



# RAPPORT

Handläggare  
Joel Rödström  
Mobil  
+46722216574  
E-post  
joel.rodstrom@afconsult.com

Datum  
2017-01-25  
Projekt-ID  
730547  
Kund  
Mölnadal stad

## Riskutredning detaljplan Åbybergsgatan och kv Kungsfisken

ÅF-Infrastructure AB

Granskad av Henrik Georgsson

Joel Rödström



# RAPPORT

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Syfte och bakgrund .....	5
1.2	Avgränsningar .....	6
1.3	Begreppslista.....	6
1.4	Metod .....	7
1.5	Riskhantering i fysisk planering.....	7
2	Beskrivning av planområdet.....	9
3	Skyddsobjekt.....	11
3.1	Människors hälsa.....	11
4	Riskobjekt .....	12
4.1	Västkustbanan .....	12
4.2	Väg E6/20 .....	15
5	Riskidentifiering och olycksscenario.....	18
5.1	Transport av farligt gods .....	18
5.1.1	Explosiva ämnen (klass 1).....	18
5.1.2	Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1) .....	18
5.1.3	Kondenserad giftig gas (klass 2.3) .....	19
5.1.4	Brandfarlig vätska (klass 3).....	19
5.1.5	Brandfarligt fast ämne (klass 4) .....	20
5.1.6	Oxiderande ämne (klass 5) .....	20
5.1.7	Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6) .....	20
5.1.8	Radioaktiva ämnen (klass 7) .....	20
5.1.9	Frätande ämne (klass 8) .....	20
5.1.10	Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9) .....	20
5.1.11	Mekanisk skada pga. urspårning .....	20
5.2	Sammanställning riskidentifiering.....	21
6	Resultat riskberäkningar.....	22
6.1	Individrisk .....	22
6.2	Samhällsrisk .....	23
7	Osäkerheter.....	24
7.1	Allmänt om osäkerhet.....	24
7.2	Känslighetsanalys.....	24
8	Riskbedömning .....	25
8.1	Riskreducerande åtgärder .....	25
8.1.1	Pölbrand .....	25
8.1.2	Giftig gas .....	25
8.1.3	BLEVE.....	26
8.1.4	Omkomna utomhus .....	26



# RAPPORT

9	Slutsatser .....	28
	Bilaga A – Frekvensberäkningar .....	29
	A1    Metod .....	29
	A1.1    Frekvensskalning individrisk .....	29
	A2    Frekvensberäkning järnväg .....	29
	A2.1 Allmänt om järnvägstrafik i Sverige.....	30
	A2.2 Definitioner indataparametrar.....	30
	A2.3    Frekvens urspårning .....	30
	A2.4    Frekvens urspårning med farligt gods vagn .....	31
	A2.5    Frekvens vådahändelser farligt gods järnväg .....	32
	A3    Frekvensberäkning väg .....	32
	A4    Frekvensberäkning ADR/RID klass.....	34
	A4.1    Klass 1.1 Massexplсивt ämne.....	34
	A4.2    Klass 2.1 Brandfarlig gas.....	34
	A4.3    Klass 2.3 Giftig gas .....	36
	A4.4    Klass 3 Brandfarlig vätska .....	37
	Bilaga B – väderdata .....	38
	B1    Stabilitetsklass.....	38
	B2    Vindhastighet .....	38
	B3    Vindriktning.....	39
	Bilaga C – Konsekvensberäkningar .....	40
	C1    Metod .....	40
	C1.1    Individrisk .....	40
	C1.2    Samhällsrisk.....	40
	C2    Personbelastning .....	40
	C2.3    Persontäthet.....	42
	C2.4    Beräkning sammanvägd persontäthet .....	42
	C3    Konsekvens farligt gods .....	45
	C3.2    Konsekvens olycka klass 2.3 giftig gas.....	46
	C3.3    Konsekvens olycka klass 2.3 giftig gas.....	49
	C3.3    Konsekvens olycka klass 3 brandfarlig vätska .....	51

## Bilagor

Bilaga A: Frekvensberäkningar

Bilaga B: Konsekvensberäkningar

Bilaga C: Väder

# RAPPORT



## Rapporthistorik

Version	Kommentar	Handläggare	Datum	Granskad av	Datum
1.0	Första utkast till beställare.	JR	2016-01-17	HG	2016-01-17
2.0	Slutversion	JR	2016-01-25	HG	2016-01-25



# RAPPORT

## 1 Inledning

### 1.1 Syfte och bakgrund

Mölnads stad har gett ÅF i uppdrag att ta fram en riskutredning gällande detaljplan för Kungsfisken och detaljplan för Åbybergsgatan i centrala Mölnadal. ÅF har tidigare tagit fram en riskutredning (ÅF Infrastructure, 2014) som sammanfattar den sammanlagda riskbilden för centrala Mölnadal där även Kungsfisken och Åbybergsgatan ingår. Då fanns ännu inga planer för Kungsfisken och Åbybergsgatan utan dessa är under framtagande. I syfte att redovisa en sammanlagd riskbild för centrala Mölnadal som inkluderar Åbybergsgatan och Kungsfisken så har man i denna riskutredning utgått från de beräkningar i den tidigare utförda riskutredningen, och till tidigare använda population i utbyggnadsalternativet lagt till den population som antas i planerna för Kungsfisken och Åbybergsgatan.

Figur 1 redovisar de olika detaljplanerna som varit aktuella i centrala Mölnadal. Det tidigare beräknings-PM:et sammanfattade riskbilden för:

1. Detaljplan norr om Brogatan
2. Detaljplan söder om Brogatan
3. Detaljplan kontor öster om Nygatan

I denna riskutredning läggs populationen för 4 (Åbybergsgatan) och 5 (Kungsfisken) till populationerna i ovan nämnda detaljplaner i syfte att redovisa en fullständig riskbild för hela området.



Figur 1: Översiktsbild Mölnads Stad detaljplanarbete. OBS Område fyra stäcker sig numera ett extra kvarter söderut jämfört med Figur 1.



# RAPPORT

Syftet med riskutredningen är att:

- Uppfylla länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led (både E6/E20 och västkustbanan). Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.
- Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att redogöra för lämpliga skyddsavstånd samt efter behov ge förslag på övriga åtgärder.
- Utredningen ska redovisa såväl individrisk som samhällsrisk.
- Rekommendera och ge förslag på ev. relevanta planbestämmelser.

## 1.2 Avgränsningar

I föreliggande studie görs nya beräkningar som inkluderar Kungsfisken och Åbybergsgatan, utifrån den metod som redovisats i den tidigare riskutredningen. Detta innebär att undersökt yta utökas och att befintliga och tillkommande personbelastningar adderas till tidigare använda personbelastningar. Detta innebär också att samtliga antaganden och ingenjörsmässiga bedömningar som gjordes i den tidigare riskutredningen gäller här om inget annat anges.

De risker som studerats är uteslutande sådana som är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) som har sitt ursprung på Västkustbanan eller väg E6/E20 som passerar aktuellt område. Enbart risker som kan innebära konsekvenser i form av omkomna inom detta område beaktas. Det innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador lokalt på trafikled etc.

Det hotell som finns med i områdets sydvästra del tas ej med i beräkningarna då det ligger utanför det området som tidigare överenskommit att beräkningar ska utföras.

## 1.3 Begreppslista

Följande begrepp används i föreliggande rapport:

<i>Risk:</i>	Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. I denna utredning används två riskmått; individrisk och samhällsrisk som båda visar risken genom sammanvägning av sannolikhet och konsekvens, men med olika perspektiv.
<i>LC50, LD50</i>	Förkortning för Lethal Concentration 50 % respektive Lethal Dose 50 %. Den genomsnittliga dosen/koncentrationen för dödsfall, d.v.s. där 50 % av de exponerade personerna dör inom en viss exponeringstid.
<i>ADR/RID</i>	Regelverk och klassificering av farligt gods på väg respektive järnväg. Klassindelningen är densamma inom ADR och RID och det som används av regelverket i denna utredning.
<i>ALARP:</i>	Förkortning för As Low As Reasonably Practicable. Risknivå där rimliga åtgärder skall utföras för att reducera risknivån.



# RAPPORT

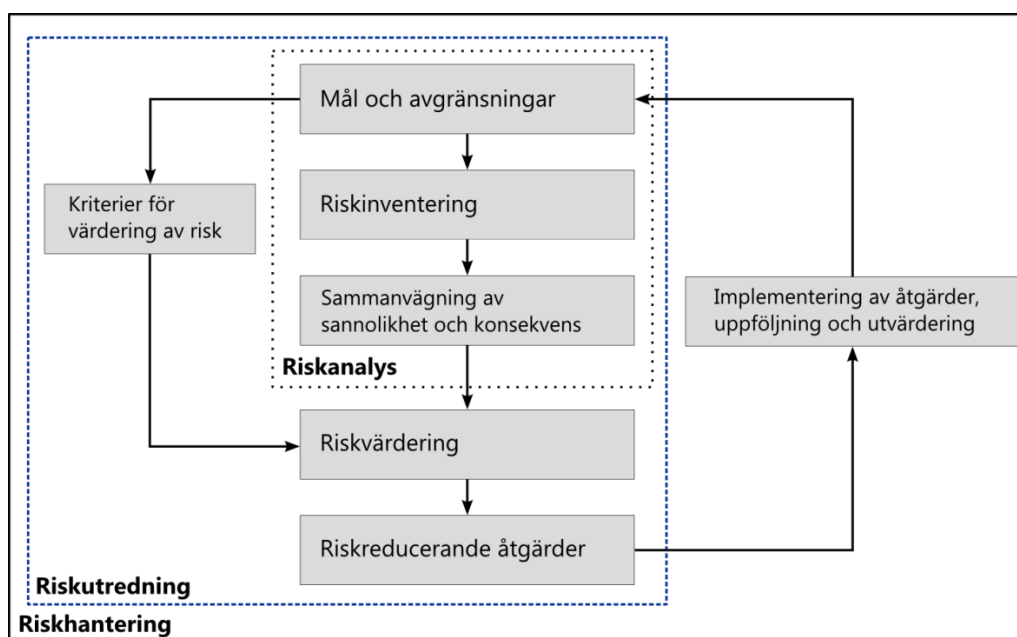
## 1.4 Metod

Denna studie innehåller en del av den hela riskhanteringsprocessen, **riskanalysen**, se Figur 2 nedan.

