	5 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	35 m	20 m	77 m
Klass 2 BLEVE → brännskada	308 m	268 m	352 m
Klass 2 jetflamma → brännskada <sup>10</sup>	15 m	6 m	57 m
Klass 2 UVCE → brännskada	63 m	17 m	240 m
Klass 2 giftmoln → förgiftning	187 m	42 m	800 m
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	15 m	7 m	26 m
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	24 m	10 m	41 m
Klass 3 giftmoln → förgiftning	42 m	15 m	77 m
Klass 5 detonation → tryck	42 m	31 m	52 m
Klass 6 giftmoln → förgiftning	12 m	5 m	18 m
Klass 8 → frätskada	10 m	10 m	10 m

Tabellen ovan visar att några av scenarier har ett relativt stort konfidensintervall där 95 %-värdet avviker stort från medelvärdet. För att kunna göra ett urval av de variabler som har störst betydelse för beräknat konsekvensområde studeras resp. olycksscenarios betydelse för risknivån, se Figur 1.

<sup>10</sup> Notera att nivåskillnaden mellan väg E 22 och planområdet gör att konsekvenserna av en jetflamma inte kan påverka intilliggande bebyggelse.



**Figur 1. Olycksscenariots betydelse för risknivån. Figuren inkluderar inte risker med urspårning.**

Figur 1 visar att det i huvudsak är två scenarier som bestämmer individriskens värde i det studerade avståndsintervallet (upp till 40 m). Dessa är brännskador till följd av utsläpp av brandfarlig vätska samt förgiftning till följd av utsläpp av giftig vätska eller gas. Således är det osäkerheter förknippade med dessa olyckor som är av störst betydelse för fortsatt analys.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålstorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålstorleken har drygt 5 ggr så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver iväg med vinden – hålstorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålstorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

## G.3 Slutsatser

De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålstorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledningar och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.



Bilaga H  
Säkerhetshöjande åtgärder



Utredning i samband med planarbetet för  
Hagsätra, Stockholms kommun

2020-07-30

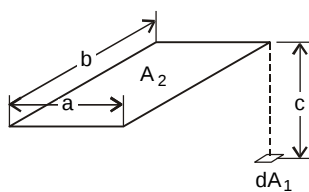


## H. Säkerhetshöjande åtgärder

### H.1 Skydd mot brandspridning

En pölbrand uppkommer vid utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor. Strålningsvärmen från dessa bränder är intensiv samtidigt som den avtar exponentiellt med avståndet. strålningsnivån ska understiga det värde på 14 kW/m<sup>2</sup> som ger upphov till 2:a gradens brännskador resp. det värde på 15 kW/m<sup>2</sup> som ger brandspridning till byggnader<sup>1</sup>.

För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand<sup>2</sup> på 200 m<sup>2</sup>, vilket ger en flamma som är 21 m hög och 16 m bred. Utgående strålning från branden är 43 kW/m<sup>2</sup> och för att brandspridning/brännskador inte ska ske måste synfaktorn understiga 0,33. Synfaktorn understiger detta värde på c:a 15 m avstånd från branden. Beräkningarna redovisas nedan och gäller för motstående ytor (fasader parallella med spårområdet). Notera att avståndet (c) är det som söks för att synfaktorn ( $F_{d1-2}$ ) inte ska överstiga 0,33.



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} \tan^{-1} \left( \frac{b}{\sqrt{a^2 + c^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}} \tan^{-1} \left( \frac{a}{\sqrt{b^2 + c^2}} \right) \right]$$

$$a/2 = 8 \text{ m}$$

$$b/2 = 10,5 \text{ m}$$

$$c = 15 \text{ m}$$

$$4 \times F_{d1-2} = 4 \times 0,079 = 0,32$$

Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 m är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmsta kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot planområdet och dess diameter är i storleksordningen 10 till 20 m. Om byggnader inom 30 m från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall. Avståndet kan kortas till 20 m om det finns en vall el. dyl.

### H.2 Högt placerade luftintag

Många av de giftiga gaser som transporteras på väg och järnväg är s.k. tunga gaser, vilket betyder att de har högre densitet än den omgivande luften och sprider ut sig längs marknivån. Efterhand som att gasmolnet blandas upp med luft minskar densiteten och till slut är densitetsskillnaden mellan omgivande luft och molnet försumbar. I D.1.4 beskrivs flödesschemat för spridning i luft. Det s.k. tunggassteget har i 90 % av fallen en räckvidd på mindre än 200 m, vilket medför att en

<sup>1</sup> Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBRAD3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

