

JANUARI 2015

# RISKANALYS BOSTÄDER ÅRSTABERG



**COWI**



ADRESS COWI AB  
Skärgårdsgatan 1  
Box 12076  
402 41 Göteborg  
Sverige

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

JANUARI 2015

# RISKANALYS BOSTÄDER ÅRSTABERG

PROJEKTNR.	A066310
DOKUMENTNR.	A066310/04-projektering/02-utredningar/RAP001 - Riskanalys bostäder Årstaber
VERSION	4.0
UTGIVNINGSDATUM	2015-01-29
UTARBETAD	Christoffer Käck
GRANSKAD	Göran Davidsson
GODKÄND	Gert Swenson



## Sammanfattning

I detaljplan för fastigheten Packrummet 9-12 prövas ny markanvändning för 700 tillkommande bostäder. Området är beläget nära Södra länken (riksväg 75) och järnvägssträckan Stockholm C - Älvsjö vilka båda är transportleder för farligt gods. Enligt Länsstyrelsernas (2006) riktlinjer bör riskutredning genomföras för all nybyggnation inom 150 meter från en led med farligt gods.

Forsen Projekt AB har givit COWI AB i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys. Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods kan bli acceptabla med den utformning och det användningsområde som föreslås. Skyddsåtgärder, för att minska risknivån, föreslås om så anses påkallat.

### Resultat

Jämfört med kriterier från DNV hamnar individrisken på en låg nivå vilket innebär att inga riskreducerande åtgärder erfordras med avseende på individrisken. Samhällsrisken hamnar enligt DNV:s kriterier på en nivå där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. Skolan har mycket liten påverkan på samhällsrisknivån. Samhällsrisken påverkas dock kraftigt av den lager- och kontorsbyggnad vilken är placerad mellan Södra länken och det aktuella planområdet. Om denna byggnad utelämnas i riskberäkningarna hamnar samhällsrisken i den nedre delen av ALARP-området.

När planerna jämförs med de riktlinjer som analysen utgår ifrån (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000) erhålls följande resultat:

- › Avståndet mellan vägen och planområdet är ca 100 meter vilket överensstämmer med riktlinjerna (minsta avstånd 75 meter)
- › Avståndet mellan det spår där 90 % av farligt godstrafiken bedöms komma att gå och planområdet är ca 75 meter vilket överensstämmer med riktlinjerna (minsta avstånd 50 meter)
- › Avståndet mellan det spår där 10 % av farligt godstrafiken bedöms komma att gå och planområdet är strax under 50 meter vilket är något under, men i samma storleksordning som, riktlinjerna (minsta avstånd 50 meter)

- › Avståndet mellan närmsta spår utan farligt godstrafik och planområdet är ca 30 meter. Detta ger ett bebyggelsefritt område 0-30 meter ifrån järnvägen vilket överensstämmer med riktlinjerna (bebyggelsefritt område 0-25 meter från järnvägen).

### Slutsats

Baserat på resultatet bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av Södra länken och järnvägen möjlig förutsatt att följande skyddsåtgärder beaktas vid fortsatt arbete:

- › Ett bebyggelsefritt område på 25 meter från närmsta spår ska upprätthållas.
- › Området mellan planerad bebyggelse och järnvägen skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- › Minst en utrymningsväg skall finnas som ej vetter mot järnvägen på byggnader inom 50 meter från järnvägen. Entréer etc. till byggnader som är placerade på ett avstånd mindre än 50 meter från järnvägen bör om möjligt placeras på ett sätt så att de inte vetter mot järnvägen.
- › Baserat på redovisade skisser har ett minsta avstånd på ca 40 meter uppskattats mellan planerad bebyggelse och närmsta befintliga järnvägsspår. Detta avstånd bedöms fullt tillräckligt för att förhindra mekanisk konflikt även i händelse av en allvarlig urspårning. Ett minsta avstånd av 30 meter har bedömts mellan planerad bebyggelse och eventuellt framtida spår. Detta avstånd är i normala fall också fullt tillräckligt för att förhindra mekanisk konflikt. I detta fall ligger dock en del av området lägre än järnvägen, varför, vid en framtida spårutbyggnad, kompletterande skydd t ex i form av kantbalk bör anordnas för att förhindra mekanisk konflikt.
- › Transporter av farligt gods går normalt på ett avstånd av mer än 50 meter från närmsta bebyggelse. Med detta avstånd erfordras inga fasadåtgärder avseende brand. Eftersom 10 % av transporter av farligt gods bedöms komma att ske på ett avstånd av strax under 50 meter rekommenderas emellertid följande åtgärder:
  - › Alla fasader på ett avstånd kortare än 50 meter från det spår på vilket 10 % av farligt gods transporteras bedöms komma att ske skall utföras med ytskikt i obrännbart material.
- › Värdera lämplig placering för luftintag med avseende på giftig gas. Friskluftsintag bör inte finnas på fasad som vetter mot farligt godsled (Södra länken och järnvägen).

## Innehåll

Sammanfattning	5
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Omfattning - Avgränsning	1
2 Beskrivning av risk och kriterier	2
2.1 Risk	2
2.2 Riskacceptans	3
2.3 Kriterier avseende farligt gods	3
3 Förutsättningar	8
3.1 Beskrivning av området, planerade verksamheter	8
3.2 Personintensitet	13
3.3 Närliggande verksamheter och övriga risker	16
4 Trafik och transporter med farligt gods	17
4.1 Södra länken	17
4.2 Västra stambanan (Stockholm C – Älvsjö)	19
5 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods	23
5.1 Faror vid olycka med farligt gods	23
5.2 Farligt godsolycka	25
5.3 Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)	25
5.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)	27
5.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)	28
5.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)	29
5.7 Olycka med oxiderande ämne (klass 5)	29
5.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser	30
5.9 Konsekvenser av identifierade händelser	30
6 Beräkning och bedömning av risknivå	31
6.1 Individrisk för aktuellt område	31
6.2 Samhällsrisk för aktuellt område	35
6.3 Diskussion kring resultat	38
6.4 Diskussion kring skadade personer	38

7	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	41
8	Skyddsåtgärder och slutsats	43
8.1	Skyddsåtgärder	44
9	Referenser	46
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka		49
A.1	Olycka med massexplosivt ämne	51
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	52
A.3	Olycka med giftig gas	55
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	56
A.5	Olycka med oxiderande ämne - väg	57
A.6	Resultat av beräkningar	59
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser		62
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	65
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	68
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	72
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	74
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	77
Bilaga C Indata		79
Bilaga D Känslighetsanalys		82



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund och syfte

I detaljplan för fastigheten Packrummet 9-12 prövas ny markanvändning för 700 tillkommande bostäder. Området är beläget nära Södra länken (riksväg 75) och järnvägssträckan Stockholm C - Älvsjö vilka båda är transportleder för farligt gods.

Enligt Länsstyrelsernas (2006) riktlinjer bör riskutredning genomföras för all nybyggnation inom 150 meter från en led med farligt gods. Denna riskanalys skall utreda risknivån för området och svara på frågan om markanvändningen är lämplig/möjlig. Forsen Projekt AB har givit COWI AB i uppdrag att utföra en kvantitativ riskanalys.

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods kan bli acceptabla med den utformning och det användningsområde som föreslås. Skyddsåtgärder, för att minska risknivån, föreslås om så anses påkallat.

## 1.2 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras på vägen (Södra länken) och järnvägen (Stockholm C - Älvsjö) förbi området. Baserat på detta genomförs dels en kvalitativ bedömning av risker för skadehändelser, dels en sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk.

Riskanalysen är genomförd med avseende på den verksamhet som planeras för området och som beskrivs i denna analys. Annat användningsområde med förändrad personintensitet kan påverka riskbilden och den bedömning som görs. Brand i byggnader eller risker för miljön ingår inte. Belastningskrafter, detaljutformning och hållfasthetsberäkningar av eventuella säkerhetshöjande åtgärder ingår inte i utredningen.

## 2 Beskrivning av risk och kriterier

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och kriterier för samhällsplanering.

### 2.1 Risk

Riskenivå är ett abstrakt begrepp. Olika individer uppfattar risker på olika sätt och accepterar olika risker beroende på om risken till exempel är frivillig, känd eller gagnar ett intresse. En risk kan beskrivas som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens.

$$\text{RISK} = \text{SANNOLIKHET} \cdot \text{KONSEKVENNS}$$

I denna analys behandlas sannolikheter som är så låga att de allra flesta människor inte förmår ta dem till sig. Konsekvenserna är emellertid synnerligen påtagliga. Effekten av en propan-BLEVE eller ett utsläpp av giftig gas *kan* resultera i ett stort antal omkomna eller skadade människor. Händelsefrekvensen för propanolyckor i allmänhet är så låg att den över huvud taget inte skulle beaktas om konsekvensen inte hade varit så stor.

Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser kända som orsakas av utsläpp av farliga ämnen. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat tankkonstruktion, tankmaterial och tankkontroll.

Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av risknivå skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

## 2.2 Riskacceptans

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Individrisken är oberoende av antalet personer som befinner sig på ett område medan samhällsrisk påverkas av mängden personer som befinner sig på ett utsatt område.

**Individrisk** är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla.

**Samhällsrisk** är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhällsrisk är direkt beroende av hur många individer som befinner sig i ett riskområde medan individrisken är helt oberoende av antalet personer på riskområdet.

Samhället har lättare att acceptera flera olyckor med begränsande konsekvenser än ett fåtal med mycket allvarliga eller katastrofala konsekvenser. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- › Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- › En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- › En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

För denna analys kommer både individrisk och samhällsrisk användas för att analysera risknivån i området.

## 2.3 Kriterier avseende farligt gods

Det finns inget nationellt framtaget kriterium för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. I denna analys kommer beräknad individ- och samhällsrisk jämföras med DNV:s kriterier.

### 2.3.1 DNV:s kriterier

I *Värdering av risk* (SRV, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsriskkriterier.

#### Individriskkriterium

Individrisk är risken för en person som befinner sig i närheten av en riskkälla att omkomma och definieras här som "summan av frekvensen • andel omkomna för respektive skadehändelse".

DNV:s förslag till individriskkriterier (SRV, 1997):

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

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En *individrisk utomhus* som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en *individrisk inomhus* som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

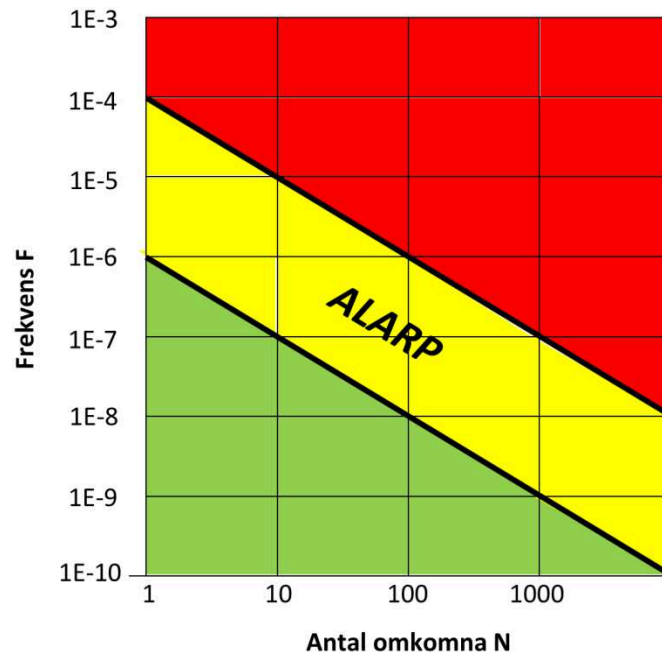
#### Samhällsriskkriterium

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N). Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder. DNV har givit förslag på gränsvärden för acceptabel risknivå med avseende på samhällsrisk. I DNV:s kriterier finns två gränsvärden:

- › En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i figur 1).
- › En gräns för område där risker kan anses som små. Vid risknivåer under denna nivå behöver ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte värderas (representerar grönt område i figur 1)

För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 1.

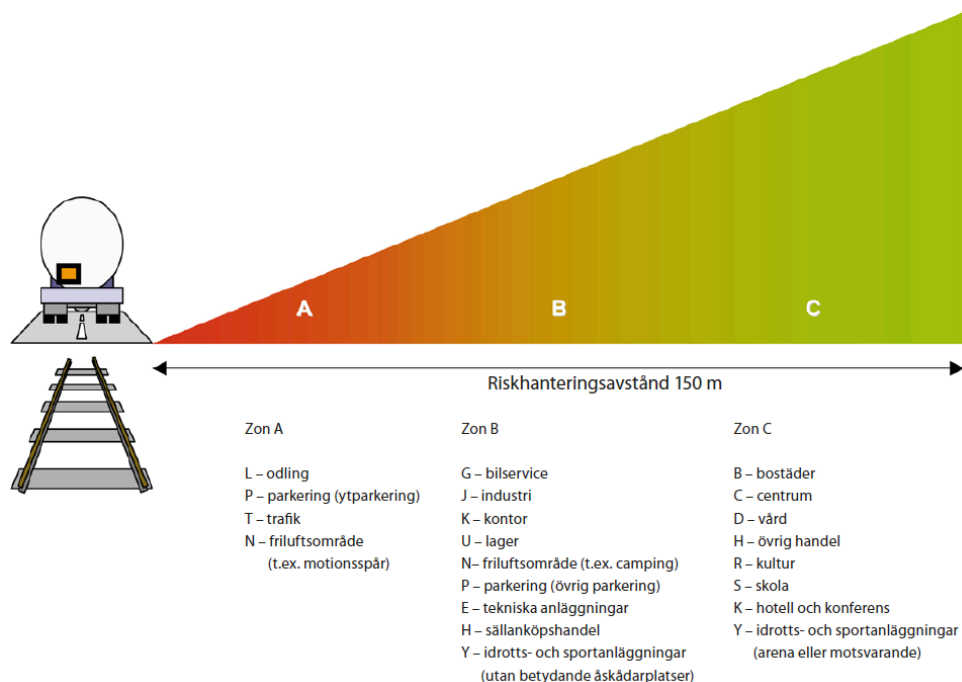


**Figur 1.** Kriterium för samhällsrisk Värdering av risk (SRV,1997). Förklaring till värden på y-axel:  $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$

Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på 1 km (båda sidor av järnvägen/vägen). Detta kriterie har justerats så att det gäller ett område på 300 meter. 300 meter har använts för att representera medelvärdet för den dimensionerande sträckan för beräkningar vid det studerade området. Den dimensionerande sträckan är för vägen 200 meter och för järnvägen 400 meter förbi området. Med andra ord har acceptanskriteriet för DNV multiplicerats med 0.15. Sannolikheten för att en olycka skall inträffa anpassas också för att gälla 200 respektive 400 meter för olyckor med begränsat konsekvensområde och 400 respektive 600 meter för giftig gas vilken har ett större konsekvensområde.

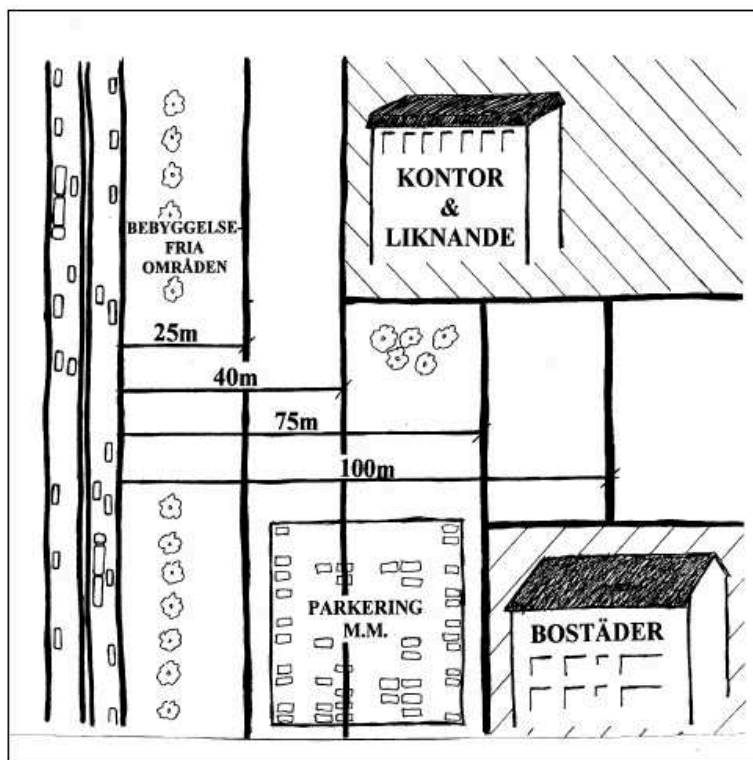
### 2.3.2 Riktlinjer från Länsstyrelserna

Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (Länsstyrelserna, 2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden, se figur 2.



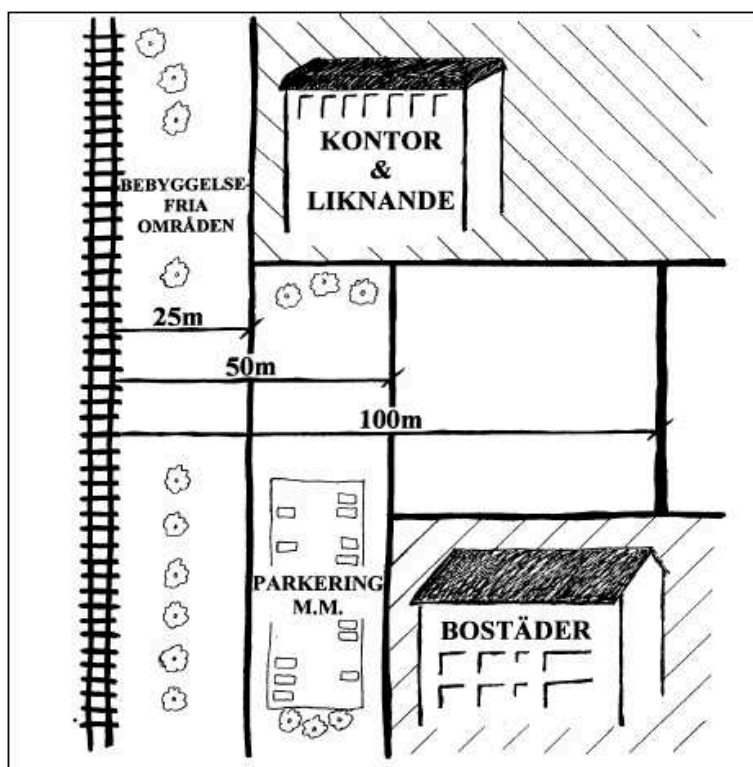
**Figur 2.** Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods (Länsstyrelserna, 2006).