Riskanalysen inleds genom att *mål och avgränsningar* bestäms för den aktuella analysen. Också de principer för hur risken värderas slås fast. Därefter tar *risksinventeringen* vid, som syftar till att definiera de riskscenarier som är specifika för den studerade processen. Därefter görs en *sammanvägning av sannolikhet och konsekvens* för de identifierade riskscenarierna, för att erhålla en uppfattning om risknivån. Risknivån presenteras som individrisk respektive samhällsrisk.

*Risikvärderingen* och diskussion/förslag kring *riskreducerande åtgärder* utförs därefter. Utifrån erhållna risknivåer och etablerade kriterier för acceptabel risk undersöks om och i så fall vilka åtgärder som krävs för att följa de riktlinjer som finns för riskhantering i fysisk planering.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram (Riskhantering i detaljplaneprocessen, 2006).



Figur 2. Riskhanteringsprocessen. Detta riskanalys-PM innefattar det som är markerat med blå prickad linje samt delvis riskvärderingen .

## 1.5 Riskhantering i fysisk planering

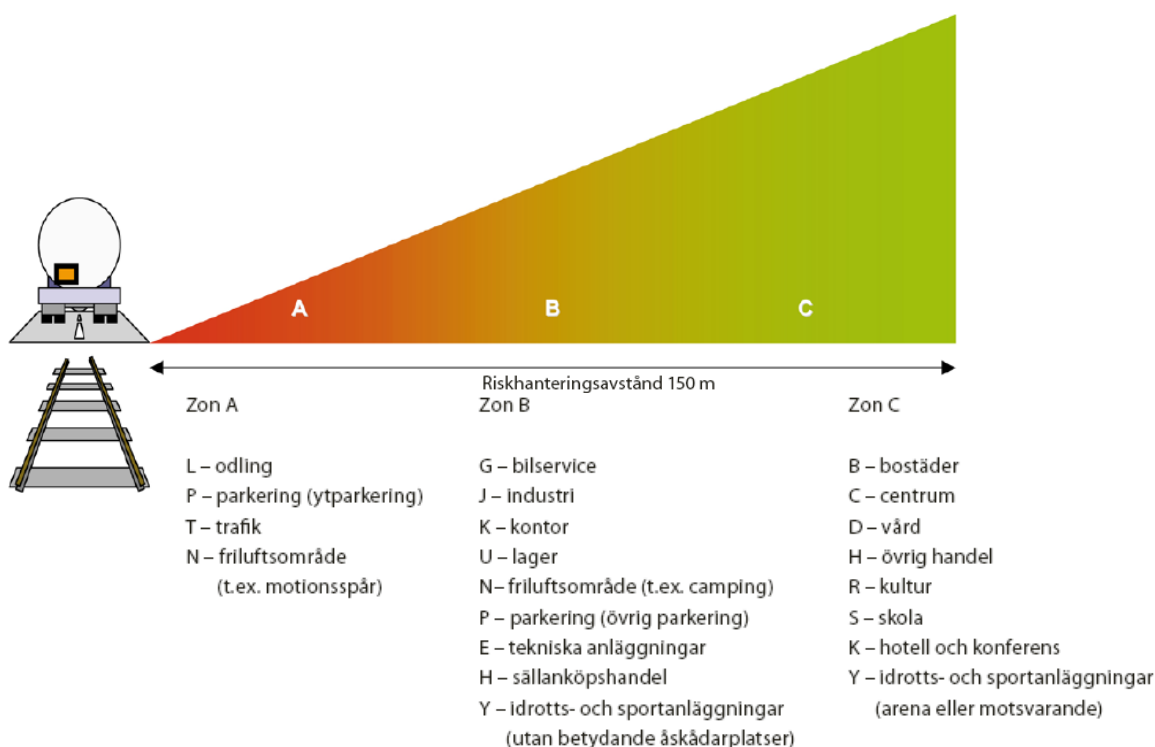
Det finns lagstiftning som föreskriver att riskanalys ska genomföras, bl.a. Plan- och bygglag (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). Det anges dock inte i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har rekommendationer givits ut gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. I denna utredning har Länsstyrelsernas i Skåne, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* beaktats. Även Länsstyrelsen i Skånes fördjupning av



# RAPPORT

densamma, Riktsam har studerats i samband med upprättande av denna studie (Länsstyrelsen i Skåne, 2007).

I lagstiftningen förekommer det inte några angivna skyddsavstånd från järnväg där farligt gods transporteras till bebyggelse. De skyddsavstånd som finns anges i rekommendationer och i allmänna råd från kommuner, länsstyrelser och myndigheter. Riskpolicyen innebär att riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt gods-led (Riskhantering i detaljplaneprocessen, 2006).



Figur 3 Zonindelning för riskpolicyens riskhanteringsavstånd (Riskhantering i detaljplaneprocessen, 2006).

Zonerna representerar möjlig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därigenom tillhöra olika zoner.

Göteborg stad har följande riktlinjer gällande avstånd till väg ("A-leder") och järnvägar med transporter av farligt gods (Göteborg stad, 1999):





# RAPPORT

Tabell 1 Skyddsavstånd enligt FÖP99.

Markanvändning	Järnväg	Väg
Bebyggelsefritt	0-30 m	0-30 m
Kontor	Från 30 m	Från 50 m
Sammanhållen bostadsbebyggelse	Från 80 m	Från 100 m

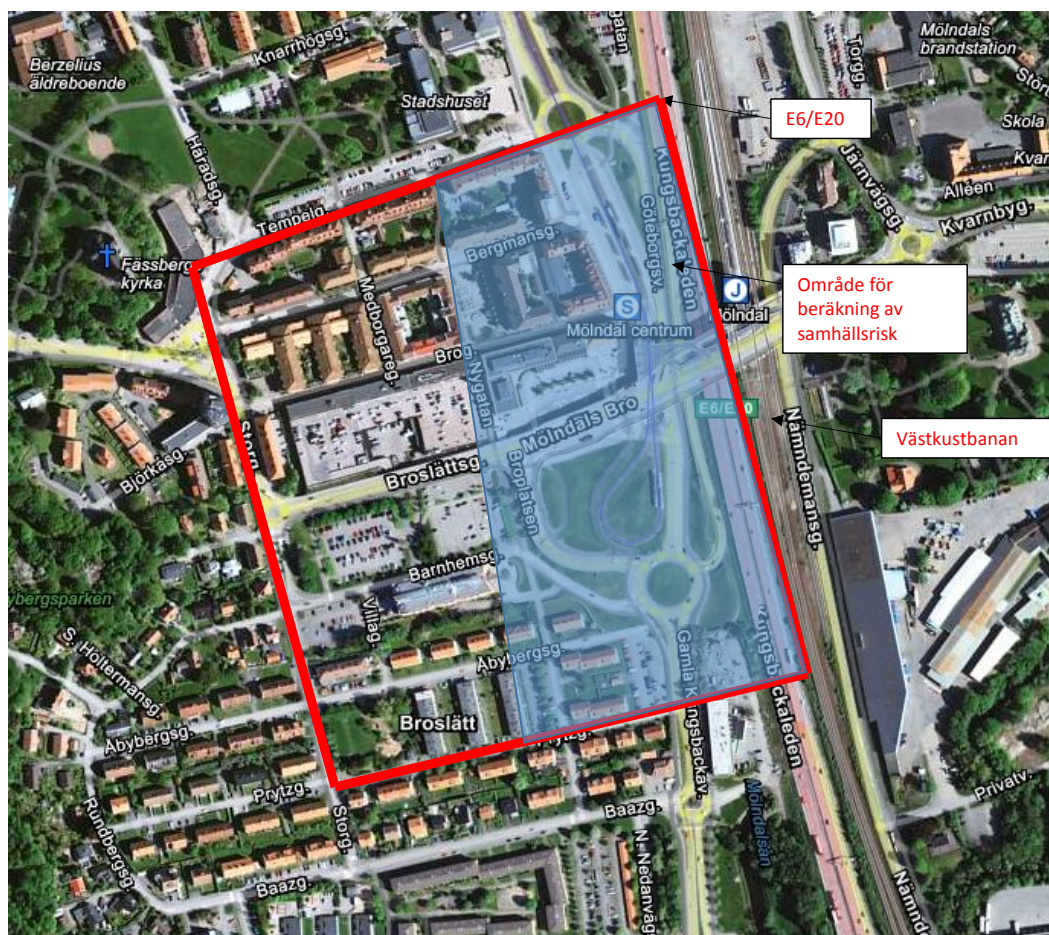
Ovan angivna avstånd är generella rekommendationer för markanvändning utan vidare säkerhetshöjande åtgärder eller analyser. Avsteg från rekommendationerna kan ske efter analys av specifik information för aktuellt planområde och/eller riskanalys samt då lämpliga riskreducerande åtgärder vidtas. Mölndals stad tillämpar Göteborgs stads riktlinjer för transporter av farligt gods, FÖP 99. Dessa riktlinjer saknar rekommendationer för centrum och handelsverksamheter varför dessa ej beaktas i denna utredning då majoriteten av fastigheterna inom 200 m är kontor- eller handelsfastigheter. Länsstyrelsen i Västra Götalands riskpolicy också bör beaktas i planarbetet.

## 2 Beskrivning av planområdet

Aktuellt område består av de mest centrala delarna av Mölndal och ligger i anslutning till Mölndal station. Området som utgörs av aktuella detaljplaner sträcker sig ungefär 500 meter längs med väg E6/E20 och 380 meter västerut. Området ligger väster om E6/E20 samt Västkustbanan som båda är leder för farligt gods.

Samhällsriskberäkningen är baserad på de verksamheter som finns inom 200 meter från farligt gods ledarna.

Riskenivåerna beräknas från väg E6/E20 västra kant, varför 30 m dras av längden på konsekvensområdet för olyckor som inträffar på Västkustbanan.



Figur 4 Mölndals innerstad. Hela området i rött, blåmarkerat område visar det område som samhällsrisksberäkningarna baseras på.



# RAPPORT

## 3 Skyddsobjekt

### 3.1 Människors hälsa

Människors hälsa är det enda skyddsobjekt som beaktas i riskbedömningen. För denna riskutredning bedöms om planerad utökad personbelastning i kvarteret Kungsfisken och Åbybergsgatan är acceptabel ur risksynpunkt med avseende på transport av farligt gods på väg E6/E20 och Västkustbanan.

De skyddskriterier för människors hälsa som används är de som finns framtagna av DNV för Räddningsverket (Räddningsverket, 1996).

För detaljerade beskrivningar av personbelastningen, se bilaga C.



# RAPPORT

## 4 Riskobjekt

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR/RID) beroende av vilka egenskaper ämnet har. Förenklningar i klassindelningen har gjorts nedan då exempelvis underklasser förekommer i klass 4 och klass 5.