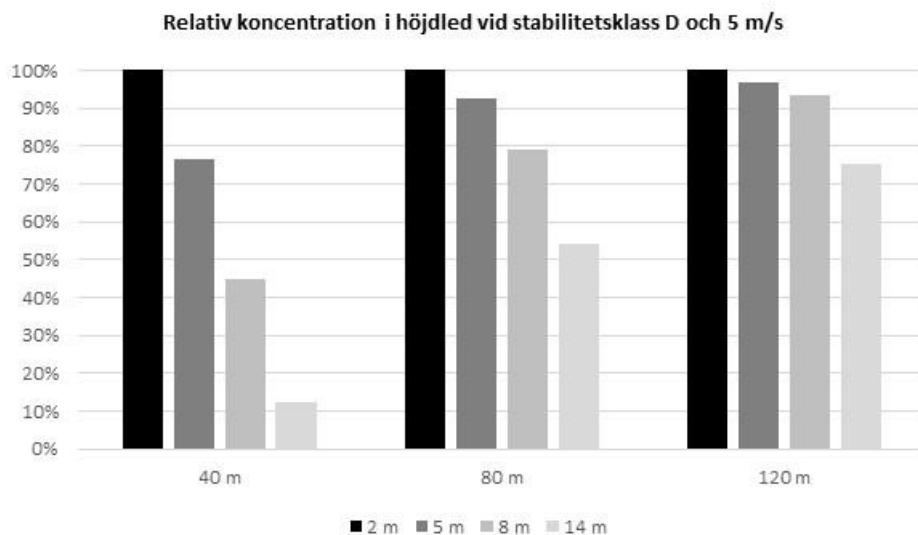
<sup>2</sup> Brandens yta på 200 m<sup>2</sup> motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, ca 20 m<sup>3</sup>, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m<sup>2</sup>s, vilket ger en effektutveckling på ca 370 MW för en pöl på 200 m<sup>2</sup>.



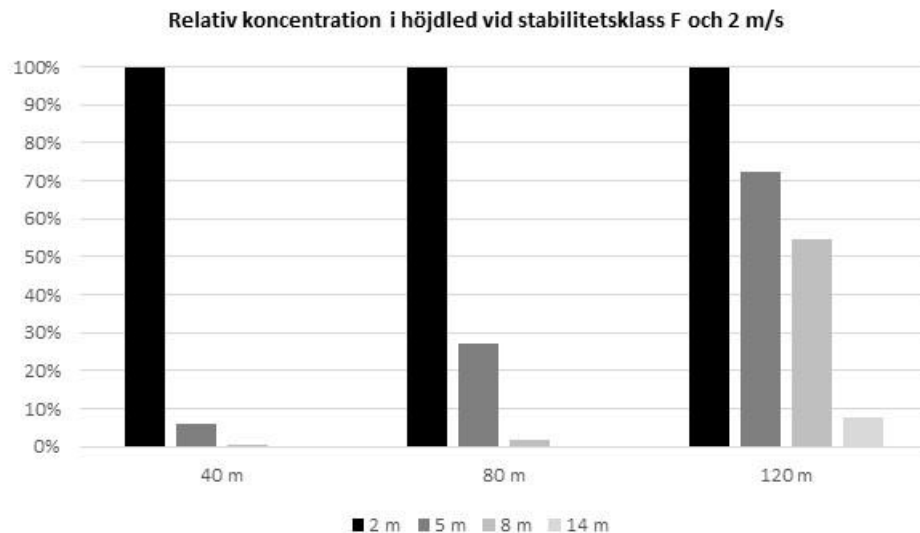
säkerhetshöjande åtgärd som högt placerade luftintag i teorin kan vara effektiv för att minska hur mycket gas som kommer in i en byggnad.

Med hjälp av modellen "Spridning Luft", version 1.4.3 tillgänglig via programpaketet RIB som ges ut av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, undersöks hur koncentrationen varierar i höjdlängd på tre avstånd (40, 80 samt 120 m från utsläppspunkten). Tre olika höjder studeras (2 m, 8 m och 14 m ovan mark), vilka är representativa för byggnader med varierande våningsantal. Beräkningarna utförs för stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s samt för stabilitetsklass F och en vindhastighet på 2 m/s. Gasen utgörs av svaveldioxid och källstyrkan 4,0 kg/s motsvarar ett rörbrott.

Resultatet redovisas i Figur 1 och Figur 2 där koncentrationen 2 m ovan mark utgör ett referensfall och det värde som övriga resultat normeras mot. Ett värde större än 100 % innebär att koncentrationen på den studerade höjden är högre än den för referensfallet och ett värde på mindre än 100 % innebär att koncentrationen är lägre än referensfallet.



**Figur 1. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass D och 5 m/s.**



**Figur 2. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass F och 2 m/s.**

Båda figurerna visar att högt placerade luftintag skulle ge en påtaglig minskning av koncentrationen inomhus vid ett utsläpp med giftig gas. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Men, det är framförallt aktuella väder- och vindförhållanden som styr. Vid stabil skiktning så trycks gasmolnet ner mot marken av den ovanliggande luften, vilket ger mindre utblandning i höjded. För detta fall har luftintagets placering mycket stor betydelse inom hela riskhanteringsområdet. Sammanfattningsvis ger en placering av luftintag på ca 8 m höjd ovan mark möjlighet till en påtaglig riskminskning.