I en tidigare skrift, ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer” (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000), angavs minimiavstånd för bebyggelse intill väg och järnväg. Minimiavstånd för nybebyggelse intill vägar och järnvägar enligt denna riktlinje presenteras i figur 3 och 4.



**Figur 3.** Rekommenderade minimiavstånd för olika typer av bebyggelse intill väg (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000).

Minimiavstånd för ny bebyggelse intill järnvägar presenteras i figur 4.



**Figur 4.** Rekommenderade minimiavstånd för olika typer av bebyggelse intill järnväg (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000).



## 3 Förutsättningar

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för riskutredningen såsom, områdesbeskrivning, planerad verksamhet samt personintensitet.

### 3.1 Beskrivning av området, planerade verksamheter

I detaljplan för Packrummet 9-12, prövas ny markanvändning för 700 tillkommande bostäder fördelade på ett flertal flerbostadshus med 5 till 17 våningar (Forsen Projekt, 2013).

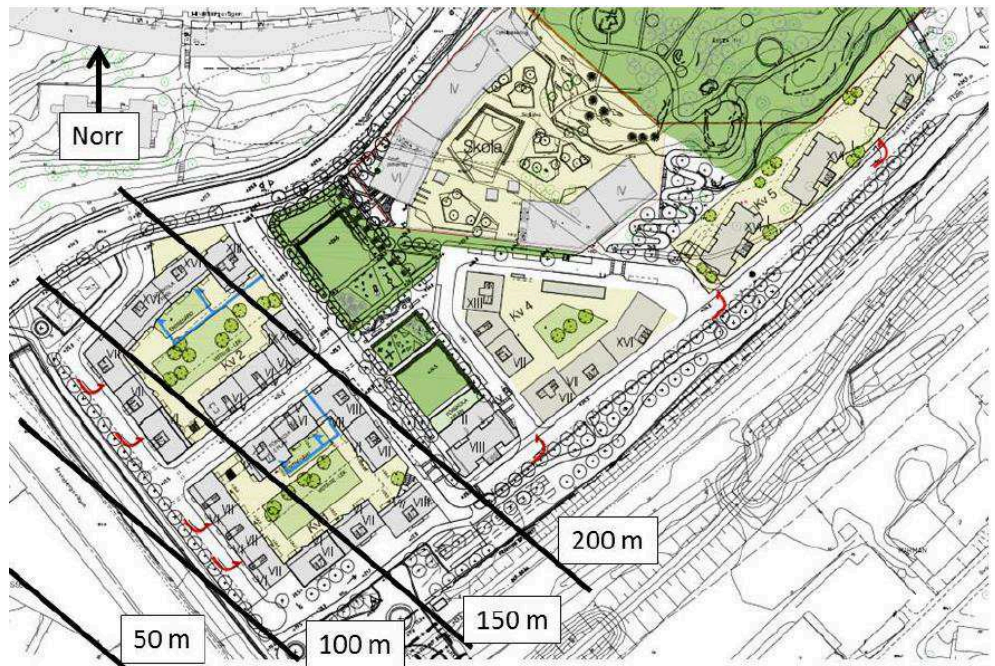
Området är beläget utmed Södra länken och järnvägssträckan Stockholm C - Älvsjö, se figur 5.



**Figur 5.** Karta där det studerade områdets placering relativt farligt godsleder kan ses.



Hastigheten på Södra länken förbi det aktuella området är 70 km/h och det kortaste avståndet mellan vägen och planområdet är ca 100 meter mätt från vägkant, se figur 6.



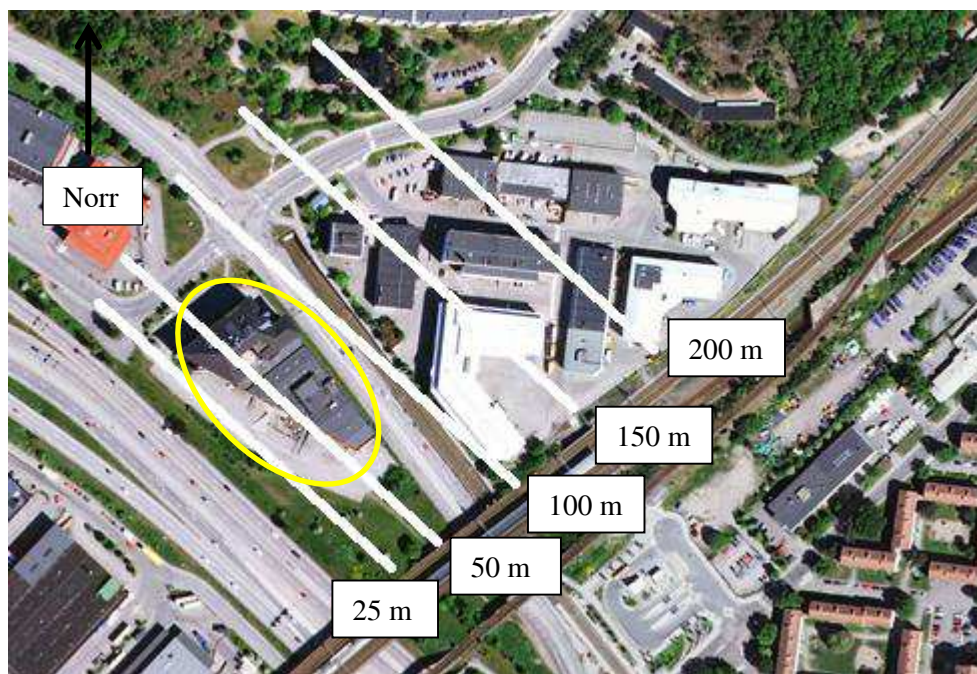
**Figur 6.** Avstånd mellan Södra länken och planområdet är markerat med svarta linjer i figuren. Notera att avstånden är ungefärliga och mätta från vägkant

Planområdet är i stor utsträckning avskärmat från Södra länken då det löper en vall mellan vägen och området i höjd med Årstabergr station, se figur 7. I figuren är nuvarande bebyggelse på området markerad med rött. Det finns även en kontors- och lagerbyggnad placerad mellan vägen och planområdet vilken ytterligare skärmar av området. Denna kan skimtas i vänster kant av figur 7 och är markerad med gult.



**Figur 7.** Bilden visar vallen mellan Södra länken och planområdet. Nuvarande bebyggelse på planområdet är markerad med rött. Man kan till vänster i bild skymta de byggnader som är placerade mellan vägen och området, markerade med gult. Årstaberg station skymtas till höger i bild.

Avståndet från Södra länken till kontors- och lagerbyggnaden presenteras i figur 8. Risken för de anställda i byggnaden inkluderas i riskberäkningarna för att få ett korrekt värde på samhällsrisk.



**Figur 8.** Bilden visar avståndet från Södra länken till kontors- och lagerbyggnaden som är placerad mellan vägen och det aktuella planområdet. Notera att avstånden är ungefärliga och mätta från vägkant.



Det kortaste avståndet mellan järnvägen och närmsta planerade bebyggelse är ca 30 meter mätt från närmsta spår. Detta avstånd gäller efter att det nya spår som planeras mellan befintliga spår och planerad bebyggelse färdigställts. Sannolikheten för att farligt gods skall transporteras på de två spår som är placerade närmast planområdet bedöms som mycket liten. Avståndet till det spår på vilket det i analysen antas att 10 % av farligt godstransporterna kommer att trafikera är ca 50 meter, se figur 9. Mer information angående andelen farligt godstransporter på de olika spåren återfinns i sektion 4.2.



**Figur 9.** Avstånd mellan järnvägen (närmsta spår på vilket farligt gods kan transporteras) och planområdet är markerat med svarta linjer i figuren. Notera att avstånden är ungefärliga.

90 % av farligt godstransporterna har antagits trafikera ett spår som är placerat ca 75 meter från närmsta planerade bebyggelse, se figur 10.



**Figur 10.** Avstånd mellan järnvägen (närmsta spår på vilket farligt gods normalt transporteras) och planområdet är markerat med svarta linjer i figuren. Notera att avstånden är ungefärliga.

Spårets höjd relativt planområdet varierar. Spåret löper ett par meter under planområdets marknivå i den nordöstra delen av planområdet för att i områdets sydvästra del övergå till att löpa ca 5-6 meter över planområdets marknivå. Detta innebär att de sydvästra delarna av området är mer utsatta i händelse av en farligt godsolycka då brandfarliga eller giftiga ämnen riskerar att rinna ner mot planområdet.

Nordöst om det aktuella området planeras Årstabergsskolan, vilken skall inrymma årskurser från förskolan upp till årskurs 9. Skolans ungefärliga placering presenteras i figur 11.





**Figur 11.** Årstabergsskolans ungefärliga placering markeras med rött i figuren.

Skolan är placerad på ett avstånd av över 200 meter från Södra länken och ca 80 meter från järnvägen. Skolans tänkta placering ligger högre än järnvägen. Risker för skolan inkluderas i riskberäkningarna för att få ett korrekt värde på samhällsrisker.

### 3.2 Personintensitet

För att uppskatta personintensiteten för det studerade området har analysen utgått från nedan beskrivningar, antaganden och uppskattningar. Personintensiteten används när samhällsrisker skall beräknas vilket görs i kapitel 6.2.

#### **Användningsområde:** Flerbostadshus

Det totala antalet boende uppskattas med hjälp av schablonvärde för personintensiteten i tätort. I området planeras 700 bostäder med en boendeyta på ca 100 m<sup>2</sup> per bostad vilket resulterar i en total boendeyta om 70000 m<sup>2</sup>. För tätort brukar ett schablonvärde på 0.02 personer/m<sup>2</sup> användas för att beräkna personintensiteten. Det totala antalet boende på planområdet blir därmed 1400 personer.

Dagtid antas att 30 % av de boende är hemma och av dessa antas 10 % vistas utomhus. Natttid/kväll antas 90 % av de boende på området vara hemma och vistas inomhus. Vid beräkning har ett par människor lagts till för vistelse utomhus nattetid/kvällstid. I beräkningar antas att ingen bebyggelse placeras på kortare avstånd än 25 m från järnvägen.

### **Användningsområde: Skola**

På skolan förväntas det att upp till 1200 elever kommer att vistas dagtid (Brandskyddslaget, 2013). Då klasserna sträcker sig mellan förskola till årskurs 9 bedöms antalet personer som vistas utomhus på rasterna vara relativt stort. Det antas att i genomsnitt 15% av eleverna vistas utomhus under varje tidpunkt under dagtid.

### **Användningsområde: Kontor/lager (befintlig byggnad mellan Södra Länken och planerad ny bebyggelse)**

Kontors- och lagerbyggnaden uppskattas ha en total golvyta på ca 13000 m<sup>2</sup>, varav ca 6000 m<sup>2</sup> antas utgöra kontor och 7000 m<sup>2</sup> antas utgöra lagerlokal. För kontor brukar ett schablonvärde på 0.04 personer/m<sup>2</sup> användas för att beräkna personintensiteten medan ett värde av 0.01 personer/m<sup>2</sup> brukar användas för lager- och industriverksamhet. Det totala antalet personer som vistas i lokalerna blir därmed 310 personer. Det antas vidare att lokalerna normalt är bemannade mellan 08.00 och 17.00.

### **3.2.1 Sammanställning av personintensitet**

Utifrån ovanstående uppgifter och antaganden har personantal för studerad sträcka sammanställts vilket redovisas i tabell 1, tabell 2 och tabell 3. I tabellerna redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån Södra länken respektive järnvägen. Det är dessa värden som ligger till grund för beräkningen av samhällsrisk i sektion 6.2.

Vid beräkning av risk från vägen motsvarar "Population hög" 12 timmar under kväll/natt, "Population medel" 9 timmar under dagen när personer vistas i kontors- och lagerlokalen samt ett mindre antal personer är hemma i sina lägenheter och "Population låg" motsvarar resterande 3 timmar under dagen.

Vid beräkning av risk från järnvägen motsvarar "Population hög" 12 timmar under kväll/natt och "Population låg" motsvarar resterande 12 timmar under dagen.

Uppskattningen av personantal är konservativt gjord för att inte begränsa verksamhetsområdets utformning med avseende på exploateringen av bostäder.

**Tabell 1.** Personantal för beräkningar av risk från Södra länken (avstånd mätta från vägens mitt)

Avstånd Väg E20	Population hög (18-06)		Population mellan (08-17)		Population låg (06-08 samt 17-18)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0	0	0
50-100m	0	0	0	279	0	0
100-150m	2	84	3	56	3	25
150-200m	5	288	10	86	10	86

**Tabell 2.** Personantal för beräkningar av risk från järnvägen (närmsta spår som kan trafikeras av farligt godstransporter).

Avstånd Västra stambanan	Population hög (natt)		Population låg (dag)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0
25-50m	2	33	1	10
50-100m	2	597	20	179
100-150m	2	305	46	499
150-200m	2	163	131	151

**Tabell 3.** Personantal för beräkningar av risk från järnvägen (närmsta spår som normalt trafikeras av farligt godstransporter).

Avstånd Västra stambanan	Population hög (natt)		Population låg (dag)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0
50-100m	2	370	12	111
100-150m	2	342	47	307
150-200m	2	267	99	284

### 3.3 Närliggande verksamheter och övriga risker

På motsatt sida av Årstabergsvägen ligger som tidigare nämnts en kontors- och lagerbyggnad. En av verksamheterna som använder byggnaden säljer byggmaterial vilket kan innebära att exempelvis lim och andra potentiellt brandfarliga varor kan förvaras i byggnaden. Förekomsten och mängden av brandfarliga varor har inte inventerats och bedömts i denna riskanalys. Med ett minsta avstånd på 40 meter från byggnaden har det dock antagits att risken från en brand i denna byggnad är försumbar för boende på planområdet.

Det ligger även en bangård intill Årsta partihallar på motsatt sida av Södra länken. Det har inte utförts någon inventering utav farligt godshantering på bangården. Även om farligt godshantering förekommer på bangården är avståndet till planområdet ca 300 meter och risken bedöms därför som försumbar.

Ingen ytterligare verksamhet i närliggande område bedöms påverka riskbilden för det studerade området.

Avståndet från den planerade bebyggelsen till närmsta spår, där persontåg kommer att trafikera, är ca 30m. Då planområdet är beläget lägre än järnvägen skapas en slänt ner mot planområdet. Det bör dock noteras att avståndet mellan närmsta spår och planerad bebyggelse är som längst där höjdskillnaden är som störst.



## 4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-klasser<sup>1</sup> och RID-klasser<sup>2</sup> beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

### 4.1 Södra länken

Södra länken (riksväg 75) förbinder Essingeleden och Värmdöleden och är en del utav Stockholms framtida ringled. Vägen har stor betydelse för både näringslivets transporter och för arbetspendlare.

Södra länken är en stadsmotorväg, vilket innebär belysning, planskilda korsningar och en mittremsa med vägräcke som åtskiljer körriktningarna. Sträckan har en skyltad hastighet på 70 km/h.

Utifrån utredningar som genomförts görs bedömningen att ÅDT (årsmedelsdygnstrafiken) förväntas vara ungefär 109500 år 2030, andelen tung trafik bedöms då utgöra 10 % av den totala mängden fordon. Beräkningarna beskrivs ytterligare i bilaga C.

#### 4.1.1 Farligt gods på Södra länken förbi området

Tidigare Statens Räddningsverk (SRV) har kartlagt transporter av farligt gods på vägar i Sverige. Den senaste kartläggningen genomfördes år 2006 vilket omfattade transporter under september månad år 2006. I kartläggningen presenteras mängden farligt gods som ett spann för varje studerad vägsträckning. I samband med kartläggningen har även en generell sammanställning för den procentuella

---

<sup>1</sup> ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

<sup>2</sup> RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

fördelningen mellan olika farligt godsklasser som transporteras på vägar i Sverige sammanställts. Material kring sammanställningar återfinns i bilaga C.

För att beräkna transporter för år 2030 används statistik och prognoser från SIKA enligt följande. Mängden av farligt gods som transporteras på väg minskade med 12 % mellan 1998 och 2004 (SIKA 2000-2004). SIKA:s prognos för godstransporter på väg mellan 2001 till 2020 visar en ökning med 30 % (FBE, 2008). Enligt tidigare Räddningsverket (SRV, 2008) finns det ingen enskild prognos för transporter av farligt gods varför det i denna rapport, utifrån ovanstående statistik och prognos, antas att transporter av farligt gods ökar med 15 % till 2030.

Det totala antalet transporter av farligt gods förbi området beräknas utifrån ÅDT, andel tung trafik längs med sträckan samt antaganden om andelen farligt gods. Värdena justeras därefter utifrån antagandet om att transporter av farligt gods ökar med 15 % fram till 2030. Beräkningarna beskrivs ytterligare i bilaga C.