Tabell 2 ADR/RID klasser.

ADR/RID-klass	Ämnen	Exempel
1	Explosiva ämnen	Sprängmedel, ammunition etc.
2.1	Kondenserad brandfarlig gas	Gasol, vätgas etc.
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	Helium
2.3	Giftiga gaser	Ammoniak, klor
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- o eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten.	Metallpulver, karbid etc.
5	Oxiderande ämnen/ organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxid, etc.
6	Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly och kvicksilversalter, cyanider etc.
7	Radioaktiva ämnen	
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, natriumhydroxid etc.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest, gödningsämnen etc.

### 4.1 Väst kustbanan

Väst kustbanan är en viktig länk för pendlingen och för godstrafiken i Västra Götaland, Halland och Skåne, samtidigt som den knyter ihop Göteborg med Öresundsregionen. I dag är den hårt trafikerad och restiderna är för långa för att den ska vara ett konkurrenskraftigt transportmedel. Därför byggs banan ut till dubbelspår. När dubbelspårutbyggnaden är klar kommer en ökad kapacitet att kunna erbjudas både för person- och godstrafik. Fler transporter kommer att kunna flyttas från väg till järnväg, vilket bidrar till en bättre miljö. Samtidigt förbättras säkerheten genom slopade plankorsningar. Hittills är drygt 85 procent av Väst kustbanan utbyggd till dubbelspår (Väst kustbanan, 2014).

Väst kustbanan passerar rakt igenom Mölndals stad och avståndet mellan järnväg och närmaste delen av byggnaderna i planområdet vid Mölndals innerstad är ca 50 meter. Olycksstatistik visar att järnväg är ett säkert transportmedel med få olyckor. De olyckor som sker är huvudsakligen urspårningar och sammanstötningar. Orsaker till urspårning kan vara solkurvor, slitna eller trasiga växlar, rälsbrott, för hög hastighet i förhållande till spårstandard, fordonsfel, lastförskjutning, sabotage, snö, is, ras etc. Vid urspårning hamnar vagnarna generellt inom en vagnslängd från banan. Risken att en vagn hamnar mer än femton meter från spåret är mycket liten (Fredén, 2001). Utsläpp av farligt gods kan inträffa om en behållare skadas vid urspårning eller sammanstötning. Det kan i sin tur ge upphov till brand, explosion eller utsläpp av giftig gas eller giftiga ämnen. Transporter av farligt gods sker i varierande omfattning i



# RAPPORT

olika delar av landet. Sträckan förbi Mölndal tillhör en av de sträckningar där de största flödena av farligt gods sker.

Att få tillgång till fakta med exakta mängder av transporterat farligt gods på aktuell sträcka är svårt. I denna utredning har transporterade mängder farligt gods tagits från Räddningsverkets kartläggning av farligt godstransporter under september månad 2006 (Räddningsverket, 2006). I presenterade intervaller för mängden transporterat gods har det högsta värdet antagits, se Tabell 3. Enligt SRV (numera MSB, myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap) transporterades totalt 20 000-30 000 ton farligt gods under september månad 2006 (Räddningsverket, 2006).

SIKA har i sin prognos för person- och godstransporter bedömt att godstransporter på järnväg (i miljard tonkilometer) kommer att öka med 18 % mellan 2001 till 2020 (ca 1% per år) (SIKA, 2000). I denna utredning antas att transporter av farligt gods ökar i samma utsträckning som övriga godstransporter, dvs. ca 13 % mellan år 2006 och 2020.

Varje farligt godsvagn antas transportera 45 ton farligt gods per vagn. Omräknat till antal farligt godsvagnar motsvarar det totalt ca 11 895 godsvagnar år 2020 på aktuell sträcka, enligt Tabell 1.

Längden på de godståg som passerar planområdet varierar kraftigt. Ett godståg består som mest av ca 37 vagnar men beroende på bl.a. hur tungt tåget är lastat minskar antalet vagnar (Strandgren, 2012). Därför antas att ett godståg i genomsnitt består av 30 vagnar. Varje farligt godsvagn antas transportera 45 ton farligt gods per vagn. Omräknat till antal farligt godsvagnar motsvarar det totalt ca 11190 godsvagnar år 2020 på aktuell sträcka, enligt Tabell 3.

Enligt dagliga grafer från Trafikverket för järnvägstrafiken 2012 på Västkustbanan och Kust till Kustbanan går ca 25 godståg per dygn på Västkustbanan vilket motsvarar 9125 godståg per år (2012). Med den prognostiserade ökningen av järnvägstrafiken (18 % ökning mellan 2001 och 2020) motsvarar det ca 9764 godståg per år 2020.

Andelen vagnar per tåg som kan förväntas innehålla farligt gods varierar från tåg till tåg, men enligt ovan resonemang transporteras ca 11190 vagnar med farligt gods per år på aktuell sträcka. Jämfört med totalt 9764 godståg per år så transporteras således ca 1,1 vagnar farligt gods per tåg, eller enkelt uttryckt så transporteras 11 vagnar farligt gods på 10 tåg.



# RAPPORT

Tabell 3 Farligt gods på Västkustbanan [6].

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd under en månad 2006 (ton) (Räddningsverket, 2006)	Transporterad mängd under 2006 (ton)*	Fördelning (%)	Antal FaGo-vagnar år 2020**
1	Explosiva ämnen	0	0	0	0
2.1	Brandfarlig gas	0-1800	62400	14,0 %	~1567
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	0-4400	0	0	0
2.3	Giftig gas	0	26400	5,9 %	~663
3	Brandfarliga vätskor	100-16500	104400	23,4 %	~2611
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	0	0	0	0
4.2	Självantända ämnen	0	0	0	0
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0	0	0	0
5.1	Oxiderande ämnen	2300-4600	55200	12,3 %	~1386
5.2	Organiska peroxider	10-50	600	0,01 %	~15
6.1	Giftiga ämnen	460-920	11040	2,5 %	~277
6.2	Smittförande ämnen	-	-	-	-
7	Radioaktiva ämnen	-	-	-	-
8	Frätande ämnen	10200-13600	163200	36,5 %	~4098
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0-1900	22800	5,1 %	~573
	TOTALT	12970-37170	446040	≈100 %	11190

\*Beräknas konservativt från övre intervallgräns.

\*\*Baseras på antagandet att medellasten är 45 ton/vagn samt att transporterad mängd ökar med 13 % mellan 2006 och 2020.



# RAPPORT

## 4.2 Väg E6/20

Även E6 passerar rakt igenom Mölndals stad och avståndet mellan vägkant och närmaste delen av byggnaderna i planområdet vid Mölndals innerstad är ca 50 meter.

Det är svårt att få exakta uppgifter om vilka mängder farligt gods som transporteras på E6/E20 förbi planområdet. Utifrån uppgifter från Räddningsverket (numera MSB) har en analys gjorts i syfte att kartlägga antalet farligt godstransporter samt typ av gods och mängd per transport på den del av farligt godsleden som passerar fastigheten. Detta är nödvändigt för att kunna beräkna konsekvenserna av olika olycks scenarion och studera sannolikheten för olika scenarion.

Farligt gods indelas i olika klasser beroende på art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom dessa klasser utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport.

Av Tabell 1 Tabell 4 framgår mängden transporterat gods och antalet transporter av de olika klasserna som passerar den studerade fastigheten per år. Vid uppgifter om intervall har högsta värdet antagits, vilket kan anses vara konservativt.

Att utifrån uppgifter om antal ton räkna om till antal transporter kräver antaganden om transporternas storlek. Detta varierar stort mellan olika godsslag vilket gör uppskattningen svår. Exempelvis väger en full transporttank med klass 3, brandfarliga vätskor oftast kring 40 ton, medan andra typer av transporter med enstaka kolli kan transportera så lite som några tiotals kilo. Utifrån data för total nationell lastbilstrafik (inte bara farligt gods) argumenterar Länsstyrelsen i Halland för att 16 ton per transport bör användas varför detta har använts för beräkning av kolumn 6 i Tabell 4 (Länsstyrelsen i Hallands län, 2012).

Under åren 2000-2012 ökade inte mängden farligt godstransporter på väg, istället minskade transporterarna då allt fler transporter sker på järnväg (TRAFKA, 2013). För en konservativ bedömning antas istället transporterad mängd farligt gods på väg öka 10 % mellan år 2006 och 2020.



# RAPPORT

Tabell 4 Farligt gods på väg E6/20 [6].

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd en månad 2006 (ton) (Räddningsverket, 2006)	Transporterad mängd under 2006 (ton)*	Fördelning (%)	Antal vägtransporter FaGo 2020**
1	Explosiva ämnen	0-70	840	0,11 %	68
2.1	Brandfarlig gas	0-1800	21600	2,8 %	1634
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	0-4400	52800	6,8 %	3630
2.3	Giftig gas	0-25	300	0,04 %	21
3	Brandfarliga vätskor	16500-33000	396000	51,0 %	27225
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	1080-1360	16320	2,1 %	1122
4.2	Självantändande ämnen	0-40	480	0,06 %	33
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0-90	1080	0,14 %	75
5.1	Oxiderande ämnen	0-490	5880	0,76 %	405
5.2	Organiska peroxider	0-2	24	0,003 %	2
6.1	Giftiga ämnen	90-170	2040	0,26 %	141
6.2	Smittförande ämnen	0-140	1680	0,21 %	116
7	Radioaktiva ämnen	1-49	588	0,08 %	41
8	Frätande ämnen	0-11600	139200	17,9 %	9570
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0-11500	138000	17,8 %	9488
	TOTALT	17671-64736	776832	≈100 %	53420

\*Beräknas konservativt från övre intervallgräns.

\*\* Antal transporter vid antagen medellast 16 ton/transport samt vid en antagen ökning om 10 % av transporterad mängd farligt gods mellan 2006 och 2020.

I den kartbaserade databasen NVDB (nationell vägdata) finns flödesdata för år 2012.

WSP Samhällsbyggnad har på uppdrag av Mölndals Stad upprättat ett tekniskt PM som behandlar trafikmodeller och trafikprognos för år 2020. I tabell 5 återges flödesdata för 2012 och prognos för E6/20 år 2020. Dessa data används för att beräkna sannolikheten för olycka på väg E6/E20 enligt vad som anges i beräkningsbilagan.



# RAPPORT



Tabell 5 Årsmedeldygnstrafik E6/20 (Trafikverket, 2016) .