För beräkning av antalet transporter på Södra länken längs det studerade området görs följande antaganden:

- › 10 % av klass 1 varor antas utgöras av massexplosiva ämnen.
- › 20 % av klass 1 produkterna transporteras i större lastbilar med max last på 16 ton medan 80 % av klass 1 produkterna transporteras i mindre bilar med last <1 ton. För övriga kategorier av farligt gods antas fulla transporter vilket motsvarar ca 16 ton.
- › 40 % av transporter av brandfarlig vätska består av produkter med låg flampunkt, t.ex. bensin, som kan medföra skador på människor vid en eventuell olycka.

SRV's kartläggning år 2006 påvisade en mycket låg andel transporter av giftiga gaser. I denna riskanalys har ett värde på 17 transporter per år av giftiga gaser antagits vilket är 0,01 % av det totala antalet transporter Detta är i linje med vad som anges av Räddningsverket (SRV, 2006).

Värden i tabell 4 ligger till grund för sannolikhets- och konsekvensberäkningar. Av alla transportklasser är det de som presenteras i tabell 4 som ger störst konsekvenser varför de har valts som dimensionerande händelser i riskanalysen. Utöver dimensionerande klasser sker även transporter av ADR-klass 4, 6, 8 och 9.

**Tabell 4.** Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg Södra länken längs med studerat område (fordon/år) baserad på genomsnittlig procentuell fördelning av farligt godsklasser enligt SRV:s kartläggning år 2006 och ÅDT för aktuell vägsträcka.

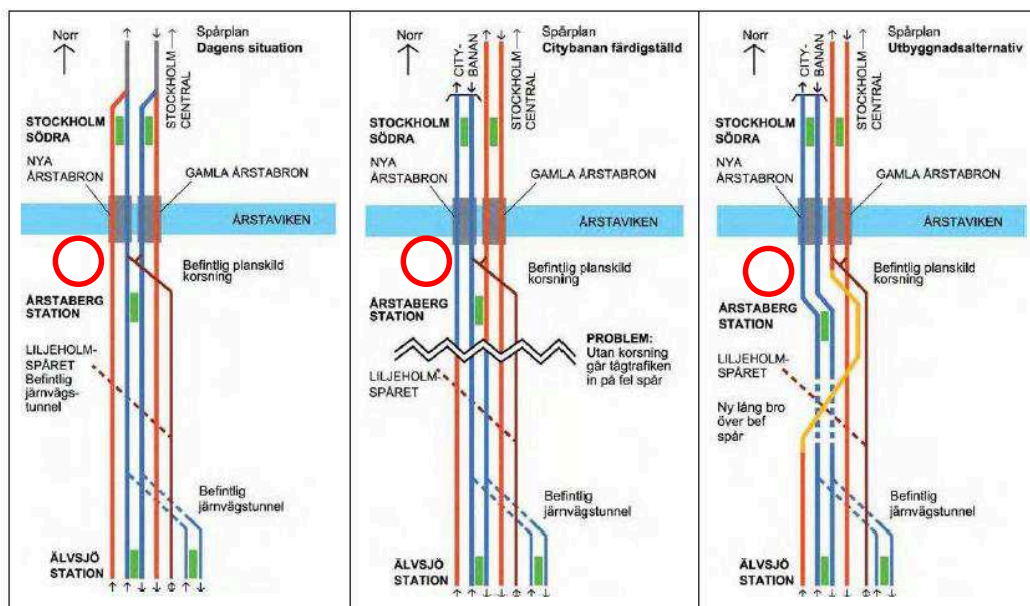
ADR-klass	Fordonstransporter/år
1.1 Masseexplosiva ämnen – små	137
1.1 Masseexplosiva ämnen- stora	34
2.1 Brandfarliga Gaser	3073
2.3 Giftiga gaser	17
3. Brandfarlig vätska klass 1	118808
5.1 Oxiderande ämnen	1024

## 4.2 Västra stambanan (Stockholm C – Älvsjö)

Västra stambanan går mellan Stockholm via Södertälje hamn och Hallsberg till Göteborg. Banan är dubbelspårig och snabbtågsanpassad. Västra stambanan är en av Sveriges hårdast trafikerade järnvägar och stora mängder farligt gods transporteras på spåren. På den aktuella sträckan mellan Stockholm C och Älvsjö är antalet transporter dock lågt jämfört med stambanorna utanför Stockholm.

Enligt Banverket (2009) är ett framtidsscenario för år 2020 med Citybanan utbyggd, hamnen i Norvik utbyggd och Loudden flyttad att 43-50 godstransporter per dygn passerar genom Stockholm och att andelen farligt gods är densamma som i dagsläget, dvs mellan 3 -15% av totala antalet. I samma PM nämns att om verksamheten vid Loudden flyttas till ett läge utmed västra stambanan kan detta innebära en markant ökning av antalet transporter av brandfarlig vara. Enligt de senaste uppgifterna från Trafikverket (2011) är prognosen för 2020 ca 30 godståg per dygn på sträckan Stockholm C – Älvsjö.

En annan viktig förändring är emellertid den planerade trafikomläggningen när Citybanan tas i drift. I dagsläget går norrgående trafik, både pendel- och fjärrtåg på den nya Årstabron medan södergående trafik går på gamla bron. Detta innebär att farligt godstransporter normalt trafikerar samtliga spår utmed planområdet. Efter Citybanans driftsättning, planerad till 2017, kommer all pendeltågstrafik att gå på nya Årstabron och all fjärrtrafik på den gamla bron, se figur 12. Detta innebär en väsentlig skillnad sett till risker avseende farligt godstransporter för Packrummet, eftersom avståndet från hus till närmsta spår som normalt trafikeras med farligt gods då ökas till ca 75 meter.



**Figur 12.** Nuvarande och framtida spårkonfiguration förbi det aktuella planområdet vilket i figuren är markerad med en röd ring. Notera att det nya spåret som planeras mellan befintliga spår och planerad bebyggelse inte är utmärkt i figuren.

Normalt kommer det inte att gå godståg på nya Årstabron, men det kan ske i samband med driftstörningar och underhålls- och ombyggnadsarbeten.

Bedömningen från Trafikverket (2011b) är att godståg endast i undantagsfall kommer att trafikera den nya bron när Citybanan är tagen i bruk.

”Undantagsfallen” kommer emellertid inte vara så få. Kombinationen av stor trafikmängd och komplexa spårlösningar bedöms av Trafikverket leda till ett stort underhållsbehov (Trafikverket, 2011c), vilket kommer att ge upphov till godstrafik på nya Årstabron. Vidare kan det uppstå driftstörningar då trafikledningen bedömer att den totala trafiksituationen blir bättre om godstågen leds om via nya Årstabron.

Det bedöms däremot inte sannolikt med godståg på det spår som idag ligger närmast Packrummet eftersom det inte finns någon förbindelse mellan detta spår och markspåren mot Stockholm C (Trafikverket, 2011c). Detsamma bedöms gälla det spår som planeras mellan nuvarande spår och planområdet. Slutsatsen är att även om det inte är förbjudet att transportera farligt gods på de två spår som är placerade närmast planerad bebyggelse bedöms sannolikheten för att så ska ske som mycket liten.

Några prognoser avseende antal godståg per år som kommer att gå på nya Årstabron har inte varit möjligt att få från Trafikverket. Man bedömer emellertid att trafiksituationer där godstrafiken leds över nya Årstabron kommer att uppstå flera gånger per år (Trafikverket, 2011d). Vid sådana tillfällen kan bron komma att trafikeras av som mest ca 10 godståg per natt. I denna riskanalys antas det att 10 % av samtliga farligt godstransporter kommer att gå på nya Årstabron och 90 % på den gamla Årstabron.

Detta innebär att det antas att 10 % av farligt godstransporterna kommer att passera området på ett spår beläget ca 50 meter från närmsta planerade bebyggelse och att 90 % kommer att passera på ett spår beläget ca 75 meter från närmsta planerade bebyggelse.

#### 4.2.1 Farligt gods på Västra stambanan förbi området

Antalet transporter av farligt gods har tidigare undersökts av COWI på den aktuella järnvägssträckan och resultaten presenteras i tabell 5 nedan (COWI, 2012). Av alla transportklasser är det dessa som ger störst konsekvenser varför de har valts som dimensionerande i riskanalysen. Utöver dimensionerande klasser sker även transporter av RID-klass 4, 6, 8 och 9. Då tidigare inventering inte skiljer mellan giftiga och brandfarliga gaser har det antagits att andelen giftiga gaser är 10 % av den totala mängden gastransporter. Detta anses vara ett konservativt antagande.

Det finns inga restriktioner om när på dygnet som transporter av farligt gods får ske men i praktiken sker flest transporter på tider då få persontåg trafikerar sträckan, dvs. tidig morgon/kväll och nätter. I tabellen redovisas resultatet i ton per år.

**Tabell 5.** I tabellen presenteras de transporterade mängder som kartlagts för den specifika sträckan (COWI, 2012).

Farligt godsklass	Ton/år
1.1. Explosiva ämnen	0
2.1 Brandfarliga gaser	12707
2.3 Giftiga gaser	1412
3 Brandfarliga vätskor	29218
5 Oxiderande ämnen	11671

Mängder och ämnen som transporteras på järnvägen styrs efter vad kunder efterfrågar och är därmed inte konstanta. Enligt Green Cargo (2011) (som är en av de största aktörerna beträffande transporter av farligt gods) har dock inga nämnvärda förändringar skett sedan 2006 då mängden transporterat gods minskade under lågkonjunkturen (2009-2010) och inte riktigt har kommit upp på de nivåer som rådde innan nedgången.

Enligt MSB (tidigare Räddningsverket) finns det ingen enskild prognos för transport för farligt gods. I denna rapport utgår beräkningar från 15 % högre transportvärden jämfört mot dagens värden, detta för att representera ett framtidsscenario år 2030.

Ett antal antagande har gjorts för att räkna fram antal transporterade vagnar inom varje RID-klass:

- › Enbart brandfarlig vara klass 1, t.ex. bensin, kan medföra personsador och utgöra en risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andel bensin 40 % av den totala andelen petroleumprodukter. Av den totala mängden transporterad brandfarlig vätska antas därmed klass 1 utgöra 40 %.
- › En genomsnittlig vagnslast har i beräkningarna antagits vara 25 ton med undantag från vagnslaster av brandfarliga gaser som antas vara 60 ton.

**Tabell 6.** *Transporter av farligt gods per RID-klass på järnvägen. Värden är uppskattade utifrån uppgifter som erhållits från Trafikverket samt Green Cargo. Värden är uppräknade för att gälla år 2030.*

RID-klass	Ämne (Exempel)	Uppskattat antal vagnar/år på järnvägsspåret intill planområdet år 2030
1.1 Explosiva ämnen	Dynamit	0
2.1 Brandfarliga gaser	Propan, Acetylen	244
2.3 Giftiga gaser	Svaveldioxid	27
3. Brandfarlig vätska (klass 1)	Bensin	1344 (538)
5.1 Oxiderande ämnen	Väteperoxid	537

Värden som redovisas i tabell 6 ligger till grund för sannolikhets- och konsekvensberäkningar.

## 5 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods

En risk brukar behandlas som produkten av sannolikhet och konsekvens. För att kunna beräkna risknivån för en eventuell olycka med farligt gods krävs därför värden för sannolikheten (frekvensen) för att en olycka skall inträffa samt konsekvensen.

I detta kapitel redovisas inledningsvis generella faror vid olycka med farligt gods och därefter följer en genomgång av de händelseförlopp som kan ge allvarliga konsekvenser vid studerat område.

Beräkningsgång för sannolikhetsberäkningar för olycka med farligt gods redovisas i bilaga A.

### 5.1 Faror vid olycka med farligt gods

I tabell 7 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika ADR och RID-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

**Tabell 7. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods**

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	√				100 - 1 000
		√			< 100
2. Gaser			√		> 1 000
	√				100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		√			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		√		√	< 100
5. Oxiderande ämnen		√			<100
	√				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			√		< 100
7. Radioaktiva ämnen				√	< 100
8. Frätande ämnen			√	√	< 100
9. Övriga farliga ämnen				√	< 100

De typer av gods som transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är främst ADR och RID-klass 1.1, 2.1, 2.3, 3 och 5. Nedan ges en kort summering av olyckseffekterna för händelser i dessa klasser.

Konsekvensen av de nedanstående olyckorna beror på hur många människor som befinner sig inom riskavstånd vid olyckstillfället. Konsekvensens omfattning är även direkt beroende av läckagets storlek, placering på havererad behållare och utströmningsvinkeln. Olyckseffekterna uppskattas och redovisas utförligt i bilaga B.



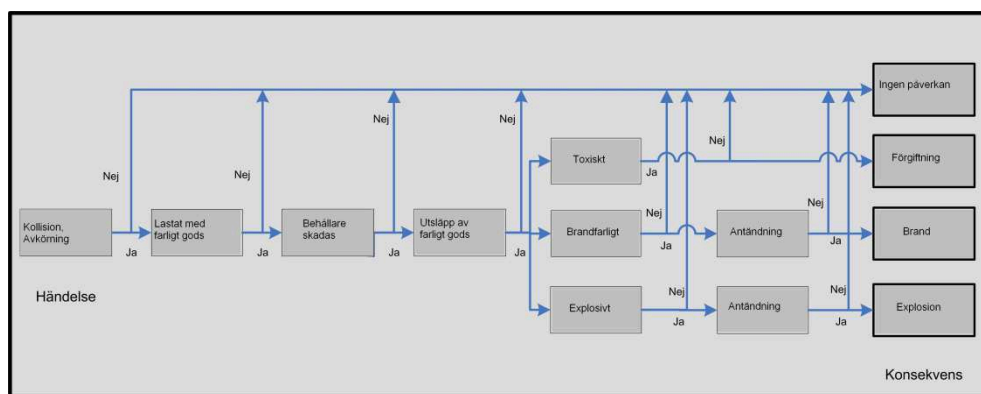
## 5.2 Farligt godsolycka

För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller urspårning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 13.



Figur 13. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka

## 5.3 Olycka med massexplсивt ämne (klass 1.1)

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid transport av massexplсивa ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplсивa ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en fullastad transport (16 ton) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. För mindre transporter (50-1000 kg) kan dödsfall förväntas på upp till ca 25 meter ifrån olycksplatsen. Skador på lungor och trumhinnor (på grund av tryck) kan inträffa upp till 25 meter ifrån olycksplatsen för olycka motsvarande ca 200 kg.

Dödsfall och skador kan inträffa i och med att byggnader rasar, eller från splitter och flygande material. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall, både vid olyckor med små och stora transporter. Skador på grund av splitter och flygande material kan förekomma på ett område mellan några 10-tals meter upp till 1 km beroende på storleken på explosionen, var den inträffar och i vilken typ av område/bebyggelse som olyckan inträffar.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell 8 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell 9 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

**Tabell 8.** Maximala infallande tryck för material och byggnader

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

**Tabell 9.** Skador på människan vid olika infallande tryck

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	$\geq 180$ kPa
Lungskador	180 - 69 kPa
Trumhinneruptur	69 - 21 kPa

## 5.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Propan och butan är exempel på kondenserade brandfarliga gaser. En tankbilsolycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas som antänds kan leda till någon av följande händelser:

- › Jetbrand
- › Gasmolnsbrand
- › Gasmolnsexplosion
- › BLEVE (Boiling Liquide Expanding Vapour Explosion)

### Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt om läckaget sker i vätske- eller gasfas.

### Gasmolnsbrand

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning. Detta kan även uppstå vid antändning i ett senare skede.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand och gasmolnsbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomma på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

### Gasmolnsexplosion

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

### BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank.

Händelsen med BLEVE sker med en viss fördröjning vilket kan ge tid för att utrymma området ifall risk för BLEVE föreligger. Om en BLEVE inträffar utan att området utrymts kommer dödsfall och skadade personer finnas upp till flera 100 meter ifrån olyckan.

## 5.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Exempel på kondenserad giftig gas är svaveldioxid, ammoniak och klor som alla är giftiga vid inandning och som redan vid låga koncentrationer kan ge svåra skador och i värsta fall leda till dödsfall. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft vid själva utsläppet varför spridning av gasen primärt sker längs marken.

Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer och gasen når ofta sin största utbredning efter bara några minuter. Utbredningen och hur hög koncentrationen blir beror på ett antal parametrar så som vindstyrka och riktning samt storleken på läckaget. Vid exempelvis kraftigare vind blandas mer luft in i gasmolnet vilket resulterar i lägre koncentrationer.

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att skadeutfallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.

Ett läckage kan variera i storlek beroende på vad som orsakar läckaget. Ett mindre begränsat utsläpp kan orsakas av läckage på en packning medan en punkterad tank kan orsaka ett mycket stort utsläpp under längre tid.

Oavsett storleken på läckaget kommer koncentrationen i gasmolnet närmast utsläppet vara så pass hög att det kan orsaka dödsfall. För att personer ska omkomma inomhus krävs ett kontinuerligt utsläpp under längre tid. För ett mindre utsläpp kommer koncentrationen för dödligt utfall mycket troligt vara kortare än 50 meter, medan skador och irritation kan förekomma upp till flera hundra meter ifrån utsläppet. För punktering av tank är andelen omkomna 100 % upp till flera hundra meter ifrån utsläppet. Skador förekommer endast i vindriktningen.

## 5.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)

En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

Beroende på storleken på en pölbrand kan påverkansområdet variera. Beräkningar har visat att en stor pölbrand (300 m<sup>2</sup>) inte förväntas ha längre påverkansområde på byggnader och personer inomhus än max 50 meter. Konsekvensen för personer utomhus är vid en brand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Brännskador i olika grader kan förväntas på längre avstånd än 50 meter. Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

## 5.7 Olycka med oxiderande ämne (klass 5)

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensin eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade. Konsekvenserna liknar de som uppstår vid en olycka med massexplosiva ämnen och utfallet påverkas av mängden explosiv blandning.