<b>Trafiktyp</b>	<b>Antal fordon</b>	<b>Hastighet, km/h</b>
Total trafik (2012)	71 310	Variabla hastigheter (max 80)
Total trafik (prognos 2020)	95 550	Variabla hastigheter (max 80)



# RAPPORT

## 5 Riskidentifiering och olycksscenarion

### 5.1 Transport av farligt gods

#### 5.1.1 Explosiva ämnen (klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut m.m. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels till direkta tryckskador men även värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dyl. som flyger iväg från olycksplatsen.

Ämnen i klass 1.1 delas i sin tur in i ytterligare underklasser, klass 1.1A och 1.1B, där klass 1.1A utgör de mest reaktiva ämnena, själva tändämnena. Klass 1.1A får endast transporteras i mängder om 6,25 kg till 18,75 kg varpå skadeområdet begränsas.

I genomförd riskinventering så transporterades maximalt ca 70 ton explosiva ämnen under en månad 2006 på väg E6/20, inga transporter skedde på Västkustbanan. Hur stor andel som är av typen underklass 1.1 finns ej angivet. Praxis i branschen vid genomförande av detaljerade riskutredningar är att ansätta underklass 1.1 till cirka 10 % av total mängd vid utformning av händelsetråd (beräkning av sannolikhet) för aktuell ADR-klass. Detta skulle då motsvara 7 ton transporterad mängd klass 1.1 per månad.

#### 5.1.2 Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på kondenserad brandfarlig gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

##### Jetbrand:

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

##### Gasmolnsbrand/explosion:

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 gasmolnsbrand kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Om mycket hinder finns i vägen för flamfronten genom gasmolnet kan ett övertryck också uppstå men det är normalt sett värmestrålningen som är farlig vid en antändning av ett gasmoln.



# RAPPORT

## 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 skall 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 med brandfarlig gas eller vätska.

Inom området har klass 2.1 identifierats på både väg och bana. En olyckshändelse med kondenserad brandfarlig gas kan komma att påverka planområdet negativt både om olyckan sker på väg E6/E20 eller Västkustbanan.

### 5.1.3 Kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Det förekommer enligt tillgängligt material få transporter som medför risk för olyckor med spridning av giftig gas. De tre mest frekvent transporterade gaserna i Sverige är generellt ammoniak, klorgas och svaveldioxid.

#### Ammoniak:

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

#### Klor

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

Kondenserad giftig gas transporteras enligt genomförd inventering på både E6/20 och Västkustbanan. Majoriteten av transporterna går på Västkustbanan och ytterst små kvantiteter transporteras på väg. En olycka som medför utsläpp av kondenserad giftig gas (klass 2.3) kan medföra skadeavstånd på flera hundra meter beroende på typ av gas och egenskaper.

### 5.1.4 Brandfarlig vätska (klass 3)

En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett spill som bildar en pöl som senare antänds. Sannolikheten för en brand i diesel bedöms vara avsevärt lägre än för bensin varför olyckan antas vara brand i bensin.

En större pölbrand som antänds direkt har ett konsekvensområde på ca 30 m. Då planerad bebyggelse håller skyddsavstånd om ca 50 meter till befintlig väg E6/20 påverkas denna sannolikt ej av värmestrålning från en brand orsakad av läckage olycka med farligt gods. Däremot kan de personer som befinner sig i zonen 0-50 meter från vägen påverkas av en olycka från Väg E6/E20 med brandfarlig vätska.



# RAPPORT

## 5.1.5 Brandfarligt fast ämne (klass 4)

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen spridning i samband med en olycka. För att brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) skall leda till brandrisk krävs t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Risken utgörs av strålningspåverkan i samband med antändning av brandfarlig gas. Eftersom en sådan brand begränsas till olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods. Scenariot bedöms täckas av de scenarion som inkluderas med brandfarlig gas.

## 5.1.6 Oxiderande ämne (klass 5)

Flerparten oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen orsaka en häftig brand. Vid kontakt med vissa metaller kan det sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. För att detta skall inträffa krävs emellertid att en serie av händelser skall inträffa, vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg med tanke på de mängder som transporteras i närheten av planområdet.

## 5.1.7 Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor skall utsättas för risk i samband med olycka med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller genom förtäring. ADR-klassen bedöms därför inte kunna påverka planområdet.

## 5.1.8 Radioaktiva ämnen (klass 7)

Mängden radioaktiva ämnen som transporteras per väg bedöms vara försumbar, därför är det inte motiverat att ytterligare analysera risk förknippad med dessa transporter.

## 5.1.9 Frätande ämne (klass 8)

Olycka med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra, m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om personer får ämnet på huden. Olyckor som uppstår bedöms därför inte kunna påverka planområdet.

## 5.1.10 Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att personer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

## 5.1.11 Mekanisk skada pga. urspårning

Det är inte enbart en olycka med farligt gods inblandat som kan orsaka skadehändelse. En urspårning av persontåg eller godståg kan också orsaka direkt skada på planerad bebyggelse om tåget skulle lämna spårområdet vid urspårningen och ramma en byggnad. I aktuellt fall ligger dock närmaste byggnad på ett sådant avstånd från spårmittpunkt (över 30 meter) att sannolikheten för detta i princip är obefintlig (Fredén, 2001).



# RAPPORT

## 5.2 Sammanställning riskidentifiering

Riskidentifieringen visar utifrån tillgänglig statistik för väg E6/E20 och Västkustbanan att följande ADR/RID-klasser kan påverka planområdet i händelse av olycka:

- Explosiva ämnen som transporteras på väg E6/E20 (klass 1)
- Kondenserad brandfarlig gas som transporteras på väg E6/E20 och Västkustbanan (klass 2.1)
- Kondenserad giftig gas som transporteras på väg E6/E20 och Västkustbanan (klass 2.3)
- Brandfarlig vätska som transporteras på väg E6/E20 (klass 3)

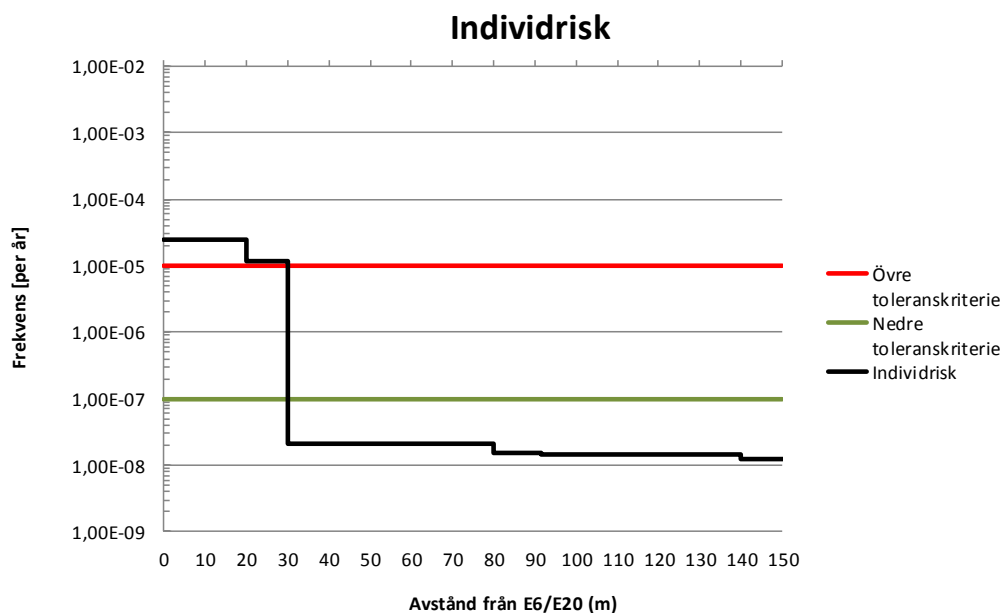


# RAPPORT

## 6 Resultat riskberäkningar

Nedan presenteras resultaten av analysens beräkningar i form av individrisk och samhällsrisk.

### 6.1 Individrisk



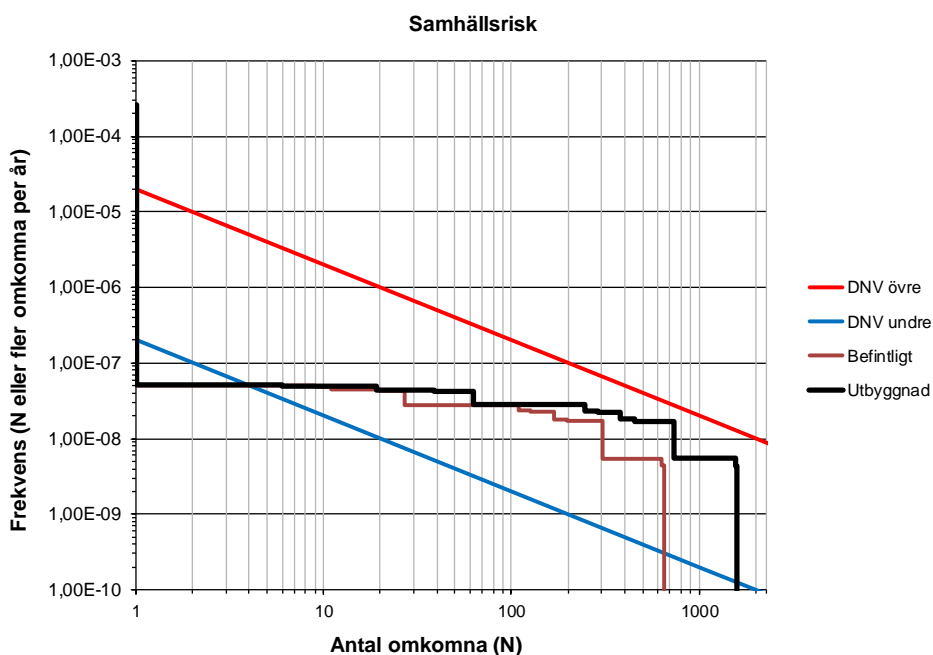
*Figur 5: Individrisken hamnar inom oacceptabla nivåer upp till 30 m från väg E6/E20, därefter sjunker den till acceptabla nivåer.*

Enligt genomförda beräkningar är individrisken oacceptabel på avstånd upp till 30 m från väg E6/E20. Därefter sjunker individriskenivå till acceptabla nivåer på avstånd över 30 m.

Observera att olycksscenario som har konsekvenser över 150 m har identifierats, men eftersom individriskenivåerna över 150 m ligger väl inom acceptabla nivåer, redovisas individrisken ej för avstånd över 150 m från väg E6/E20.