Exempel på oxiderande ämne är väteperoxid, vilket är det mest frekvent transporterade ämnet i transportklassen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs bedömningen att dödliga skador kan förekomma upp till ca 50 meter ifrån en explosion motsvarande 2-3 ton. Skador på lungor och trumhinnor, på grund av trycket, kan uppkomma upp till ca 100 meter ifrån olycksplatsen. Skador på grund av splittr från fönster och flygande material kan inträffa upp till ca 500 meter från en olycka.

## 5.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser

För att beräkna sannolikheten för identifierade händelser används faktorer som exempelvis antalet transporter av farligt gods för varje specifik ämnesklass, platsspecifika egenskaper så som vindhastighet, sannolikhet för antändning, olycksfrekvens etc. Beräkningar av sannolikheten redovisas i bilaga A.

## 5.9 Konsekvenser av identifierade händelser

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods.

Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs kommuns översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar i Effekt plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2012). Utförlig beskrivning av konsekvenser redovisas i bilaga B.

## 6 Beräkning och bedömning av risknivå

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå för det aktuella planområdet och jämförelser görs mot valda kriterier. I beräkningen av risknivå inkluderas inte risken från mekanisk konflikt mellan en urspårad järnvägsvagn och planerad bebyggelse. Detta då avståndet mellan planerad bebyggelse och närmsta spår är över 25 meter och skydd mot urspårning rekommenderas som en skyddsåtgärd.

### 6.1 Individrisk för aktuellt område

I tabell 10, tabell 11 och tabell 12 presenteras individrisken på olika avstånd till vägen, närmsta spår där farligt gods kan transporteras och närmsta spår där farligt gods normalt transporteras.

Röda siffror i tabellen indikerar att risknivån är hög och ej acceptabel, enligt individriskkriterier som DNV föreslagit, varför skyddsåtgärder skall införas vid exploatering inom denna zon. Enligt samma kriterier indikerar gula siffror i tabellen att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

**Tabell 10.** Beräknad individrisk för olika intervall längs med Södra länken.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad vägsträcka	
	Ute	Inne
0-25	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$
25-50	$8,2 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-6}$
51-100	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$
101-150	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$6,2 \cdot 10^{-9}$
151-200	$7,1 \cdot 10^{-9}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

**Tabell 11.** Beräknad individrisk för olika intervall längs med järnvägen (närmsta spår där farligt gods kan transporteras).

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad spårsträcka	
	Ute	Inne
0-25	$8,9 \cdot 10^{-9}$	$6,1 \cdot 10^{-9}$
25-50	$2,7 \cdot 10^{-9}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$
51-100	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
101-150	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
151-200	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

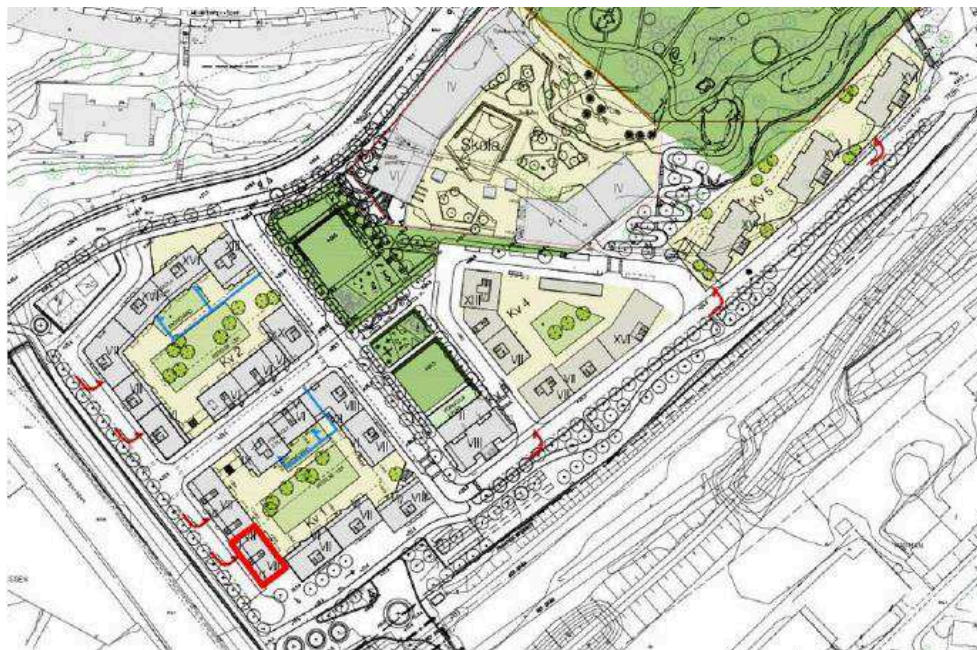
**Tabell 12.** Beräknad individrisk för olika intervall längs med järnvägen (närmsta spår där farligt gods normalt transporteras).

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad spårsträcka	
	Ute	Inne
0-25	$8,0 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$
25-50	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$
51-100	$9,6 \cdot 10^{-9}$	$5,7 \cdot 10^{-9}$
101-150	$1,7 \cdot 10^{-9}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
151-200	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

I figur 14 presenteras den del utav planerad bebyggelse där individrisken kan förväntas vara som högst. Att risken är störst i denna del beror på att byggnaderna ligger på kortast möjliga avstånd till samtliga farligt godsleder:

- Avstånd till vägen: 100-150 meter
- Avstånd till järnvägen (det spår där 10% av farligt gods bedöms transporteras): 50-100 meter
- Avstånd till järnvägen (det spår där 90% av farligt gods bedöms transporteras): 100-150 meter





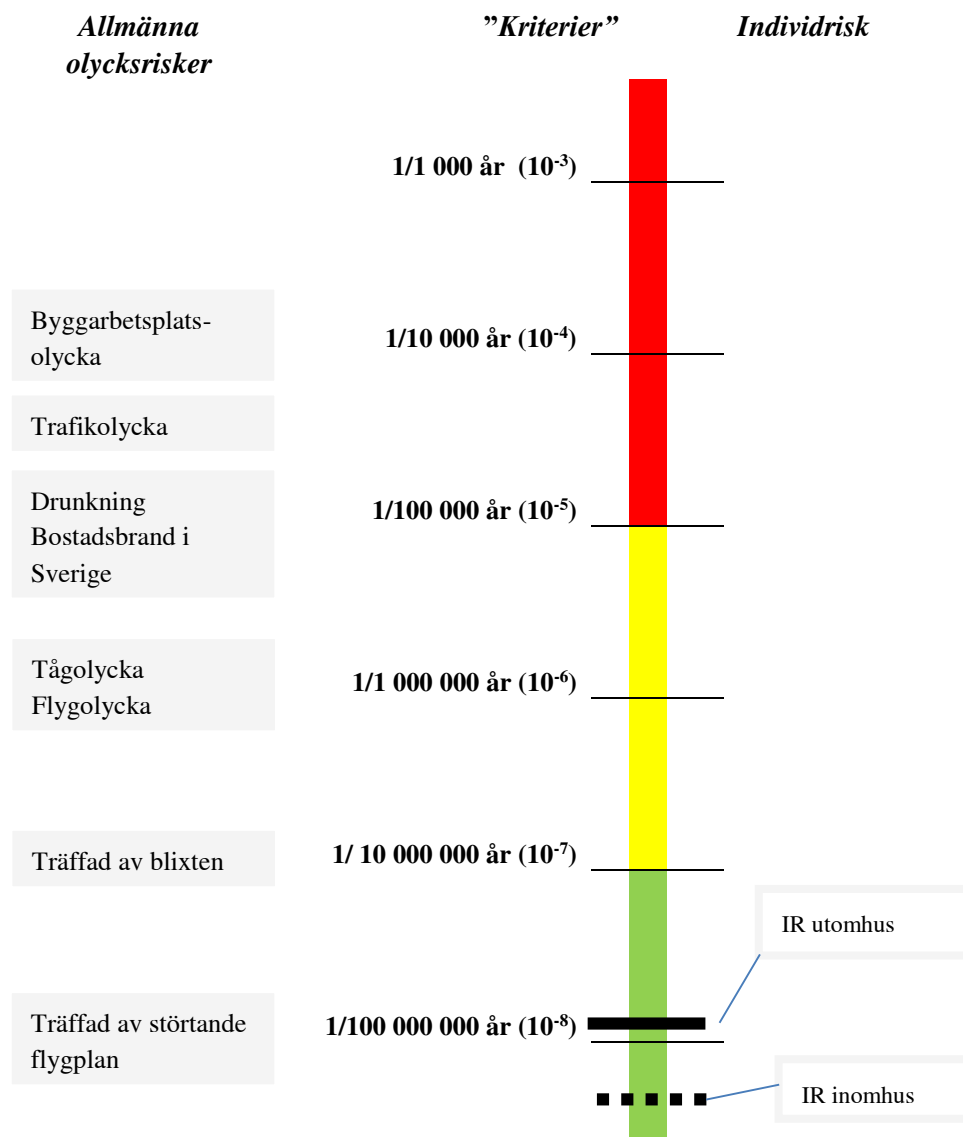
**Figur 14.** Den mest utsatta delen av planområdet är den del vilken ligger närmast både vägen och järnvägen. I figuren är den planerade bebyggelsen i detta område markerat med rött.

Individrisken för boende inom det mest utsatta området presenteras i tabell 13.

**Tabell 13.** Individrisk för boende inom det mest utsatta området enligt figur 13.

Individrisk för personer inom det mest utsatta området	
Ute	Inne
$1,8 \cdot 10^{-8}$	$7,0 \cdot 10^{-9}$

I figur 15 jämförs individrisken på den mest utsatta delen på planområdet med andra risker som finns i samhället.

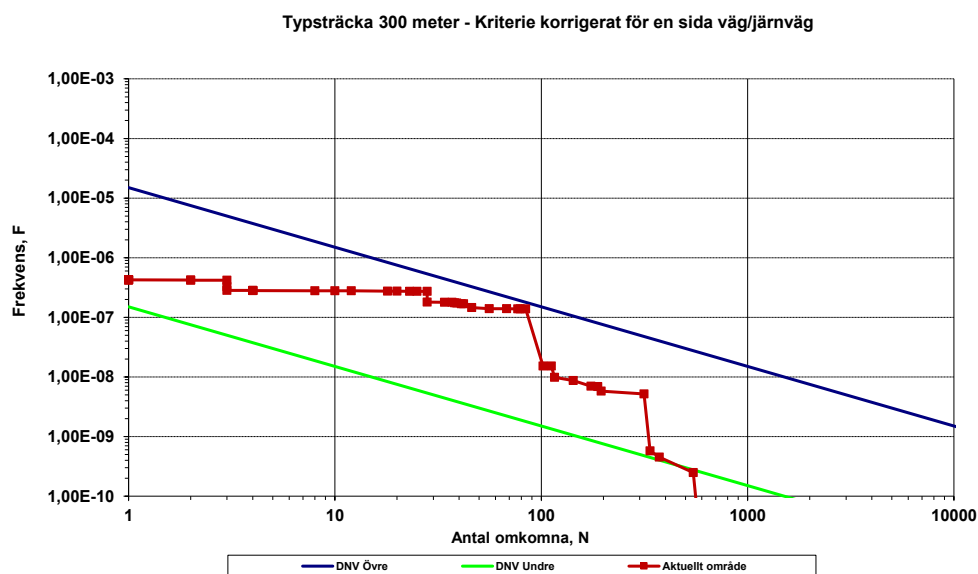


**Figur 15.** Individrisknivå i den mest utsatta delen av planområdet jämfört med några andra risker samt DNV:s individriskkriterier. IR=Individrisk. Streckade linjer avser individrisken utomhus. Svart streck presenterar individrisken inomhus. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gult område indikerar en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Grönt område indikerar en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

Enligt de resultat som presenteras i figur 15 samt tabell 13 är individrisknivån med avseende på farligt godsolyckor acceptabel utan särskilda säkerhetshöjande åtgärder även på den mest utsatta delen av planområdet.

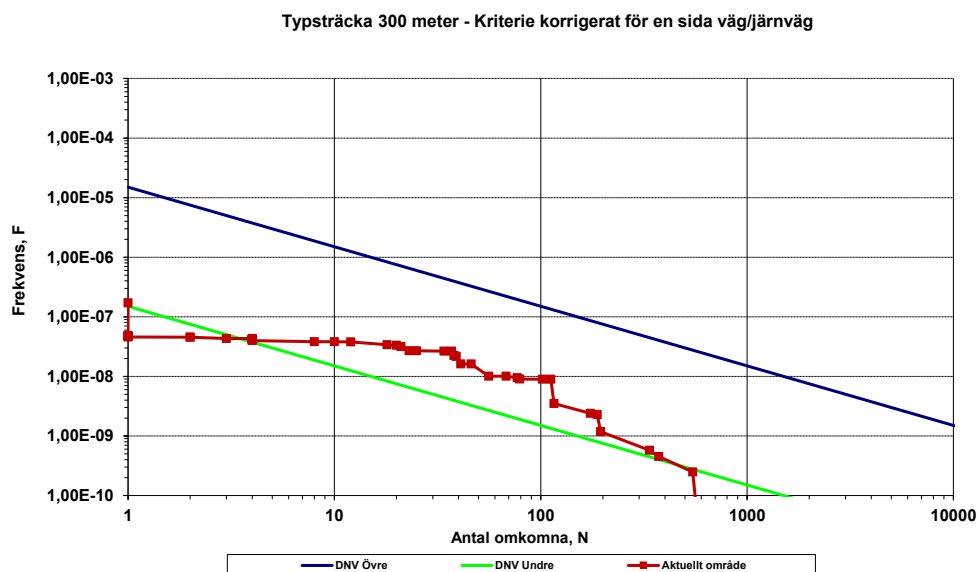
## 6.2 Samhällsrisk för aktuellt område

I figur 16 presenteras en FN-kurva för det studerade området tillsammans med DNV:s kriterier för samhällsrisk. I FN-kurvan är riskerna från samtliga farligt godsleder inkluderade, även risken för de personer som vistas i skolan samt i lager- och kontorsbyggnaden, vilken är placerad mellan Södra länken och planområdet, är inkluderad i figuren.



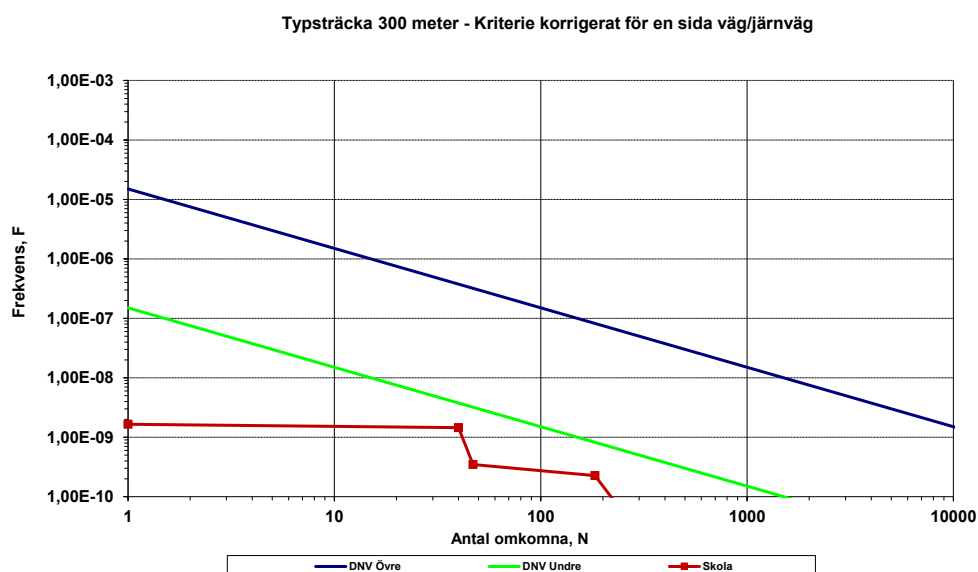
**Figur 16.** Samhällsrisk för det studerade området inklusive skolan samt lager- och kontorsbyggnaden i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje). Kriterier justerade för att gälla 300 meter.

I FN-kurvan som presenteras i figur 17 har risken för de personer som vistas i lager- och kontorsbyggnaden utelämnats, detta för att belysa betydelsen av den existerande byggnaden.



**Figur 17.** Samhällsrisk för det studerade området inklusive skolan men exklusive lager- och kontorsbyggnaden i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje. Kriterier justerade för att gälla 300 meter.

Samhällsrisk om endast Årstabergsskolan tas i beaktning presenteras i figur 18.



**Figur 18.** Samhällsrisk för skolan i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje. Kriterier justerade för att gälla 300 meter.

Samhällsrisk för skolan är låg då avståndet till Södra länken är över 200 meter och avståndet till järnvägen är över 75 meter. Vidare så utgörs merparten av det farliga gods som transporteras på järnvägen av brandfarlig vätska vilken bedöms ha ett begränsat konsekvensområde (< 50 meter), varför detta inte påverkar risknivån för skolan.

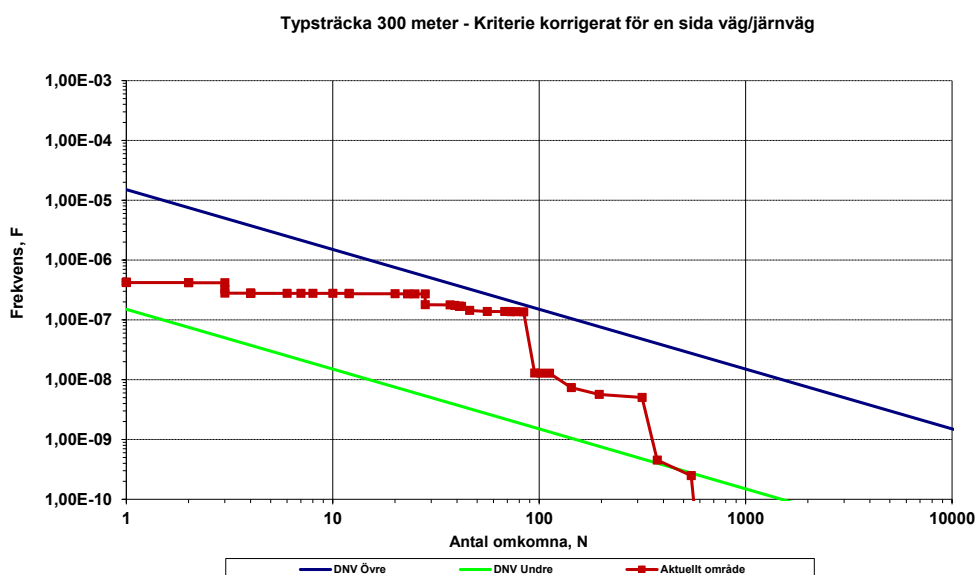
### 6.2.1 Samhällsrisk med skyddsåtgärder

Då risknivån hamnar inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt, rekommenderas skyddsåtgärder. Den riskreducerande effekten av följande skyddsåtgärder har kvantifierats för fastigheten Packrummet:

- › Fasader på ett avstånd kortare än 50 meter från närmsta spår utförs med ytskikt i obrännbart material.
- › Friskluftsintag är placerade högt och vetter från farligt godsled (Södra länken och järnvägen).

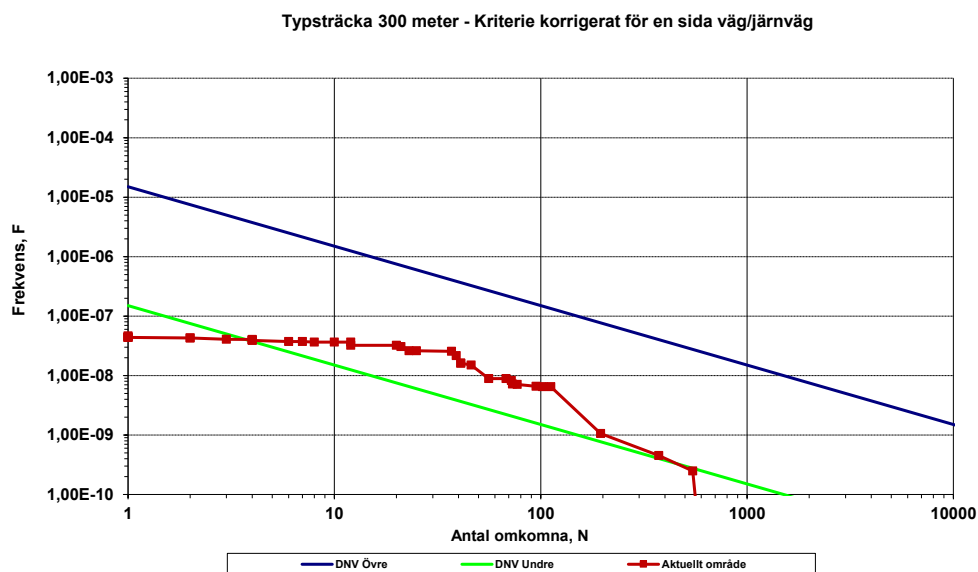
För skolan samt lager- och kontorsbyggnaden har inga riskreducerande åtgärder tagits i beaktning.

Resultatet då den totala samhällsriskens beräknats med skyddsåtgärder presenteras i figur 19.



**Figur 19.** Samhällsrisk för det studerade området inklusive skolan samt lager- och kontorsbyggnaden i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje). Kriterier justerade för att gälla 300 meter. Den riskreducerande effekten från fasader med ytskikt i obrännbart material samt luftintag placerade högt och vända från leden har tagits i beaktning för fastigheten Packrummet.

Resultatet då samhällsrisknivån för fastigheten Packrummet samt skolan tas i beaktning presenteras i figur 20. Skyddsåtgärder har endast tagits i beaktning för Packrummet.



**Figur 20.** Samhällsrisk för det studerade området inklusive skolan men exklusive lager- och kontorsbyggnaden i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje). Kriterier justerade för att gälla 300 meter. Den riskreducerande effekten från fasader med ytskikt i obrännbart material samt luftintag placerade högt och vända från leden har tagits i beaktning för fastigheten Packrummet.

Vid en jämförelse mellan figur 16 och figur 19 samt mellan figur 17 och figur 20 kan en minskning av antalet olyckor som leder till 100 eller fler dödsoffer noteras, när effekten av de rekommenderade skyddsåtgärderna tas i beaktning.

### 6.3 Diskussion kring resultat

Individrisk: Jämfört med de acceptanskriterier som diskuteras i denna rapport ligger individrisken på den mest utsatta delen av planområdet, se figur 14 och 15, på en nivå som anses som låg.

Samhällsrisk: Jämfört med DNV:s kriterier hamnar samhällsriskens inom den zon där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsförmåligt. Vid en jämförelse av figur 15 och 16 framgår det att de personer som vistas i lager- och kontorsbyggnaden ger ett mycket stort bidrag till den samlade samhällsriskens. Skolan ger däremot ett mycket litet bidrag till den totala samhällsriskens då avståndet till farligt godsleder är relativt stort.

### 6.4 Diskussion kring skadade personer

I analysen har beräkningar baserats på bedömt antal *omkomna* vid olika olycksscenario. Det finns två huvudanledningar till detta:

- De kriterier som används är baserade på antal omkomna

- › Tillgängliga beräkningsverktyg för att beräkna individrisk, och samhällsrisk i form av FN-kurvor beräknar antal omkomna.

Fördelarna med detta ligger i tydlighet och möjlighet att jämföra med andra risker i samhället. Nackdelar är att:

- › Samhället är utsatt för både dödsfalls- och skaderisker.
- › Vid vissa olyckor, t.ex. utsläpp av toxisk gas, kan antalet dödsfall vara begränsat, medan antalet skadade människor kan vara stort och betydligt högre än t.ex. vid en brandolycka.

Det skulle därför i princip vara önskvärt att kriterier för värdering av risk tog hänsyn till både skade- och dödsfallsrisker. Några olika metoder för detta har prövats internationellt:

- › Begreppet “motsvarande dödsfall” (användes bl.a. i Groningenkriteriet - ett tidigt Holländskt riskkriterium). Antalet skadade adderas där till antalet dödsfall genom bruk av viktfactorer, t.ex. 0,01 för lätt skadad och 0,1 för permanent skada.
- › Begreppet “farlig dos” som används i Storbritannien (HSE) istället för dödsfall i samband med kriterier för den fysiska planeringen. En “farlig dos” är definierad att orsaka följande effekter:
  - › Stora smärtor hos nästan alla personer.
  - › En stor del av de utsatta behöver läkarvård.
  - › Några personer är allvarligt skadade och behöver förlängd medicinsk vård.
  - › Några mycket känsliga personer kan omkomma.

Detta kräver dock att en “farlig dos” måste definieras för varje ämne.

- › Konsekvenskriterier som används i Australien (NSW kriterier). Dessa definierar skador i form av nivåer för värmestrålning, explosionsövertryck och exponering av toxisk gas. Den individuella skaderisken skall inte vara större än 10 till 50 gånger dödsfallsrisken, beroende på skadans allvarlighet.

Även om dessa metoder har den fördelen att de tar hänsyn till skadeeffekter så har de också vissa nackdelar:

- › Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att “dödliga doser” finns definierade.



- › Riskanalyser och riskkriterier har utvecklats mot att beakta dödsfallsrisker och ett skadefallskriterium är därför svårt att jämföra med dessa.

Det bör också påpekas att även om det kan vara önskvärt att beakta skador på ett mer konkret sätt än vad som normalt görs i kvantitativa riskanalyser så finns det en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skador, även om denna relation är olika för olika olyckstyper. Genom att kontrollera risk för dödsfall utövas därmed även, om än indirekt, kontroll över risk för skador.

För att *exemplifiera* förhållandet mellan omkomna och skadade ges nedan en kort sammanställning av några inträffade händelser och utredningar. *Man ska observera att händelserna/utredningarna är valda enbart för att ge exempel på förhållande mellan omkomna och skadade och inte för att de anses specifikt relevanta för den aktuella etableringen.*

#### Olycka med brandfarlig vara

Ett antal lastbilsolyckor med brandfarlig vara har inträffat både i Sverige och utomlands. Exempel på händelser i Sverige är Falkenberg 2005 och Kungälv 2012. Vid dessa händelser har lastbilsföraren omkommit medan övriga personer fått inga eller lindriga skador. Dessa händelser inträffade dock inte i tätbebyggt område. Förutsatt att brandspridning till omgivningen förhindras bedöms dock att antalet skadade personer kommer att vara lågt vid denna typ av händelser.

#### Olycka med brandfarlig gas

I Viareggio i Italien inträffade år 2009 en järnvägsolycka där en gasolvagn skadades och gas läckte ut. Gasen spreds bland småhusbebyggelse, antändes och orsakade en explosion med efterföljande brand. Omkring 1 000 personer i området kring stationen evakuerades eftersom det fanns risk att ytterligare tankar skulle rämna på grund av brandpåverkan. Händelsen resulterade i 32 omkomna och 26 skadade personer.

#### Olycka med giftig gas

I februari år 2005 spårade ett godståg med 780 ton klor i tolv vagnar ur i Ledsgård norr om Kungsbacka. Fyra av vagnarna skadades men något läckage uppstod ej.

I den utredning som FOI genomförde beräknades skadeutfall vid olika tänkbara scenarier (FOI, 2007). För det fall som betecknades som ”dimensionerande”, där en järnvägsvagns innehåll (ca 60 ton) antogs läcka ut under en timma bedömdes antalet omkomna, svårt skadade och lätt skadade till 1, 50 respektive 200.



## 7 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

Risikanalys innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, m.m. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet och hur robusta slutsatserna är. I beräkningar antas att transporter ökar med 15 % för att representera ett framtidsscenario. Det finns inga prognoser som bekräftar en ökning av godstransporterna. Vidare har det antagits att andelen tunga transporter på den aktuella vägsträckan har varit konstant sen 1998 (innan Södra länken var färdigställd). Detta anses vara ett konservativt antagande varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

De områden som bedöms mest osäkra är olycksstatistik för att olycka skall inträffa och att utfallet blir så som det antagits. Olycksfrekvensen för tankbilstransporter är baserad på statistik från SIKA. Några justeringar för lokala förhållanden har ej gjorts. Olycksfrekvensen baseras på olycksstatistik på vägar där hastigheten oftast är 90 km/h och bedömningen är att denna frekvens är tillämpbar för aktuell sträcka. Inga konsekvensbegränsande omständigheter har tagits i beaktning vid beräkning av risknivå för det aktuella planområdet. Exempelvis skärmas området av från Södra länken genom den lager- och kontorsbyggnad samt den vall som är belägna mellan vägen och området, vilket inte har tagits i beaktning. Detta anses ge en konservativ bedömning utav möjliga konsekvenser.

Den samlade bedömningen är att de redovisade resultaten avseende samhälls- och individrisk är realistiska och kan användas som en grund för bedömning av risknivån och som stöd för arbetet med lämpliga skydd och krav på området med avseende på farligt gods.

## 8 Skyddsåtgärder och slutsats

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för studerat område. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

I Länsstyrelsernas riktlinjer för riskhanteringsprocessen, se kapitel 2.3.2, anges inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonen är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Användningsområdet i zon A, som är zonen närmast vägen, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar och trafik. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för parkeringar, sällanköpshandel, låg personintensiv verksamhet och kontor. Markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, övrig handel, skolor, hotell, konferens etc. Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län (2000) medges bostäder fram till 75 meter från vägkant och 50 m från närmsta järnvägsspår. Området 0-25 meter ifrån vägen skall vara bebyggelsefritt men kan användas exempelvis för grönområden.

Syftet med ett bebyggelsefritt område är att:

- › Förhindra att ett avåkande fordon kommer i konflikt med byggnader. Detta för att undvika förvärrad situation genom skada på farligt godsbehållare och/eller byggnad.
- › Möjliggöra räddningsinsatser.
- › Begränsa antalet personer som påverkas av en eventuell olycka.

Avståndet utgör dessutom en reduktion av buller och möjliggör för eventuella kompletteringar av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation.

Jämfört med kriterier från DNV hamnar individrisken på en låg nivå vilket innebär att inga riskreducerande åtgärder erfordras med avseende på individrisken. Samhällsrisken hamnar enligt DNV:s kriterier på en nivå där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. Skolan har mycket liten påverkan på samhällsriskenivån. Samhällsrisken påverkas dock kraftigt av den lager- och kontorsbyggnad vilken är placerad mellan Södra länken och det aktuella planområdet. Om denna byggnad utelämnas i riskberäkningarna hamnar samhällsrisken i den nedre delen av ALARP-området.

När planerna jämförs med de riktlinjer som analysen utgår ifrån (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000) erhålls följande resultat:

- › Avståndet mellan vägen och planområdet är ca 100 meter vilket överensstämmer med riktlinjerna (minsta avstånd 75 meter)
- › Avståndet mellan det spår där 90 % av farligt godstrafiken bedöms komma att gå och planområdet är ca 75 meter vilket överensstämmer med riktlinjerna (minsta avstånd 50 meter)
- › Avståndet mellan det spår där 10 % av farligt godstrafiken bedöms komma att gå och planområdet är strax under 50 meter vilket är något under, men i samma storleksordning som, riktlinjerna (minsta avstånd 50 meter)
- › Avståndet mellan närmsta spår och planområdet är ca 30 meter. Detta ger ett bebyggelsefritt område 0-30 meter ifrån järnvägen vilket överensstämmer med riktlinjerna (bebyggelsefritt område 0-25 meter från järnvägen).

## 8.1 Skyddsåtgärder

Utifrån de resultat som diskuteras i denna rapport föreslås att följande punkter beaktas vid fortsatt arbete:

- › Ett bebyggelsefritt område på 25 meter från närmsta spår ska upprätthållas.
- › Området mellan planerad bebyggelse och järnvägen skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- › Minst en utrymningsväg skall finnas som ej vetter mot järnvägen på byggnader inom 50 meter från järnvägen. Entréer etc. till byggnader som är placerade på ett avstånd mindre än 50 meter från järnvägen bör om möjligt placeras på ett sätt så att de inte vetter mot järnvägen.
- › Baserat på redovisade skisser har ett minsta avstånd på ca 40 meter uppskattats mellan planerad bebyggelse och närmsta befintliga järnvägsspår. Detta avstånd bedöms fullt tillräckligt för att förhindra mekanisk konflikt även i händelse av en allvarlig urspårning. Ett minsta avstånd av 30 meter har bedömts mellan planerad bebyggelse och eventuellt framtida spår. Detta avstånd är i normala fall också fullt tillräckligt för att förhindra mekanisk konflikt. I detta fall ligger dock en del av området lägre än järnvägen, varför, vid en framtida spårutbyggnad, kompletterande skydd t ex i form av kantbalk bör anordnas för att förhindra mekanisk konflikt.

- › Transporter av farligt gods går normalt på ett avstånd av mer än 50 meter från närmsta bebyggelse. Med detta avstånd erfordras inga fasadåtgärder avseende brand. Eftersom 10 % av transporter av farligt gods bedöms komma att ske på ett avstånd av strax under 50 meter rekommenderas emellertid följande åtgärder:
  - › Alla fasader på ett avstånd kortare än 50 meter från det spår på vilket 10 % av farligt gods transporteras bedöms komma att ske skall utföras med ytskikt i obrännbart material.
- › Värdera lämplig placering för luftintag med avseende på giftig gas. Friskluftsintag bör inte finnas på fasad som vetter mot farligt godsled (Södra länken och järnvägen).

Det skall poängteras att det primära instrumentet för att uppnå en god säkerhetsnivå är avstånd, snarare än tekniska åtgärder.

## 9 Referenser

Banverket (2009), *PM Godstransporter genom Stockholm, en scenarioanalys för 2020, några år efter Citybanans öppnande*, Banverket expertstöd Samhälle Stockholm, mars 2008

Brandskyddslaget (2013), *Inledande riskanalys Årstabergsskolan avseende transporter med farligt gods på järnvägen*, Rev. 2.1, 2013-09-03

Clancey V.J.(1972), *Diagnostic Features of Explosion Damage*, 6th int. Meeting of Forensic Sciences, Edinburgh, 1972

COWI (2012), *Komplettering av riskutredning (Brohuset)*, 2012-11-26

DNV (2010), *PHAST v6.6, 2010 DNV Software*, Oslo

FBE (2008), *Riskanalys avseende transporter av farligt gods förbi Projektet Mölndals centrum*, Rev 07, 2008-06-12, FB Engineering AB

FOA (1995), *Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen*, FOA-R-00153-4.5

FOA (1997), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker* FOA rapport 97-00490-990-SE

FOI (2007), *FOI Tågurspårningen i Kungsbacka* FOI-R-2286-SE.

Forsen Projekt AB (2013), e-mail, Johan Berg Forsen Projekt AB 2013-09-03

Fredén (2001), *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket, Miljösektionen. 2001:5.

Green Cargo 2011, *Uppgifter från Green Cargo (ansvarig farligt gods)*, Green Cargo

GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*.



GÖP (2009), *Översiktsplan för Göteborg. Riksintressen, Miljö- och riskfaktorer*. Antagen 2009-02-26, Stadsbyggnadskontoret

Länsstyrelsen i Stockholms län (2000), *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*, Rapport 2000:01, Januari 2000

Länsstyrelserna (2006), Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006

MSB (2008-2010); Rapporterade Olyckor och tillbud för år 2008/2009/2010

MSB (2010), Räddningstjänst i siffror, Statistik och analys 2009 Publikation; MSB0185-10

RIB (2012), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering* RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)

SHK (2007), Olycka med tåg 5525 - påkörning av stoppbock med påföljande urspårning – i Ledsgård, N län, den 28 februari 2005 Rapport RJ 2007:2, Statens Haverikommission.