## 6.2 Samhällsrisk



*Figur 6: Samhällsrisken är oacceptabel för scenarion med 1 omkommen, och är för scenarion med fler än 1 omkomna inom acceptabel eller acceptabel med övervägande av åtgärd.*

Enligt genomförda beräkningar är samhällsrisken inom ALARP-området för majoriteten av de aktuella olycksscenarierna. För scenarion med 1 omkommen är samhällsrisken oacceptabel. Det bedöms att det främst är scenarion med pölbrand som gör att samhällsrisken når oacceptabla nivåer i detta område.



# RAPPORT

## 7 Osäkerheter

### 7.1 Allmänt om osäkerhet

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

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

Man kan i teorin hålla isär de olika typerna av osäkerhet och hantera osäkerheten explicit på ett sätt som gör att osäkerheten i slutresultatet kan redovisas, samt vilka parametrar som påverkar slutresultatet mest. Detta är dock mycket arbetskrävande rent metodmässigt, men också för att ännu mer information då krävs om hur stora osäkerheterna för indata och modellparametrar är. Information som det i många fall är väldigt svårt i att få tag i och där det därför ur ett kostnad-nytta perspektiv kan vara bättre att hantera osäkerheten genom att genomgående ansätta konservativa värden. Detta ger ett kostnadseffektivt sätt att hantera osäkerheten i en utredningssituation, men har nackdelen att resultatet kan bli mycket konservativt, vilket istället kan göra de riskreducerande åtgärderna onödigt omfattande och dyra. Varje vald konservativ parameter fortplantas och gör resultatet än mer konservativt. Det blir också svårt att utföra en ordentlig känslighetsanalys eftersom resultatet normalt sett beräknas i steg. Detta är dock vanligtvis hur riskanalyser i dag utformas, vilket också är fallet för denna riskanalys, och det ger resultat som är på den säkra sidan.

### 7.2 Känslighetsanalys

Då konservativa eller mycket konservativa värden genomgående har använts genom analysen anses inte en känslighetsanalys vara av lika stor vikt som om värden inte hade valts konservativt. Beräkningarna är också från början utförda enligt med en uppräknings av transporterade mängder år 2006 med 10 %, vilket bedöms konservativt jämfört med hur mängden transporterat farligt gods har utvecklats de senaste åren.





# RAPPORT

## 8 Riskbedömning

Enligt beräkning ligger individrisken över acceptabla nivåer upp till 30 m från väg E6/E20. Den störst bidragande faktorn till detta antas vara de scenarion som inkluderar pölbrand. Pölbrand är det scenario som har störst frekvens av de identifierade scenarierna, men relativt begränsat konsekvensområde (upp till 30 m) jämfört med de andra identifierade scenarierna.

Samhällsrisken ligger under oacceptabel risknivå och inom området där riskreducerande åtgärder skall övervägas enligt DNV:s kriterier, förutom för scenarion med 1 omkommen. Även dessa risknivåer bedöms orsakas av scenarion med pölbrand.

### 8.1 Riskreducerande åtgärder

Nedan analyseras lämpliga åtgärder (existerande eller sådana som föreslås införas). Behov av att hantera just de scenarion som behandlas utgår från hur de bidrar till individ- och samhällsriskenivåerna utifrån frekvens och/eller konsekvens.

#### 8.1.1 Pölbrand

Scenarion med stor och liten pölbrand på väg E6/E20 gör tillsammans att frekvensen för olycka med 1 omkommen överstiger acceptabla risknivåer för samhällsriskberäkningen. Även acceptabel individrisknivå överstigs på grund av scenarierna med pölbrand.

Om en pölbrand inträffar på väg E6/E20 kommer pölen sannolikt att stanna inom vägområdet, eftersom det idag finns ett bullerplank ståendes på en betongmur som hindrar vätska från att röra sig från vägen. Bullerplanket bedöms reflektera en del av strålningen, hur mycket kräver dock utförligare analys för att bedöma.

De människor som befinner sig närmast vägen är de som befinner sig i trappan upp mot övre plan på Mölndal C. Det bedöms att den tid som brukar antas finnas för att sätta sig i säkerhet (20 sekunder) ger dessa individer möjlighet att ta sig bort från strålningen antingen genom att fortsätta upp på övre plan eller att man utrymmer ner mot markplan och sen västerut.

Sammanfattningsvis bedöms scenarierna med pölbrand givet platsens förutsättningar inte orsaka några dödsfall, varför detta scenario inte föranleder ytterligare åtgärder.

#### 8.1.2 Giftig gas

De olika identifierade scenarierna med giftig gas bedöms orsaka flest dödsfall av alla identifierade scenarion. Frekvensen med vilken de bedöms inträffa är relativt låg, men scenarierna innebär ett ansevärt bidrag till samhällsrisken.

De flesta dödsfallen förväntas ske inomhus. Vanligtvis brukar åtgärder för att hantera olycksscenarior med giftig gas vara kopplat till hur man utformar ventilationssystemet. I detta fall rekommenderas att luftintag placeras högt upp och så långt bort från väg E6/E20 som möjligt. Detta gäller på alla fastigheter inom detaljplaneområdena.

För sådana fastigheter där arbetsplatsorganisationen medger (t.ex. kontorsfastigheter) rekommenderas att möjlighet att centralt stänga av ventilationen införs, så kallad miljöbrytare. Införs nödstopp av ventilation är det något som behöver samordnas med resterande brandprojektering om så kallad fläkt-i-drift-lösning väljs.



# RAPPORT

Det rekommenderas också att man värderar att installera gasdetektorer som reagerar på de vanligaste transporterade gaserna och automatiskt stänger av ventilationen. Detta rekommenderas endast för planområdet Kungfisken.

## 8.1.3 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Evaporating Vapour Explosion) inträffar med låg frekvens ( $9,2 \cdot 10^{-9}$  per år), men om det så gör kan konsekvenserna bli mycket stora. Därför rekommenderas att fasader som vetter mot E6/E20 på byggnader som inte skyddas av framförvarande byggnader anpassas för att tåla en viss värmepåverkan utan brandspridning. Detta gäller alla fastighetens plan. Ett riktmärke är fasad i obrännbart material och fönster i brandteknisk klass EW30 eller bättre. Denna åtgärd förbättrar också övrig brandsäkerhet i fastigheterna.

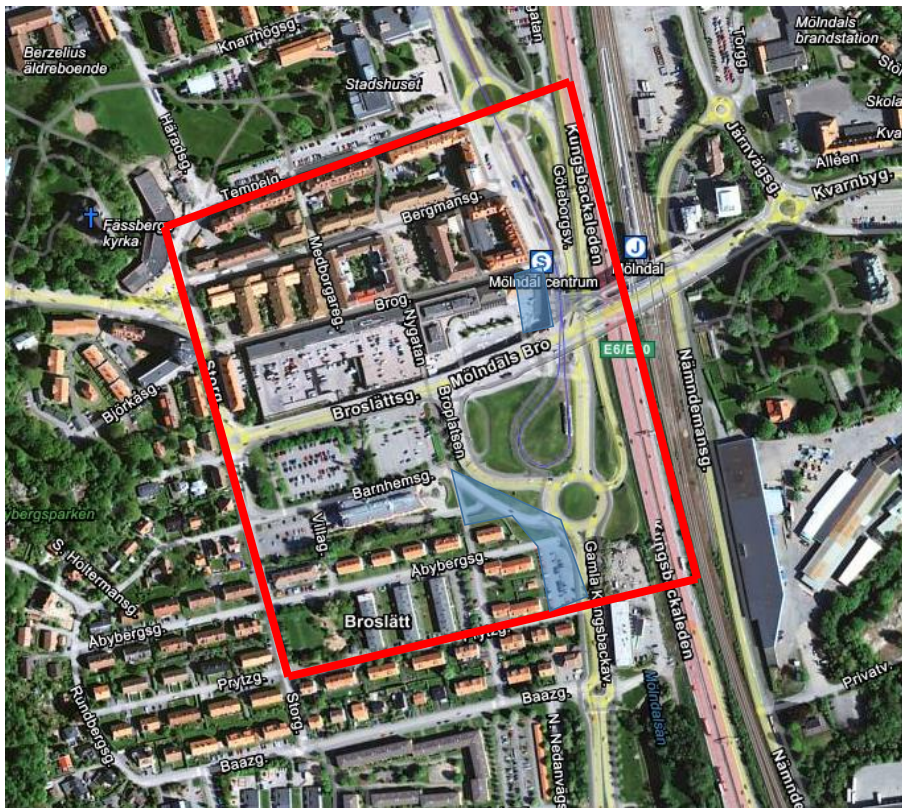
Entréer bör inte vara vända mot E6/E20 i första raden av hus mot E6/E20, då det bedöms minska personbelastningen i dessa områden som bedöms relativt sett mer utsatta för risk. Nödutrymningsvägar bör förläggas så att utrymning från väg E6/E20 är möjlig.

## 8.1.4 Omkomna utomhus

För majoriteten av identifierade olycksscenarioer kommer en stor del av dödsfallen ske bland de som vistas utomhus. Detta är något som är svårt att hantera utan att man gör stora ingrepp, så som konstruktion av ett än högre skyddsplank mellan väg och planområdet. Ett sådant ingrepp bedöms i nuläget ej rimligt.

Istället bör tillkommande planer utformas så att de ej uppmanar till stadigvarande vistelse. Detta gäller för platser som ej är skyddade av framförvarande hus. Baserat på granskning av kartor på Eniro.se och Google Maps bedöms dessa platser vara de blåmarkerade i Figur 7. I tillägg bör det i planen också utformas så att inga entréer leder ut till dessa områden. Det bör noteras att byggnader bortom 200 m från farligt gods-leder ej ingått i bedömningen.

# RAPPORT



Figur 7 Platser i planen som bör utformas så att de ej uppmanar till stadigvarande vistelse



## 9 Slutsatser

Denna riskutredning undersöker individrisk och samhällsrisk i området kring Mölndal innerstad då planerad ändring av population adderas till population i en tidigare genomförd riskutredning för området. Riskobjektet är transport av farligt gods på väg E6/E20 och Västkustbanan. Följande slutsatser kan göras.