SHK (2008), Vägtrafikolycka med drag- tankfordon och personbilar samt åtföljande brand vid trafikplats Heberg på väg E6 söder om Falkenberg, N län, den 21 november 2005. Rapport RO 2008:03, Statens Haverikommission.

SIKA (2008), *Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2007*, SIKA 2008:13

SRV (2008), *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*. Handbok Maj 2008. Räddningsverket

SRV (2006), *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006*, Räddningsverket

SRV (1997), *Värdering av risk, s.21-182/97*, MSB (tidigare Räddningsverket)

SRV (1996), *Riskbedömning vid transport av farligt gods*. B20-194/96, Räddningsverket 1996

TNO (2005), Guideline for Quantitative Risk Assessment, part one Establishments and part two Transport. Purple book.

Trafikverket (2011a), e-mail, Hans Öhman Trafikverket 2011.05.11

Trafikverket (2011b), e-mail, Armin Ruge, Trafikverket 2011.10.12

Trafikverket (2011c), e-mail, Per Köhler, Trafikverket 2011.10.13

Trafikverket (2011d), Telefonsamtal, Per Köhler, Trafikverket 2011.10.26

Trafikverket (2013), Trafikflödeskarta - Presentation av kommunala mätningar,  
Hämtad: 2013-09-19

VTI (1994), Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg. VTI rapport Nr 387:4

WUZ (2011), Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods. Helsingborg stad

Yellow book (1997). van den Bosch, C.J.H and Weterings, R.A.P.M (1997)  
Methods for the calculations of physical effects, Yellow Book CPR 14E part 1 and 2, 3rd edition, Committee for the Prevention of Disasters, the Netherlands

## Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

I denna bilaga redovisas underlag för olyckor och olyckseffekter avseende farlig gods.

### Frekvens för vägolycka med farligt gods

I detta kapitel redovisas underlag och frekvenser för trafikolyckor inom väg som kan orsaka en farligt godsolycka. Resultatet redovisas i form av frekvenser av trafikolyckor per lastbil kilometer och år.

Olycksfrekvens som används för grundberäkningar kommer ifrån en bedömning av material som inrapporterats till MSB. Det finns olika uppgifter om antalet inrapporterade olyckor till MSB och sammanställningar visar på allt från 13 olyckor per år till upp mot 80 inrapporterade händelser per år där farligt godsskyttade fordon varit inblandade. Vid en jämförelse mellan olika metoder och källor har bedömningen gjorts att 40 olyckor per år är ett lämpligt värde att använda för beräkningar med nationella värden.

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

- Antal olyckor med farligt gods per år: 40
- Antal körsträcka tunga fordon:  $2,5 \cdot 10^9$  fordon km per år (SIKA, 2008)
- Antagandet att andelen farligt gods utgör 4 % av de tunga transporterna baserat på uppgifter från trafikanalys om transportarbete (se beräkning i bilaga C).
- Total körsträcka med farligt godsfordon blir då:  $0,04 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 1 \cdot 10^8$  km/år

Detta ger en olycksfrekvens på  $4 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbils-km.

### Frekvens för järnvägsolycka med farligt gods

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person är:

- Ursparning
- Sammanstötning
- Brand
- Sabotage
- Plankorsningsolyckor

samt kombinationer av dessa.

När det gäller risker för farligt gods är de viktigaste olyckstyperna ursparning och sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med ursparning eller sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler. Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från räddningstjänst, t.ex. tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med uppställning av vagnar vid t.ex. rangering.

Exempel på orsaker till ursparning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordsonsfel, växelfel och lastförskjutning.

Dominerande orsaker till sammanstötningar är olika typer av mänskligt felhandlande hos exempelvis förare, tågledning eller bangårdspersonal, men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Sammanstötningar mellan tåg på linjen är mycket sällsynt, däremot förekommer kollision med t.ex. arbetsfordon eller annat hinder. Sammanstötning under växling/rangering är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel inga eller små skador som följd. Denna studie behandlar inte växlings- och rangeringsverksamhet.

Den första mer systematiska studien i Sverige av frekvenser för järnvägsolyckor som kan hota omgivningen gjordes av VTI (1994). Detta arbete utvecklades senare i Fredén (2001). Därefter har det, i samband med olika större infrastrukturprojekt, genomförts ett antal studier av ursparnings och sammanstötningsfrekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

Ursparning:  $6,7 \cdot 10^{-7}$  per tåg km

Sammanstötning:  $6 \cdot 10^{-8}$  per tåg km

Dessa värden är baserade på (VTI, 1994) och används även i Göteborgs översiktsplan (1999). Risk för ursparning ger det dominerande bidraget. Använt värde är något konservativt jämfört med Fredén (2001) som för ett normaltåg ger en ursparningsfrekvens av  $5,2 \cdot 10^{-7}$  per tåg km (exklusive bl.a. solkurvor och växlar). Bedömningen är att det använda värdet är rimligt, men möjligen något konservativt.

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en ursparning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en

sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

### Skalning av olycksfrekvenser

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en begränsad sträcka. Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större.

### Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en väg-/järnvägsolycka med farligt gods inträffat. Sannolikheter och frekvenser för olika scenarier redovisas.

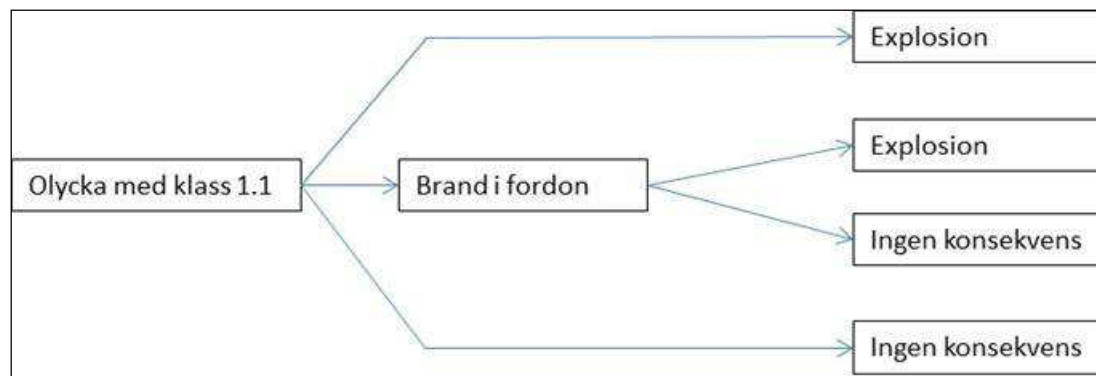
Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. pölbränder och explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten för exponering reduceras. I följande fall tillämpas en reduktion av olycksfrekvensen:

- › Jetbrand: Reducering med en faktor 1/6 eftersom en begränsad sektor påverkas.
- › Gasmolnsbrand och giftigt gasmoln: Bedöms främst påverka omgivning i vindriktningen, en reduktion med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

## A.1 Olycka med massexplosivt ämne

Figur A.1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplosiva ämnen.



**Figur A.1.** Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen

## Vägoolycka

Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Utöver risken för olycka med transport av farligt gods finns risken för brand i fordonet som är skattat till  $1 \cdot 10^{-7}$  enligt Sv. försäkringsförbundets statistikavdelning. Det antas att 1 % av brand i fordon resulterar i en explosion. I GÖP antas 50 % av bränder i fordon resultera i explosion vilket dock bedöms som mycket konservativt varför detta värde har justerats. Med antaganden enligt ovan hamnar sannolikheten för en olycka på en nivå som motsvarar utländska uppgifter (statistik från Storbritannien om frekvensen för detonation) (WUZ, 2011) och uppgifter från branschen. Dessa antaganden bedöms vara rimliga.

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01 + 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,01$$

$$\text{Olycka} \cdot \text{Antal klass 1.1} \cdot \text{explosion} + \text{Brand i fordon} \cdot \text{antal klass 1.1} \cdot \text{explosion}$$

## Järnvägsolycka

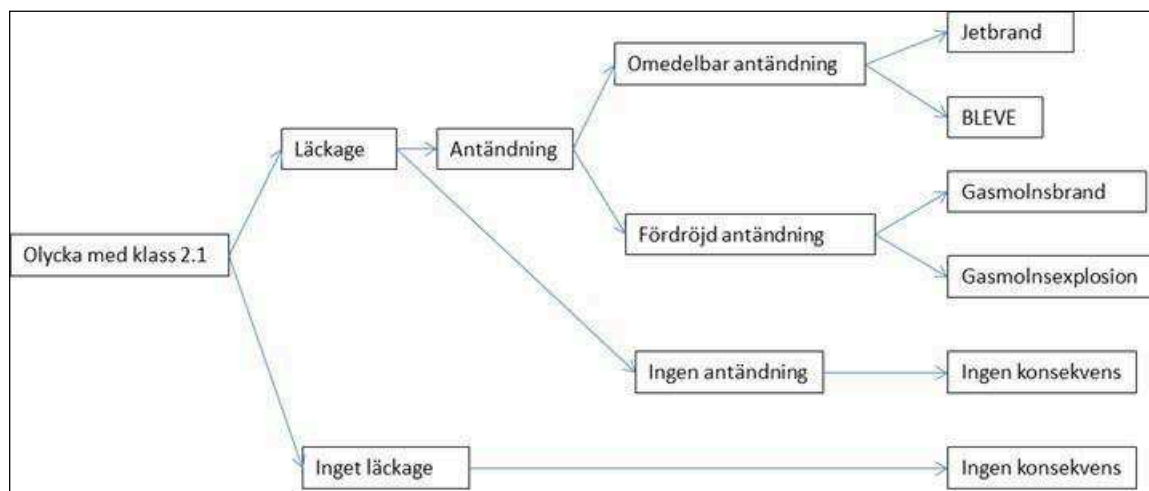
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplodivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspärning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexpllosion är beräknad till  $4,8 \cdot 10^{-8}$  för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4,8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass 1.1}}$$

## A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

Möjliga händelseförlopp vid en olycka med brandfarlig gas redovisas i figur A.2.



**Figur A.2.** Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

- › Ingen antändning.
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- › Om jetbranden tillåts värma upp tanken under längre tid, eller om tanken havererar/försvagas på grund av skador kan en BLEVE (Boling Liquid Expandning Vapour Explosion) inträffa.
- › Vid en fördröjd antändning kan ett gasmoln bildas som vid antändning ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › En antändning av ett gasmoln kan ge upphov till en gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. I WUZ (2011) relateras till ett antal källor och följande sannolikheter används:

- › Ingen antändning: 30 %
- › Jetbrand: 19 %
- › BLEVE: 1 %
- › UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50 %

Dessa värden bedöms rimliga med tillägget att kategorin UVCE bör delas upp i två scenarier, enligt figur A.2. Ett scenario med gasmolnsbrand utan övertryck och ett med övertryck. En fördelning av 80/20 mellan dessa scenarion tillämpas baserat på TNO (2005).

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE.

### VägoLycka

Sannolikhet att en olycka med klass 2.1 ska resultera i ett läckage bedöms utifrån SRV (1996). Index för farligt godsolycka, d.v.s. att en olycka resulterar i ett utsläpp anges här till mellan ca 0,2 till 0,4 vid hastigheter mellan 70 till 110 km/h. Detta gäller samtliga typer av tankar. För tjockväggiga tankar reduceras värdet med en faktor 30. Med ett genomsnittligt index av 0,3 och en reducering med en faktor 30 erhålls en sannolikhet för läckage av 0,01, d.v.s. en olycka av 100 resulterar i läckage. Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

#### Jetbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.19$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med brandfarlig gas \* andel jetbrand



### Gasmolnsbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka\* Läckage\*justering för trycksatt tank\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsbrand

### Gasmolnsexplosion

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka\* Läckage\*justering för trycksatt tank\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsexplosion.

### BLEVE

Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01$$

Olycka\* Läckage\*justering för trycksatt tank\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel BLEVE.

### **Järnvägsolycka**

Frekvens att en gastanksolycka med utsläpp och antändning ska inträffa är  $1,3 \cdot 10^{-9}$  per vagn och år, på en sträcka av två km (GÖP, 1999). Läckagesannolikhet ingår då med 0,01 och antändningssannolikhet med 0,7. Detta innebär att frekvensen för att en gasolvagn utsätts för olycka är  $= 0,93 \cdot 10^{-7}$  per vagn och år för en km.

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

### Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel jetbrand

### Gasmolnsbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsbrand

### Gasmolnsexplosion

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka\* Läckage\* antal transporter med brandfarlig gas \*andel gasmolnsexplosion.

### BLEVE

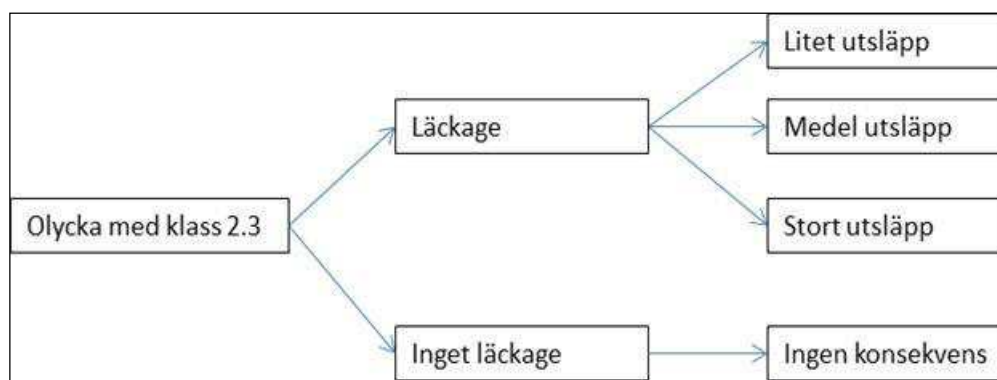
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka \* Läckage \* antal transporter med brandfarlig gas \* andel BLEVE \* fall då utrymning ej sker.

### A.3 Olycka med giftig gas

Figur A.3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



**Figur A.3.** Händelseförlopp vid olycka med giftig gas.

Storleken på ett läckage kan variera, följande indelning görs för läckage:

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar. Fördelningen mellan medelstort och stort utsläpp är satt till 50/50 vilket resulterar i liknande storleksordning som finns angivet i TNO för liknande händelser. I denna analys bortser vi från packningsläckage.

#### Vägo-lycka

Sannolikheten för utsläpp av giftig gas (för medel/stort) beskrivs enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.3}} \cdot 0,5$$

Olycka \* Läckage \* justering för trycksatt tank \* antal transporter med giftig gas \* andel scenario (medel/stort)

#### Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är  $1,8 \cdot 10^{-9}$  per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

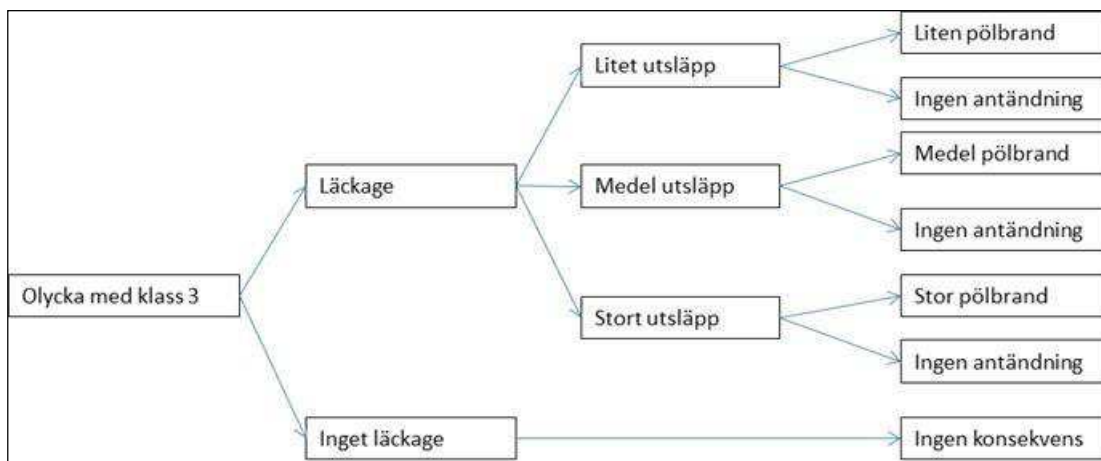
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$1,8 \cdot 10^{-9} / 2 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per 1 km\* antal transporter med giftig gas\* andel scenario (medel/stort)

## A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

Händelseförloppet för en olycka med brandfarlig vara illustreras av figur A.4.



**Figur A.4.** Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska.

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

- Medel utsläpp
- Stort utsläpp
- Liten pölbrand bedöms inte ha någon betydande omgivningspåverkan.

Antagandet görs att enbart brandfarlig vara klass 1 t.ex. bensin kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensin ca 40 % av totala petroleumprodukterna varför mängden klass 1 produkter antas utgöra 40 % av den totala mängden transporterad brandfarlig vara.

### Vägolycka

Sannolikheten för att ett läckage inträffar antas vara 0,3 för den aktuella vägsträckan (SRV, 1996). Fördelningen mellan de tre läckagescenarierna antas vara 1/3 för respektive scenario och sannolikheten för antändning antas vara 0,1 oberoende av läckagestorlek, detta antagande baseras på (TNO, 2005).

Sannolikheten för en olycka på väg (medel/stort utsläpp) kan beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot N_{\text{klass } 3} \cdot 0.1 \cdot 0.33$$

Olycka \* Läckage \* antal transporter \* Antändning \* scenario (medel/stort utsläpp)

### Järnvägsolycka

Sannolikheten för olycka med brandfarlig vätska baseras på Fredén (2001). Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

(sannolikheten för urspårning \* sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med brandfarlig vätska + sannolikhet för kollision \* sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med brandfarlig vätska) \* sannolikhet för läckage \* sannolikhet för antändning \* antal vagnar.

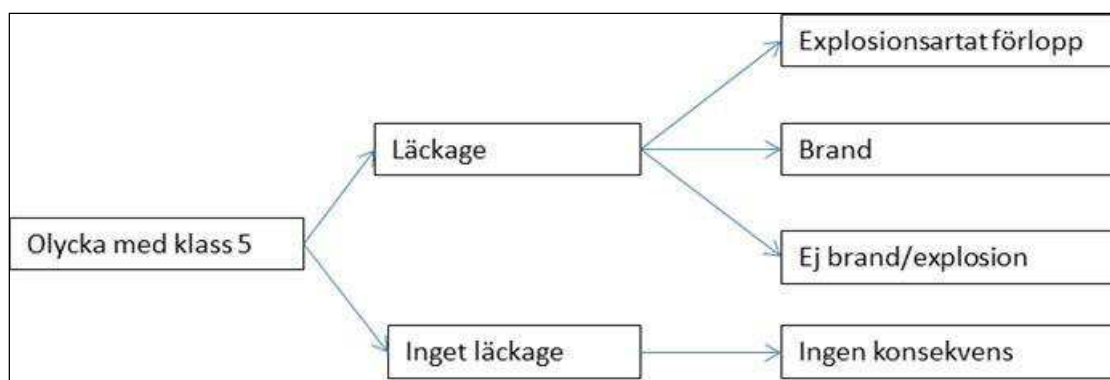
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

Mellan läckage:  $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass } 3}$

Stort läckage:  $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass } 3}$

## A.5 Olycka med oxiderande ämne - väg

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



Figur A.5. Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

### Vägoilycka

För farligt godsolycka krävs att både det oxiderande ämnet och brännbart material är inblandat. Att ett emballage, för oxiderande ämne, går sönder och att innehållet kommer ut på marken har antagits ske i 10 % av fallen vid en olycka. Sannolikheten för en *sidokrasch* med farligt godsfordon, som leder till

bränsleläckage från fordonets bensintank, är 15 % och sannolikheten att antändning sker antas vara 10 %. Med ovan antaganden och beräkningsgång som följer den som återfinns i Göteborgs översiktsplan kan sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen på väg beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,1$$

Olycka  $\cdot N_{\text{klass5.1}}$   $\cdot$  emballage sönder  $\cdot$  sidokrasch  $\cdot$  antändning

### Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är  $2,0 \cdot 10^{-11}$  per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$2 \cdot 10^{-11} / 2 \cdot N_{\text{klass5.1}}$$

## A.6 Resultat av beräkningar

I tabell A.1, tabell A.2 och tabell A.3 presenteras beräknad sannolikhet för respektive händelse av farligt gods på väg (Södra länken) respektive järnvägen.

**Tabell A.1.** Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Södra länken

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	2,46E-07
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	6,15E-08
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	4,67E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	9,83E-07
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	2,46E-07
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	4,65E-10
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	4,50E-08
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	4,50E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	3,02E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	1,51E-08
Olycka med klass 5 - explosion	1,00E-09

**Tabell A.2.** Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på järnvägen (närmsta spår där farligt godstransporter kan förekomma)

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	1,72E-09
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	3,62E-09
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	9,06E-10
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	4,53E-11
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	4,87E-10
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	7,31E-10
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	6,49E-09
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	3,25E-09
Olycka med klass 5 - explosion	2,15E-10



**Tabell A.3.** Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på järnvägen (närmsta spår där farligt godstransporter normalt förekommer)

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1 - Jetbrand	1,55E-08
Olycka med klass 2.1 - Gasbrand	3,26E-08
Olycka med klass 2.1 - Gasmolnsexplosion	8,15E-09
Olycka med klass 2.1 - BLEVE	4,08E-10
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (rörbrott)	4,38E-09
Olycka med klass 2.3 - utsläpp av giftig gas (punktering)	6,58E-09
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (medel utsläpp)	5,84E-08
Olycka med klass 3.1 - brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,92E-08
Olycka med klass 5 - explosion	1,93E-09

## Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

I detta kapitel redovisas först en övergripande tabell (tabell B.1) över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en tabell (tabell B.2) med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass. I tabell B.1 redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

**Tabell B.1.** Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

ADR- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning  Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand  Gasmolnsexplosion	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet <sup>1</sup> .  Små effekter utanför gasmolnet, mycket allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet.  Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och

<sup>1</sup> "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

ADR- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
	BLEVE	raserade byggnader.  Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, ”missiler” kan ge effekter på längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, m.m.
4 Brandfarliga fasta ämnen, m.m.	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning  Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet.  I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, m.m.	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet.
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet.
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet.

Området kring vägen har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse. Värden inom parentes ( ) på kondenserad giftig gas redovisar andel som används i beräkningar om ventilation placeras på tak. Nya beräkningar för resultat efter införda skyddsåtgärder genomförs ej då samhällskurvan ligger inom acceptabel nivå. För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

**Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.

**Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed delvis är skyddade. Denna siffra varierar beroende på byggnad och placering

**Tabell B.2.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på väg.

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplosivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1(0)	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolnsexplosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/1	1/0,5	0,5/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95 (0,25)	0,9/0,5 (0,1)	0,5/0,1 (0)	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1 (0,25)	1/1 (0,25)	1/0,5 (0,1)	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m <sup>2</sup> )	0,5/0,1(0)	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m <sup>2</sup> )	0,8/0,8(0)	0,2/0,1(0)	0/0	0/0	0/0

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

## B.1 Konsekvenser för massexplodivt ämne (klass 1.1)

Nedan följer material i form av gränsvärden, beräkningar och antaganden som används vid bedömningar för antal skadade och omkomna.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell B.3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell B.4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

**Tabell B.3.** Maximala infallande tryck för material och byggnader

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

**Tabell B.4.** Skador på människan vid olika infallande tryck

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥180 kPa
Lungskador	180-69 kPa
Trumhinneruptur (skador på trumhinnor)	69-21 kPa

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1972) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

### Beräkningsmetodik

Trycklaster har beräknats för händelsen att en explosion inträffar, antingen direkt eller efter en antändning i samband med en olycka. Konsekvensberäkningar har utförts i beräkningsprogrammet Effects PLUS version 5.5 (Yellow Book, 1997). För att kunna utföra explosionsberäkningar i programmet har massan av TNT räknats om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett tänkt gasmoln.

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997). Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

Lasterna från explosionen har beräknats som infallande tryck mot människor, byggnader och annan utrustning för olika avstånd från explosionscentrum. Nettovikten explosivt ämne varierar mellan 1-16 ton per transport samt 25-1000 kg per transport.

Resultaten från beräkningar beskriver tryck på olika avstånd ifrån en explosionskälla. Dessa tryck har översatts till andel omkomna.

### Konsekvenser för massexplodivt ämne

Andelen omkomna beror på flera parametrar. Exempelvis spelar avståndet från explosionscentrum roll samt eventuella objekt mellan explosionen och individer. Första radens hus skyddar exempelvis bakomliggande hus eller personer som vistas utomhus. Denna analys baserar sig på andelen omkomna.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- Andel omkomna utomhus. Andelen omkomna utomhus baseras på oskyddade människor som omkommer av det dödliga trycket större eller lika med 180 kPa.

Vid lägre tryck än 180 kPa antas att personer som vistas utomhus kommer att överleva. Skador kan dock förekomma som ett resultat av exempelvis flygande material eller höga tryck. Vid exempelvis 69 kPa förväntas lungskador.

- Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus vid en explosion. Orsak till dödsfall beror på att byggnader rasar. Andelen omkomna beror på tryckets storlek samt avståndet från explosionen. Nedan sammanfattas vilka antaganden som gjorts för bedömning av omkomna inomhus.

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total

destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

För tryck mellan 180-69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma. Antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka redovisas i tabell B.5.

**Tabell B.5.** Visar antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka.

Tryck/Avstånd	Andelen omkomna inomhus på olika avstånd		
	0-49 meter	50-99 meter	>100 meter
$P_s \geq 180$ kPa	0,3	0,15	0,05
$180 \text{ kPa} > P_s \geq 69$ kPa	0,05	0,05	0,05
$69 \text{ kPa} > P_s \geq 21$ kPa	0,01	0,01	0,01
$21 \text{ kPa} > P_s \geq 9$ kPa	Ingen antas omkomma.		

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i tabell B.6 och tabell B.7.

**Tabell B.6.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med stora mängder transporterad vara.

Stora Transporter	2 ton		6 ton		16 ton	
Andelen omkomna	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	1	0,3	1	0,3	1	0,3
25-50m	1	0,15	1	0,3	1	0,3
50-75 m	0	0,15	1	0,15	1	0,15
75-100 m	0	0,01	0	0,15	1	0,15
100-250 m	0	0,01	0	0,01	0	0,05



**Tabell B.7.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
Andelen omkomna	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

Andel omkomna är behäftad med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med massexplosivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

**Tabell B.8.** Andel omkomna vid olycka med massexplosivt ämne på väg (15 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-50 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	--

## B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka.

Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

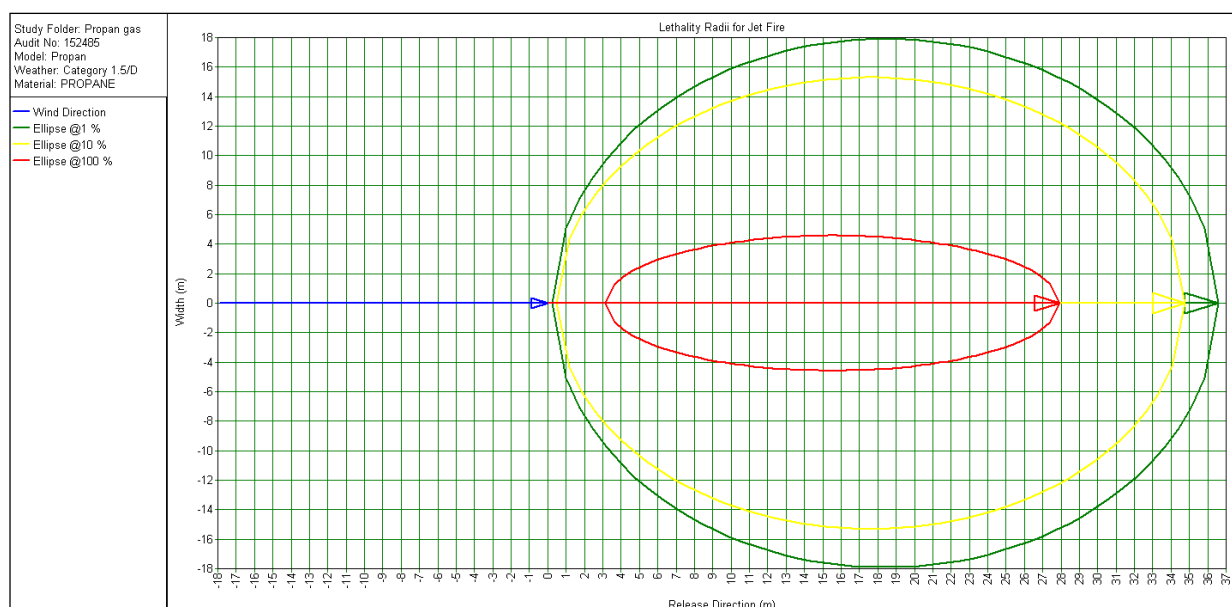
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- › Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

Beräkningar är utförda i programvaran PHAST (DNV, 2010). Bedömningar av konsekvenser för strålningsnivåer och övertryck baseras huvudsakligen på TNO (2005). Olyckseffekter och konsekvenser av dessa scenarier beror på ett antal parametrar, varav de viktigaste är hålstorlek, om utsläpp sker i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I avsnitten nedan redovisas exempel på olyckseffekter och konsekvenser som kan uppkomma.

## Jetbrand

Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m<sup>2</sup>. Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

Figur B.1 visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter.



**Figur B.1.** Område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Beräkning PHAST.

## BLEVE

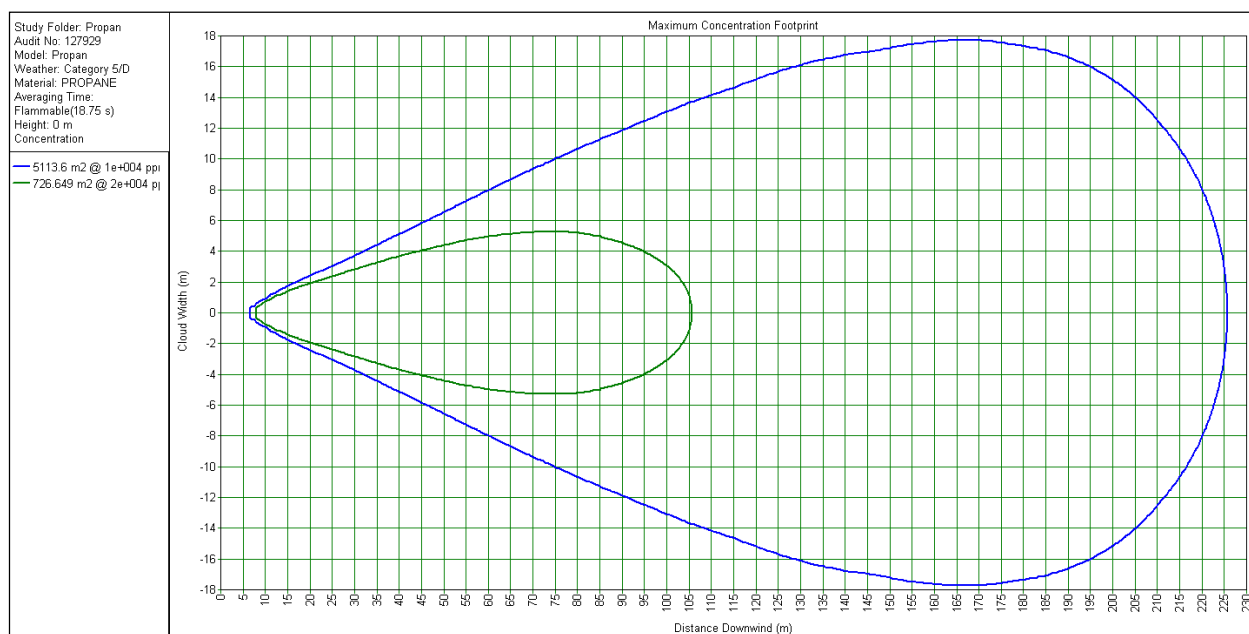
Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över  $35 \text{ kW/m}^2$  antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus (TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå.

Erfarenheter från inträffade BLEVE visar att det ofta tar lång tid för en BLEVE att utvecklas. Om så är fallet finns möjligheter att utrymma närområdet. Ansatsen görs här att detta lyckas i 50 % av fallen.

## Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand uppkommer då ett gasmoln hunnit utvecklas innan antändning sker. Denna brand kan sedan övergå i en jetbrand. Storlek och utbredning av gasmolnet bestäms av hålstorlek, utsläpp i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I figur B.2 redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s.



**Figur B.2.** Utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. Beräkning PHAST. Grön linje redovisar avstånd till undre brännbarhetsgräns (LEL = Lower Explosive Limit). Blå linje visar avstånd där gaskoncentrationen är hälften av detta (halva LEL).

Som framgår av figur B.2 är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

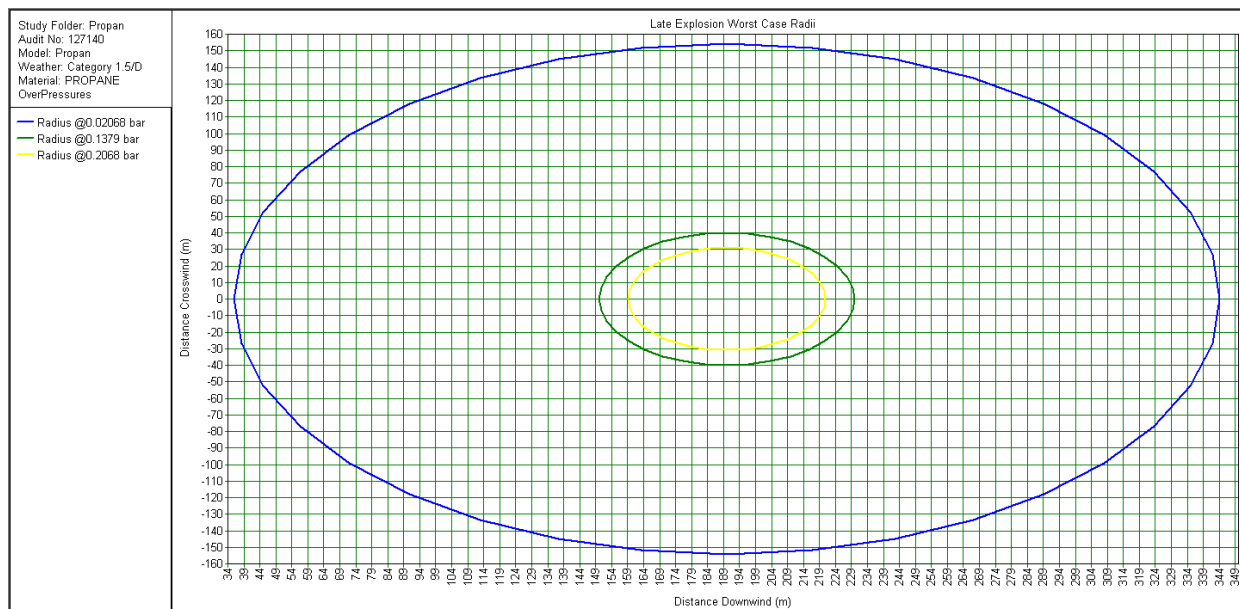
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva.

Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3.

### Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Figur B.3 visar explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas. Från figur B.3 erhålls de avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas) som redovisas i tabell B.9. Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.