- Individrisken är oacceptabel på avstånd kortare än 30 meter från väg E6/E20.
- Samhällsriskerna är inom oacceptabla nivåer för scenarion med få omkomna, och för majoriteten av övriga scenarion är samhällsriskerna inom området där åtgärder ska övervägas.
- Att både individ- och samhällsrisk överstiger acceptabla nivåer bedöms bero på scenarion med pölbrand. I realiteten bedöms det att inga omkomna förväntas vid ett sådant olycksscenario, då drabbade sannolikt kommer att hinna utrymma bort från pölbrandens influensområde innan de omkommer.
- För att minska konsekvensen av de scenarion som orsakar att samhällsriskerna hamnar inom området där åtgärder ska övervägas, rekommenderas ett antal åtgärder. Åtgärderna som föreslås är bland annat placering av luftintag så högt upp och så långt bort som möjligt från transportlederna som möjligt, obrännbar fasad i fasader som vetter mot väg E6/E20, och placering av entréer och nödutrymningsvägar.
- För att inte minimera antalet oskyddade individer utomhus rekommenderas att man i tillkommande planer ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse i oskyddade områden.



# RAPPORT

## Bilaga A – Frekvensberäkningar

### A1 Metod

För varje scenario som bedöms utgöra en risk för aktuellt skyddsobjekt, se avsnitt 5, görs i denna bilaga frekvensberäkningar med hjälp av händelseträds metodik. Detta är en väl etablerad delmetod i riskanalyser för att kunna beräkna slutfrekvensen för ett antal olika händelsekedjor. Trädens grenar, det vill säga de olika möjliga händelsekedjorna, samt de olika grenarnas inbördes sannolikheter, bestäms främst av litteraturstudier men också erfarenhet.

Händelseträd är svåra att få överskådliga i rapportformat då de ofta och snabbt blir stora och tar mycket plats, vilket gör de svårlästa när de trycks ihop i en rapport. Utifrån uppbyggda händelseträd beskrivs istället de händelsekedjor som leder fram till vådahändelser med risk för skyddsobjektet i ord.

#### A1.1 Frekvensskalning individrisk

För beräkningen av individrisk skalas frekvensen för de olika skadescenarierna i ett sista steg med scenariots konsekvensbredds (beräknat i bilaga C) relation till studerad sträcka längs planområdet. Detta genom att konsekvensbredden för respektive scenario delas med studerad sträckas längd och denna kvot sedan multipliceras med frekvensen. Detta innebär att exempelvis en pölbrand med mindre konsekvensbredd än studerad sträcka får en minskad frekvens (och minskad påverkan på individrisken). Ett utsläpp av giftig gas som ofta har större konsekvensområde än studerad sträcka får istället en uppskalning av frekvensen. Detta gör att hänsyn även tas till olyckor som kan ske utanför studerad sträcka och ändå påverka studerat område.

### A2 Frekvensberäkning järnväg

Frekvensen för en urspårning på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, 2001). Denna metod beräknar olycksfrekvens efter hypotesen att järnvägsolyckor kan delas upp i ett begränsat antal i sig oberoende olyckstyper och där förväntat antal olyckor ( $\phi$ ) per olyckstyp kan beskrivas som en linjär funktion av ett uttryck för verksamhetens omfattning ( $W$ ) enligt:

$$\phi = W \cdot \xi \quad \text{formel A1}$$

Där  $\xi$  är en faktor för felintensiteten.

För vidare detaljerad beskrivning av beräkningsmodellen se (Fredén, 2001). Nedan görs beräkningarna enligt modellen med aktuellt områdes förutsättningar.

Bland de i modellen medtagna olyckstyperna är plankorsningsolycka är ej aktuell då det inte förekommer någon plankorsning i höjd med planområdet. Olycka vid växling/rangering är inte heller aktuell då inget växlingsarbete eller rangering förekommer i höjd med planområdet.

Sannolikheten för sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. antas vara så låg att den inte är signifikant och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.



# RAPPORT

En mängd indata om aktuell sträcka (verksamhetens omfattning enligt ovan) krävs för att bestämma olycksfrekvens för de olika olyckstyperna. Resonemang och hur dessa beräknas följer, och beräknad/ihopsamlad indata sammanfattas i tabell A1.

## A2.1 Allmänt om järnvägstrafik i Sverige

Godståg i Sverige har maximal längd på 650 m och medellängd antas vara 500 m. Godsvagnar är vanligtvis ca 15 m långa vilket motsvarar 33 stycken vagnar vid medellängden.

Vagnar med farligt gods är normalt sett boogievagnar, d.v.s. att de har 4 vagnaxlar, medan vanliga godsvagnar normalt sett endast har 2 vagnaxlar (Räddningsverket, 1996). Det antas därför att alla farligt gods-vagnar har 4 vagnaxlar och alla övriga godsvagnar har 2 vagnaxlar.

## A2.2 Definitioner indataparametrar

*Vagnaxelkilometer* beräknas genom att multiplicera antalet axlar som passerar sträckan gånger sträckans längd i kilometer.

*Tågkilometer* beräknas genom att multiplicera studerad längd med antal godståg per år.

Tabell 5: Indata för beräkning av olycka järnväg

Indataparameter	Värde
studerad längd (km)	0,5
spårklass	klass B
antal växlar på sträckan	1
antal godståg/år	9764
antal vagnar per godståg	30
antal godsvagnar/år	292920
antal FG-vagnar per godståg	1,1
andel FG-vagnar per godståg	0,036666667
antal FG-vagnar/år	10740,4
andel FG-vagnar med 2 axlar	0
andel FG-vagnar med 4 axlar	1
vagnaxelkm godsvagnar (inkl. FG)	303660,4
vagnaxelkm FG-vagnar	21480
tågkilometer (godståg)	4882
tågkilometer (FG)	5370
totala vagnaxelkm	303 660
antal tåg totalt	9764
tågkilometer totalt	4882

## A2.3 Frekvens urspårning

I tabell A2 nedan listas de olyckstyper som bedöms vara aktuella för aktuell sträcka samt olyckstypernas beroendefaktor och intensitetsfaktor enligt modellen. Kolumnerna under Frekvens olyckstyp beräknas utifrån indata enligt ovan i kombination med felintensiteten enligt formel A1.



Tabell 6: Bedömt relevanta olyckstyper.

Olyckstyp	Beroendefaktor	Felintensitet	Frekvens olyckstyp	
			Godstrafik inkl. FG	Ospecifik
Enligt modell	Enligt modell	Enligt modell		
Rälsbrott (B)	vagnaxelkm (godståg)	1,00E-10	3,04E-05	
Solkurva (B)	spårkm	2,00E-04		1,00E-04
Vagnfel, godståg	vagnaxelkm godståg	3,10E-09	9,41E-04	
Vagnfel, resandetåg	vagnaxelkm resandetåg	9,00E-10		
Lastförskjutning	vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	1,21E-04	
Växel sliten, trasig	Antal växelpassager	5,00E-09	4,88E-05	
Annan orsak	tågkm (samtliga klasser)	5,70E-08	2,78E-04	
Okänd orsak	tågkm (godståg)	1,40E-07	6,83E-04	
Spårlägesfel	vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	1,21E-04	
Summa kategori:			1,53E-03	1,00E-04
Total frekvens urspårning godståg:				<b>2,33E-03</b>

## A2.4 Frekvens urspårning med farligt gods vagn

För att beräkna sannolikheten att en farligt gods vagn är en av de vagnar som spårar ur givet en urspårning kan man använda binomialfördelningen. Det är en vanligt använd diskret fördelning inom matematisk statistik som uppkommer vid upprepade försök där en händelse vid varje försök har samma sannolikhet. Om  $X$  är stokastisk variabel som är binomialfördelad kan dess sannolikhetsfunktion ( $p_x$ ) skrivas enligt:

$$p_x(k) = P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Där  $p$  är den upprepade händelsens sannolikhet,  $n$  är antalet försök, och  $k$  är sökta antalet "lyckade" händelser.

Om man då definierar  $X_{FG}$  som antalet urspårade farligt gods vagnar kan då sannolikheten att minst en av de urspårade vagnarna är en farligt gods vagn beräknas enligt:

$$P(X_{FG} \geq 1) = 1 - P(X_{FG} = 0)$$

För att bestämma antalet försök ( $n$ ) behövs ett antagande om antalet urspårade vagnar givet urspårning, vilket ansätts till fyra. Med  $p = \frac{1,1}{30}$  (en farligt gods vagn per godståg om 30 vagnar) fås:

$$P(X_{FG} \geq 1) = 1 - \left(1 - \frac{1,1}{30}\right)^4 \approx 0,139$$



# RAPPORT

## A2.5 Frekvens vådahändelser farligt gods järnväg

Ovan beräknade frekvenser för urspårning och urspårad farligt gods vagn givet urspårning kan multipliceras för att få frekvens för olycka med urspårad vagn innehållande farligt gods.

Frekvens olycka med urspårad vagn innehållande farligt gods:

$$2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 0,139 = 3,23 \cdot 10^{-4}$$

De ADR-klasser som studeras vidare för järnväg är RID-klass 2.1, brandfarliga gaser och RID-klass 2.3 giftiga gaser. Andelen farligt gods från respektive RID-klass av den totala andelen farligt godstransporter fördelar sig (enligt Tabell 3 Farligt gods på Västkustbanan [6].) och ger följande frekvenser för olycka inom varje klass:

Tabell 7: RID-klasser som inkluderas och frekvens för olycka med respektive klass.

RID-klass	Andel	Frekvens för olycka på järnväg
RID-klass 2.1: Brandfarliga gaser:	14 %	3,10E-05
RID-klass 2.3: Giftiga gaser:	5,9 %	1,31E-05
RID-klass 3: Brandfarliga vätskor	23,4 %	7,55E-0,5

## A3 Frekvensberäkning väg

I Räddningsverkets *Farligt gods - riskbedömning vid transport* (1996) ges en modell för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farlig godsolycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Olyckskvoten,  $k$ , bestäms enligt beräkningsmatris i handboken ovan med information om vägsträckans omgivande bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. Med olyckskvoten kan antalet olyckor,  $O$ , på en homogen vägsträcka per år och miljon fordon beräknas enligt:

$$O = k \cdot b$$

Där  $b$  är vägsträckans totala arbetsbelastning mätt i miljoner fordonskilometer per år. Denna beräknas exempelvis enligt:

$$b = \text{ÅDT} \cdot 365 \cdot s \cdot 10^{-6}$$

Där ÅDT är trafikmängd mätt i årsdygnsmedel och  $s$  är sträckans längd i km.

Andelen olyckor med farligt gods per år,  $O_{FG}$  kan sedan beräknas enligt formeln:

$$O_{FG} = O((XY) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

Där  $X$  är andelen transporter med farligt gods på vägdelen, något som måste uppskattas för den aktuella sträckan, och  $Y$  är andelen singelolyckor på vägdelen, något som finns i beräkningsmatrisen enligt ovan.