**Figur B.3.** Explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.

**Tabell B.9.** Trycknivåer från explosionscentrum.

Övertryck (bar)	Utsläpp i vätskefas	Utsläpp i gasfas
0,02	150 m	30 m
0,14	40 m	8 m
0,21	30 m	6 m

### B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

Storleken på ett läckage kan variera och följande indelning kan illustrera tänkbara läckage scenarier.

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar.

För beräkning av konsekvenser i samband med utsläpp av giftig gas har beräkningsprogrammet Bfk använts (RIB, 2012). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjdlängd samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

Tabell B.10, B.11 och B.12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s.

Tabell B.10 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid rörbrott, vilket motsvarar medelstort utsläpp. Två olika simuleringar har genomförts, den första med luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timme (representerar enskilda hus) och den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

**Tabell B.10.** Andel omkomna och skadade vid medelstort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid rörbrott) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster ska representera ett enskilt hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd). Kolumn till höger representerar t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH <sub>3</sub>	3 luftväxlingar NH <sub>3</sub>
~11	100/0	0/25
~23	60/39	96/4
~36	5/64	76/24
~48	0/21	36/60
~75	0/0	2/55
~88	0/0	0/32

Tabell B.11 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid punktering av tank (stort utsläpp). Två olika simuleringar har genomförts. Den första med ett luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus). Den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

**Tabell B.11.** Andel omkomna och skadade vid stort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid punktering av tank) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster representerar ett enskilt äldre hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd) och den högra kolumnen ska representera t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade inomhus (%)	
	0,5 luftväxlingar NH <sub>3</sub>	3 luftväxlingar NH <sub>3</sub>
~31	90/10	100/0
~73	12/72	84/16
~116	0/3	11/71
~158	0/0	0/26

I tabell B.12 redovisas andelen omkomna och svårt skadade utomhus vid medelstort och stort utsläpp. Förutom svårt skadade och omkomna kan även lindrigt skadade förekomma.

**Tabell B.12.** Andel omkomna och svårt skadade vid utsläpp av giftig gas (medelstort och stort utsläpp) för olika avstånd från utsläppspunkten, utomhus. Förutom omkomna och svårt skadade kan även lindrigt skadade förekomma.

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

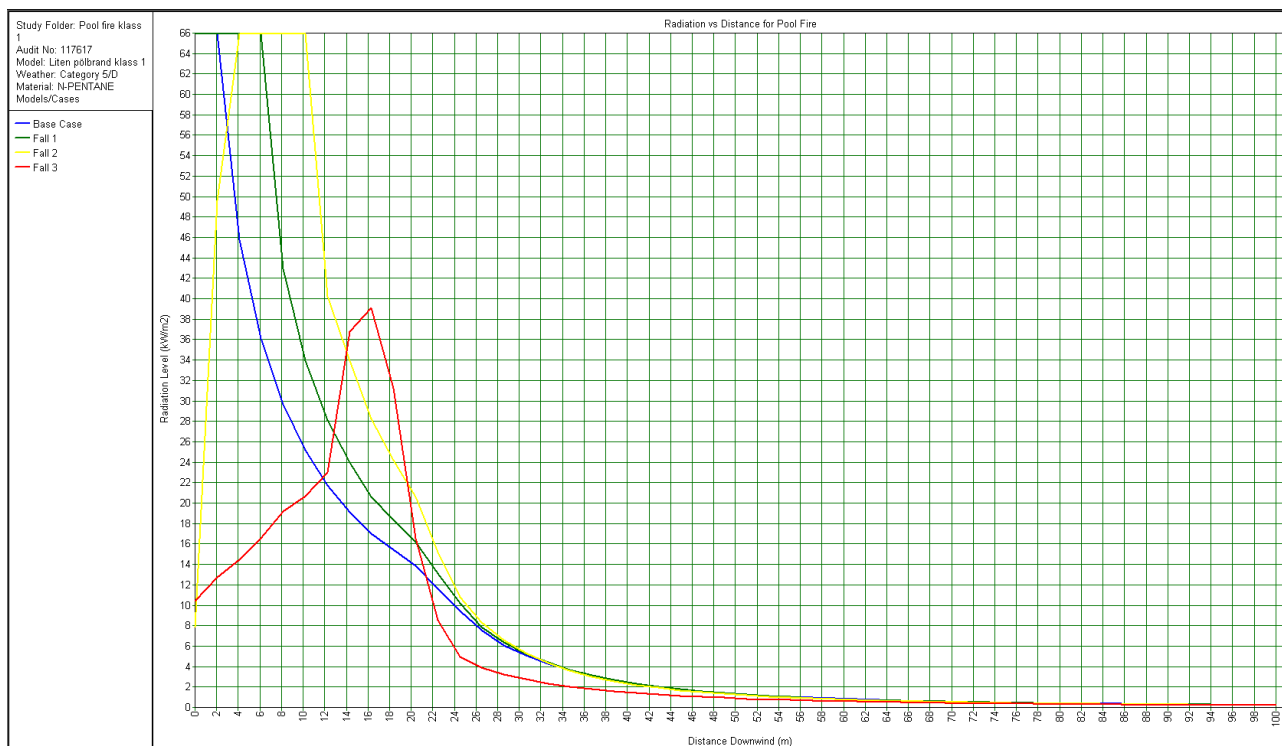
## B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

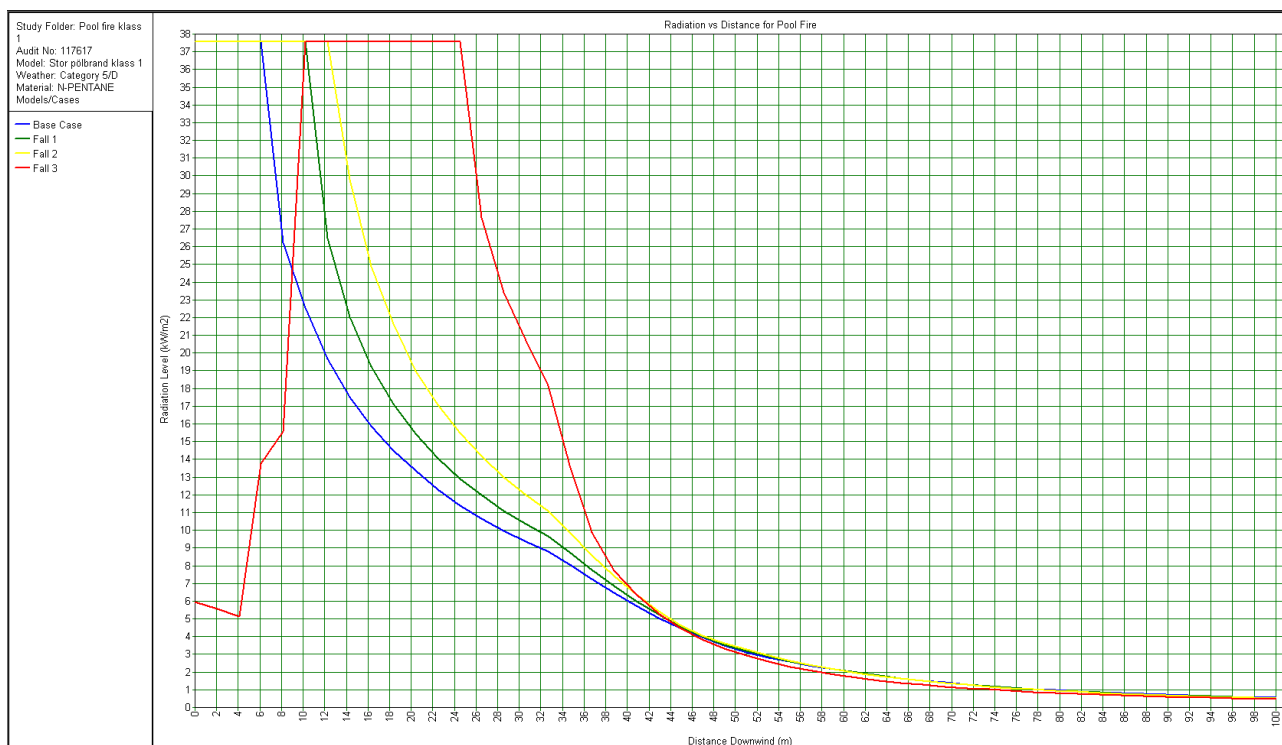
- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m<sup>2</sup>
- › Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m<sup>2</sup>

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m<sup>2</sup> pölbrand i figur B.4 och figur B.5.





**Figur B.4.** Strålningsnivå i kW/m<sup>2</sup> på olika höjd över mark som funktion av avstånd.  
 Brandscenario; pölbrand 50 m<sup>2</sup>, bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m).  
 Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



**Figur B.5.** Strålningsnivå i kW/m<sup>2</sup> på olika höjd över mark som funktion av avstånd.  
 Brandscenario; pölbrand 200 m<sup>2</sup>, bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i tabell B.13.

**Tabell B.13.** Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m<sup>2</sup>) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m<sup>2</sup>.

Brandarea (m <sup>2</sup> )	Strålning 0-20 m (kW/m <sup>2</sup> )	Strålning 20-50 m (kW/m <sup>2</sup> )	Strålning >50 m (kW/m <sup>2</sup> )
50	>10	1-10	<1
	>10-40	1-10	<1
200	>12	2-12	<2
	>24	2-24	<2

I tabell B.14 presenteras en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

**Tabell B.14.** Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå	Effekt/symptom
6-7 kW/m <sup>2</sup>	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m <sup>2</sup>	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m <sup>2</sup>	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m <sup>2</sup>	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m <sup>2</sup>	Outhärdlig smärta efter ca 1 sekunders exponering

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m<sup>2</sup>.

Långvarig strålning mot utrymmande personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m<sup>2</sup>. Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m<sup>2</sup>.

I tabell B.15 presenteras gränsvärden för byggnader beträffande strålning mot trä/brännbart material.

**Tabell B.15.** Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m <sup>2</sup>	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m <sup>2</sup>	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m <sup>2</sup>	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m<sup>2</sup> i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad. Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m<sup>2</sup> innan kollaps.

## B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva ämnen.

Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs följande bedömning beträffande antalet omkomna personer, se tabell B.16. Utöver dödsfall kan även personer skadas. Personskada kan uppkomma på grund av det direkta trycket men även av raserade väggar och tak, omkringflygande material och glassplitter. Personer kan även skadas av att de kastas omkull av tryckvågen.

**Tabell B.16.** Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.

Andelen omkomna	Ute	Inne
0-25 m	1	0,15
25-50m	1	0,05
50-75 m	0	0,01
75-100 m	0	0
100-250 m	0	0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

## Bilaga C Indata

I denna bilaga presenteras uppgifter samt indata för genomförda beräkningar.

För att beräkna/bedöma antal transporter av farligt gods på väg används ÅDT.

Nedan följer material och uppgifter för antaganden i beräkningar för antal transporter förbi studerat område.

### Genomsnittlig last

Trafikanalys (Lastbilstrafik 2009, Statistik 2010:3) ger följande:

- › Antal transporter (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik med last, inrikes och utrikes): ca  $19 \cdot 10^6$  st
- › Lastad godsmängd (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik, in- och utrikes): ca  $300 \cdot 10^6$  ton

Detta ger en medellast av ca 16 ton.

### Andel farligt godstrafik av tung trafik

Trafikanalys (Lastbilstrafik 2009, Statistik 2010:3) ger följande:

- › Transportarbete (svenska lastbilar, yrkesmässig trafik, in- och utrikes): ca  $33000 \cdot 10^6$  tonkm
- › Farligt gods (svenska lastbilar, in- och utrikes): ca  $1400 \cdot 10^6$  tonkm

Detta ger andel farligt godstransporter av totala antalet godstransporter ca 4 %.

### Fördelning mellan farligt godsclasser

Den procentuella andelen av transporterade klasser sammanställs i tabell C.1. Värdet är beräknat från samtliga vägtransporter som redovisas i SRV:s

kartläggning och är därför ett genomsnittligt värde för samtliga farligt godsvägar i Sverige.

**Tabell C.1.** Procentuell fördelning av farligt gods enligt SRV:s kartläggning år 2006. Värdena är ett genomsnitt för samtliga farligt godsleder i Sverige.

Farligt godsklass	Andel i procent
1. Explosiva ämnen	0.1
2.1. Brandfarliga gaser	1.8
2.2. Icke brandfarliga gaser/ icke giftiga gaser	5.9
2.3. Giftiga gaser	0.0
3. Brandfarliga vätskor	69.6
4. Brandfarliga fasta ämnen, självantändande, ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten	0.4
5.1. Oxiderande ämnen	0.6
5.2. Organiska peroxider	0.0
6. Giftiga och smittsamma ämnen	0.2
7. Radioaktiva ämnen	-
8. Frätande ämnen	12.5
9. Övriga ämnen och föremål	8.9

#### ÅDT och andel tung trafik på aktuell sträcka

Baserat på data från Trafikverket (2013) görs bedömningen att ÅDT förväntas vara ungefär 109500 år 2030 (efter uppräknings med 15 %), se figur C.1.



Avsnitt: 10840314 Län: AB Vägnummer: 75

#### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mättri	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
10840314	1994-01-01	1996-01-01	2	1993	1	20460±(8%)	1730±(14%)	21660±(8%)
10840314	1996-01-01	1998-01-01	2	1996	1	20190±(11%)	2240±(17%)	21780±(11%)
10840314	1997-01-01	1998-01-01	3	1998	2	22850	2440	24560
10840314	1998-01-01	2006-01-01	2	1998	1	19020±(6%)	2120±(9%)	20340±(6%)
10840314	1998-01-01	2006-01-01	2	1998	2	22850±(6%)	2440±(8%)	24560±(6%)
10840314	2006-01-01	2010-01-01	3	2006	0	83700		
10840314	2006-01-01	2010-01-01	3	2006	1	42500		
10840314	2006-01-01	2010-01-01	3	2006	2	41200		
10840314	2010-01-01	2011-01-01	3	2009	1	46750		50490
10840314	2010-01-01	2011-01-01	3	2009	2	47050		50820
10840314	2011-01-01	9999-12-31	3	2011	1	47980		51820
10840314	2011-01-01	9999-12-31	3	2011	2	47230		51010

**Figur C.1.** Antal fordon på den aktuella vägsträckan (Trafikverket, 2013)

Andelen tung trafik beräknas utgöra 10.5 % av den totala mängden fordon baserat på antagandet att andelen tung trafik är den samma som i mätningen från 1997-01-01 till 1998-01-01. Andelen beräknas enligt följande:

$$\text{Andel tung trafik} = 2440/22850$$

## Bilaga D Känslighetsanalys

Risikanalys innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet.

Nedan diskuteras och presenteras några av de variabler och resultat som behandlats för att få en uppfattning om robustheten i de bedömningar som görs.



**Farligt gods:**

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. Både Green Cargo som är den största aktören beträffande farligt gods samt trafikverket har bedömt att använda värden är tillämpbara.

I beräkningar antas att transporter ökar med 15 % för att representera ett framtidsscenario. Det finns inga prognoser som bekräftar en ökning av godstransporterna varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

**Omgivning:**

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisk. Resultatet av denna riskanalys visar att lager- och kontorsbyggnaden har en mycket stor påverkan på samhällsrisk då denna är placerad närmare Södra länken än det aktuella planområdet. Bedömningen är att uppskattningar om personintensiteten är konservativ och ger utrymme för utveckling av området.

**Olycksfrekvens:**

För resonemang och bedömningar kring olycksfrekvens hänvisas främst till bilaga A.

Beräkningar bygger på att enbart brandfarlig vara klass 1, t.ex. bensin, kan medföra personskador och utgöra en risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andel bensin 40 % av den totala andelen petroleumprodukter. Av den totala mängden transportad brandfarlig vätska antas därmed klass 1 utgöra 40 %.

Detta påverkar främst individrisken de närmaste 0-50 meter ifrån olyckshändelsen. Detta då dimensionerande pölbrand har ett påverkansområde upp till max 50 meter. Vid beräkningar där alla petroleumprodukter ingår i beräkningar hamnar individrisken utomhus på  $2,8 \cdot 10^{-8}$  (på den mest utsatta delen av planområdet). Samhällsrisk påverkas mycket lite då det inte antas befinna sig så mycket personer i området 0-50 meter ifrån farligt godsled.

**Konsekvenser:**

Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln, etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa ansatser stämmer i många fall väl överens med de ansatser som gjorts i (VTI, 1994) och Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods.

Generellt gäller att uppskattning av de konsekvenser som kan uppstå i form av omkomna och skadade personer i händelse av en farligt godsolycka baseras på Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, beräkningar utförda i Bfk (RIB, 2012) samt beräkningar i enlighet med de som beskrivs i bilaga B.

En känslighetsberäkning där andelen omkomna räknas upp med en antagen ökning på 20 % för alla skadehändelser där andelen omkomna varit mellan 0,05 och 0,9 har genomförts. Denna simulering visar på en något högre samhällsrisk men som fortfarande ligger inom acceptabel nivå i förhållande till de kriterier som tillämpas.

### **Metod för beräkning av risk:**

I arbetet har, förutom ovan redovisad data, ytterligare ett antal ansatser gjorts som påverkar slutresultatet. Några av dessa redovisas nedan.

#### Indelning i analysområde

Vid beräkning av olycksfrekvenser har antagits att en olycka ska inträffa inom en sträcka av 200 meter för vägen och 400 meter för järnvägen för att påverka det aktuella delområdet. För händelser med stora konsekvensavstånd, t ex olycka med giftig gas, har frekvensfaktorn multiplicerats upp för att ta hänsyn till att delområdet kan påverkas även av händelser utanför området.

#### Antagen placering av ”olyckscentrum”

Vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför delområdet.

#### Scenarieutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser så påverkas resultatet av de scenarieutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga A och Bilaga B samt har diskuterats under ”Konsekvenser” ovan.