Därefter kan frekvensen av varje aktuell typ av farligt gods olycka bestämmas från aktuell vägsträckans farligt gods transporters fördelning.





# RAPPORT

För att beräkna  $X$  enligt ovan på aktuellt studerat objekt antas att farligt gods transporter på E6/E20 antas vara jämt fördelade mellan norrgående och södergående körriktning.

Med dessa antaganden tillsammans med prognosen från Tabell 4 erhålls sträckans arbetsbelastning:

$$b = 95550 \frac{\text{fordon}}{\text{dygn}} \cdot 365 \cdot 0,5 \text{ km} \cdot 10^{-6} \approx 17,44 \frac{\text{miljoner fordonskilometer}}{\text{år}}$$

Aktuell vägtyp (Motorväg genom tätort, variabel hastighet med 80km/h som max) finns inte i matrisen enligt modellen då motorväg endast tillhör landsbygdkategorin och då finns endast hastighetskategorierna 90 och 110km/h. Sträckan bedöms dock kunna tillhöra kategorin landsbygd, motorväg, 90 km/h då det faktum att vägen istället går igenom tätort, men fler påfarter och avfarter, samt mer trafik, antas tas ut av att hastigheten är lägre (och under de tider på dygnet med mest trafik, mycket lägre).

Olyckskvoten, enligt (Räddningsverket, 1996) är då (Landsbygd, motorväg 90km/h)  $k = 0,32$ .

Detta ger antalet olyckor

$$O = 0,32 \cdot 17,44 = 5,58 \frac{\text{olyckor}}{\text{år}}$$

Vidare antalet olyckor per år med farligt gods:

$$O_{FG} = O((XY) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

För att kunna beräkna detta måste man ha andelen farligt gods på sträckan ( $X$ ) och andel singelolyckor ( $Y$ ).  $Y$  fås från beräkningsmatrisen enligt ovan, och är 0,5.  $X$  kan beräknas från i rapporten gjorda uppskattningar om antalet farligt gods transporter på sträckan samt totaltrafiken, prognostiserade uppgifter för år 2020 används. Dessa fås ur Tabell 4 och ger:

$$X = \frac{\frac{53420 \text{ FG transporter}}{365 \text{ dygn}}}{95550 \frac{\text{fordon}}{\text{dygn}}} \approx 1,5 \cdot 10^{-3}$$

Vilket ger antalet fordon skyltade med farligt gods i olyckor per år:

$$O_{FG} \approx 1,28 \cdot 10^{-2}$$

De ADR-klasser som studeras vidare enligt avsnitt 5.2 är ADR-klass 1, explosiva ämnen, ADR-klass 2.1 brandfarliga gaser, ADR-klass 2.3 giftiga gaser och ADR-klass 3, brandfarliga vätskor. Andelen farligt gods från respektive ADR-klass av den totala andelen farligt godstransporter fördelar sig (enligt Tabell 4) och ger följande frekvenser för olycka inom varje klass:



# RAPPORT

Tabell 8: ADR-klasser som inkluderas och frekvens för olycka med respektive klass.

ADR-klass	Andel	Frekvens för olycka på E6/E20
ADR-klass 1, explosiva ämnen:	0,11 %	1,41E-05
ADR-klass 2.1, brandfarliga gaser:	2,8 %	3,59E-04
ADR-klass 2.3, giftiga gaser:	0,04 %	5,13E-06
ADR-klass 3, brandfarliga vätskor:	51 %	6,54E-03

## A4 Frekvensberäkning ADR/RID klass

Nedan följer frekvensberäkningar för varje ADR/RID klass som ovan identifierats som möjlig att påverka området. Beroende på förutsättningarna och ADR/RID klassens egenskaper görs beräkningar antingen gemensamt för väg och järnväg, eller var för sig.

### A4.1 Klass 1.1 Massexplсивt ämne

Andelen transporter med massexplсивt ämnen klass 1.1 ämne bedöms utgöra maximalt 10 % av samtliga klass 1 transporter. Övriga utgörs av mindre explosionsbenägna varor, klass 1.2 till 1.6.

För att en explosion skall ske vid transport av massexplсивt ämne måste lasten antingen börja brinna eller utsättas för kraftig mekanisk påverkan. Förutsatt en händelse där en transport med klass 1.1 ämne är inblandad i en olycka bedöms sannolikheten till 0,01 att fordon antänds och att då bedöms sannolikheten vara 0,5 för att explosion sker. Om fordonet inte antänds bedöms sannolikheten att lasten utsätts för så starka mekaniska krafter att en explosion sker till 0,1.

Detta ger två scenarier med påverkan på området:

Tabell 9: Olycksscenarier och frekvenser klass 1.1 massexplсивt ämnen E6/E20.

Scenario	Slutfrekvens från händelsesträd väg	Frekvens efter avståndsskalning*
Explosion efter brandpåverkan	1,41E-10	2,11E-09
Explosion efter stark påkänning på last	1,47E-07	4,19E-08

\*Används för individriskberäkning, se avsnitt A1.2

### A4.2 Klass 2.1 Brandfarlig gas

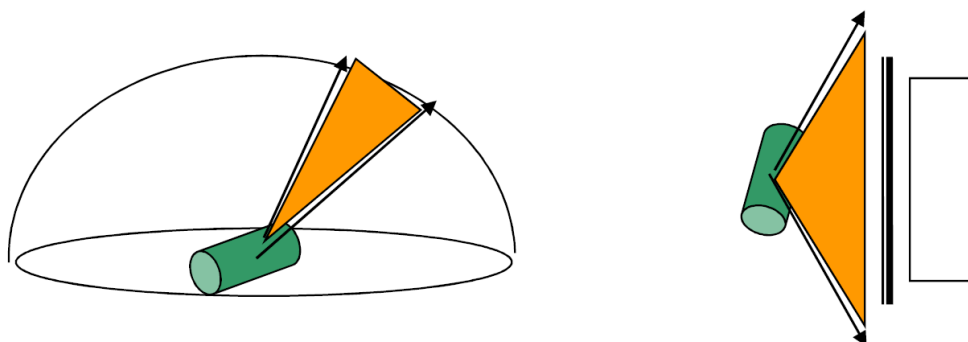
Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandad i urspårning eller olycka innebär inte nödvändigtvis att uppstår ett läckage. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser under övertryck är sannolikheten 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med urspårning (Fredén, 2001).

Givet ett litet läckage är sannolikheten för en direkt antändning (jetflamma) och fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) 0,1 respektive 0,01 (Purdy, 1993). Givet ett stort läckage är sannolikheten 0,2 för direkt antändning (jetflamma) 0,2 och fördröjd antändning 0,5.

Givet direkt antändning (jetflamma) är sannolikheten att jetflamman går mot området 0,0208, detta baseras på ett geometriskt resonemang där det antas jetflamman behöver gå inom en 135 gradig vinkel i horisontalplanet och en 20 gradig vinkel i vertikalplanet för att träffa området. Se Figur 1 nedan.



# RAPPORT



Figur 8: Enkel geometrisk modell för beräkning av sannolikheten att en jetflamma går mot aktuellt område.

Detta ger:

$$\frac{20}{360} \cdot \frac{135}{360} = 0,0208.$$

En jetflamma som riktas mot en ännu icke skadad tank med brandfarlig gas skulle kunna leda till en BLEVE. En ansatt sannolikhet för detta skulle också kunna motiveras med ett geometriskt resonemang. Men osäkerheterna i tankars inbördes placering efter en olycka gör detta svårt. Istället ansätts sannolikheten för att en BLEVE till ca halva den för att en jetflamma skall träffa området, dvs 0,01. Detta gäller både litet och stort läckage och antas vara mycket konservativt.

Givet fördröjd antändning är det istället vinden som påverkar om molnet drivit in över aktuellt område eller bort från det. Enligt beräkning i bilaga B är sannolikheten att vinden ligger mot område 0,43. En fördröjd antändning av ett gasmoln antas leda till en gasmolnsexplosion.

Sammanfattningsvis blir detta fem olycksscenarioer med potentiell påverkan på området.

Tabell 10: Olycksscenarioer och frekvenser klass 2.1 Brandfarliga gaser järnväg.

Scenario	Slutfrekvens från händelseträd järnväg	Frekvens efter avståndsskalning*
Jetflamma, liten	9,40E-10	3,01E-11
Jetflamma, stor	1,88E-09	3,01E-10
BLEVE	9,57E-10	3,83E-10
Gasmolnsexplosion, liten	4,16E-10	9,98E-12
Gasmolnsexplosion, stor	2,58E-08	1,29E-09

\*Används för individriskberäkning, se avsnitt A1.2

Tabell 11: Olycksscenarioer och frekvenser klass 2.1 Brandfarliga gaser E6/E20.

Scenario	Slutfrekvens från händelseträd väg	Frekvens efter avståndsskalning*
Jetflamma, liten	7,46E-09	2,39E-10
Jetflamma, stor	1,49E-08	2,39E-09
BLEVE	1,05E-08	4,22E-09
Gasmolnsexplosion, liten	3,09E-9	7,41E-11
Gasmolnsexplosion, stor	1,54E-7	7,71E-09

\*Används för individriskberäkning, se avsnitt A1.2



# RAPPORT

## A4.3 Klass 2.3 Giftig gas

Även giftig gas transporteras under övertryck i tjockväggiga tankar vilket ger sannolikheten 0,01 för både ett litet och ett stort läckage i samband med urspårning (Fredén, 2001).

Gasen antas bestå av klor eller ammoniak vilka är de vanligast förekommande gaserna som transporteras på väg och järnväg i Sverige, och har också de största spridningsområdena vid en olycka. Sannolikheten för att en transport skall innehålla klor och ammoniak ansätts till 0,5 vardera.

Vid olycka med läckage av giftig gas måste även vindklimatet beaktas. Sannolikheten att vinden blåser mot området samt sannolikheterna för hög och låg vind har beräknats i bilaga B. Dessa följer nedan:

- Mot området: 0,43
- Hög vind: 0,5
- Låg vind: 0,5

Sammanfattningsvis blir detta åtta olycksscenarioer med potentiell påverkan på området.

Tabell 12: Olycksscenarioer och frekvenser klass 2.3 giftig gas järnväg.

Scenario	Slutfrekvens från händelseträd järnväg	Frekvens efter avståndsskalning*
Klorgas, litet läckage, vind hög	4,38E-09	8,76E-11
Klorgas, litet läckage, vind låg	4,38E-09	3,50E-10
Klorgas, stort läckage, vind hög	4,38E-09	9,63E-10
Klorgas, stort läckage, vind låg	4,38E-09	3,33E-09
Ammoniak, litet läckage, vind hög	4,38E-09	8,76E-11
Ammoniak, litet läckage, vind låg	4,38E-09	1,75E-10
Ammoniak, stort läckage, vind hög	4,38E-09	4,38E-10
Ammoniak, stort läckage, vind låg	4,38E-09	1,58E-09

\*Används för individriskberäkning, se avsnitt A1.2

Tabell 13: Olycksscenarioer och frekvenser klass 2.3 giftig gas E6/E20.

Scenario	Slutfrekvens från händelseträd	Frekvens efter avståndsskalning*
Klorgas, litet läckage, vind hög	1,10E-09	2,20E-11
Klorgas, litet läckage, vind låg	1,10E-09	8,82E-11
Klorgas, stort läckage, vind hög	1,10E-09	2,42E-10
Klorgas, stort läckage, vind låg	1,10E-09	8,38E-10
Ammoniak, litet läckage, vind hög	1,10E-09	2,20E-11
Ammoniak, litet läckage, vind låg	1,10E-09	4,41E-11
Ammoniak, stort läckage, vind hög	1,10E-09	1,10E-10
Ammoniak, stort läckage, vind låg	1,10E-09	3,97E-10



# RAPPORT

## A4.4 Klass 3 Brandfarlig vätska

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker, litet respektive stort, ansätts konservativt till 0,25 respektive 0,05 (Fredén, 2001). För järnväg kan det vidare antas att ett läckage vid spåret är sannolikt att en del bränsle kommer rinna ner i ballasten (makadam) vid spåret. Studier har visat på en dramatiskt minskad effektutveckling i pölbranden om denna sker i ett lager av makadam (Lönnemark, 2008). Då hela pölen inte hamnar i makadam så antas full effektutveckling som en konservativt antagande. Däremot justeras sannolikheten i vidare analys så att en mindre pölbrand blir något troligare än en större pölbrand jämfört med utgångsvärden minskas sannolikheten för en stor pölbrand något och sannolikheten för en liten pölbrand ökas med samma mängd. Använda sannolikheter för järnväg är på grund av detta istället 0,01 för stort läckage respektive 0,29 för ett litet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas att all brandfarlig vätska utgörs av, eller antänds lika lätt som, bensin.

Vid ett momentant eller större utsläpp är risken stor att ingen åtgärd hinner vidtas innan bensinen antänds. Vid kontinuerligt mindre läckage bedöms dock möjligheten att förhindra en antändning vara större. Det antas därför att antändning av en större bensinpöl sker i 30 % av fallen med läckage och att en brand i en mindre pöl sker i 10 % av fallen (Purdy, 1993).

Sammanfattningsvis blir det två olika slutscenarier med potentiell skada på planområdet. Dessa sammanfattas i tabell A4 nedan.

Tabell 14: Olycksscenarier klass 3 Brandfarliga vätskor järnväg.

Scenario	Slutfrekvens från händelsetråd	Frekvens efter avståndsskalning*
Liten pölbrand	2,19E-06	1,75E-07
Stor pölbrand	2,27E-07	2,72E-08

\*Används för individriskberäkning, se avsnitt A1.2

Tabell 15: Olycksscenarier klass 3 Brandfarliga vätskor E6/E20.

Scenario	Slutfrekvens från händelsetråd	Frekvens efter avståndsskalning*
Liten pölbrand	1,63E-04	1,31E-05
Stor pölbrand	9,80E-05	1,18E-05

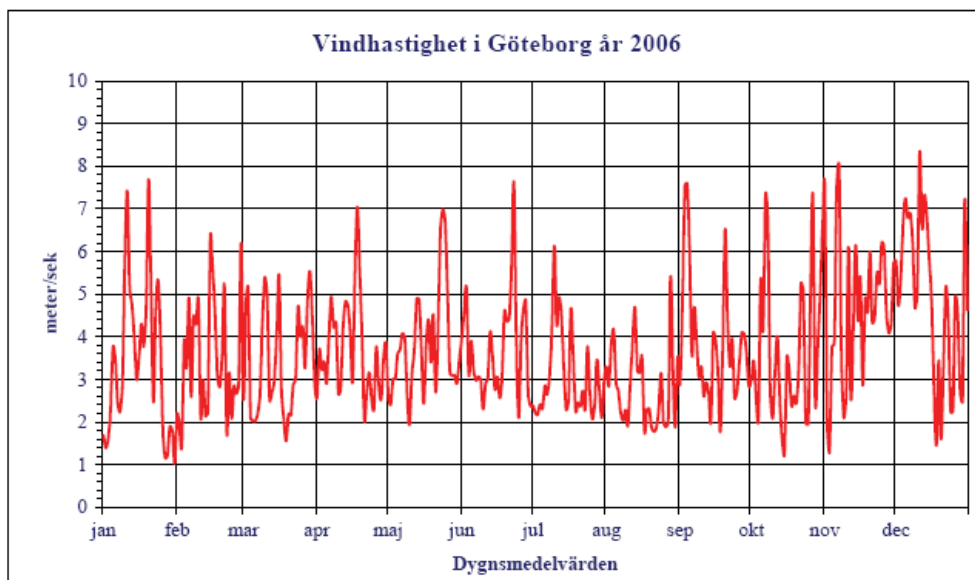


# RAPPORT

## Bilaga B – väderdata

### B1 Stabilitetsklass

Beräkningsmodellen använder sig av Pasquills stabilitetsklasser. I beräkningarna har de två stabilitetsklasser som är vanligast i Göteborg använts. Stabilitetsklass D som sannolikt uppkommer vid vindhastigheter över 3 m/s bedöms vara den vanligaste stabilitetsklassen i området under både dag- och nattetid. Stabilitetsklass F är också möjlig men denna förutsätter vindhastigheter under 2 m/s. Diagrammet nedan (figur C1) visar fördelningen av vindstyrka under 2006. Liknande förhållanden uppvisas för åren 2001-2005. Figuren visar att vindhastigheten endast i undantagsfall understiger 2 m/s. Medelvärdet under vinterhalvåret ligger mellan 3-4 m/s.



Figur 9: vindhastighet under året i Göteborg år 2006 (Göteborg stad, 2006)

### B2 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningen. Väderdata från Göteborgs miljöförvaltning har använts med mätvärde från 2006, se Figur C1 ovan. Medelvindhastigheten under året var 3,7 m/s. Spridningen från en olycka blir värre i olyckans närhet om lägre värde används. För aktuellt planområde innebär detta att relativt låga vindhastigheter ansätts. I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind samt 7 m/s för stark vind. Sannolikheten för de två fallen ansätts till:

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

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



# RAPPORT

## B3 Vindriktning

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

Följande vinddata har uppmätts för Göteborg (%) (Göteborg stad, 2006).

Tabell 16: Vinddata för Göteborg.

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
<b>Göteborg</b>	7,7	11,4	7,9	13,1	16,8	14,5	15,9	7,5	3,7

Observera att värdena anger varifrån det blåser.

Det blåser mot planområdet vid vindriktning från N, NO, O, SO. Detta motsvarar 40,1 % av fallen. Det blåser från planområdet vid vindriktning från S, SV, V och NV vilket motsvarar 54,7 % av fallen. Frekvensen för vindstilla (lugnt) fördelas på båda fallen vilket ger:

- Vindriktning mot området: 41,95 %
- Vindriktning bort från området: 56,55 %

Om dessa summeras blir dock summan ej 100 %. Vid omräkning av värdena ger detta följande sannolikheter för vindriktning mot respektive bort från området:

- $S_{\text{mot området}} = 0,43$        $0,4195/(0,4195+0,5655)$
- $S_{\text{från området}} = 0,57$        $0,5655/(0,4195+0,5655)$



# RAPPORT

## Bilaga C – Konsekvensberäkningar

### C1 Metod

Konsekvensavstånd och områden definieras som det avstånd från olyckskällan inom vilket personer förväntas avlida. Hänsyn tas alltså inte till icke livshotande skador om inte detta diskuteras specifikt. Ett konsekvensområde för varje scenario definieras med en längd och en bredd, eller som en radie vid cirkulär spridning.

Vissa antaganden har gjorts om förutsättningarna kring planområdet vid beräkningarna av konsekvenser vid en olycka med farligt gods.

- En urspårad vagn/lastbil kan hamna på olika avstånd både väster och öster om spåret/vägen. I beräkningarna förutsätts att denna sannolikhet vara normalfördelad och alla konsekvensavstånd utgår därför från spårets/vägens mittpunkt.
- Flödet på både järnväg och E6/E20 antas vara jämt fördelat över dygnet och året.

#### C1.1 Individrisk

För individriskberäkningen används både längd och bredd. Beräknat konsekvenslängd är en direkt indata för uppritning av individriskkurvan. Konsekvensbredden används för att skala scenariots frekvens, se avsnitt A1.2.

#### C1.2 Samhällsrisk

För att beräkna samhällsrisk används både längd och bredd. Dessa multipliceras för att skapa en konsekvensarea. Konsekvensarean multipliceras sedan med den beräknade persontätheten i området vilket ger antalet döda per scenario. För scenariot med cirkulära spridningsområden (och en halvcirkels påverkan på planområdet) räknas radien ( $r$ ) om till den längd som ger en kvadrat av samma area som halvcirkeln enligt formeln:

$$l_{kvadrat} = \sqrt{\frac{\pi r^2}{2}}$$

För alla scenarion som sker på järnväg dras 30 meter av på konsekvenslängden eftersom järnvägen ligger 30 meter bort från aktuellt område.

### C2 Personbelastning

För att beräkna samhällsrisk behöver antal dödsfall per olycksscenario bedömas och för att göra detta behöver personbelastningen i området bestämmas. Beräkning av personbelastningen utgår från utbyggnadsscenario i den tidigare riskutredningen med detta scenario som befintligt scenario. Detta jämförs mot utbyggnadsscenario.

I aktuellt område finns mycket befintlig bebyggelse av alla typer, kontor, bostäder och handel. I denna utredning tas hänsyn till denna befintliga bebyggelse och resultat för samhällsrisk beräknas därför både med och utan bidraget av den nya bebyggelsen enligt detaljplan för Åbybergsgatan och Kungsfisken. I samråd med kommun, räddningstjänst och länsstyrelse togs i den tidigare riskutredningen beslutet att personbelastning upp till 200 meter från E6/E20 skulle användas för beräkning av samhällsrisk.





# RAPPORT

TVå zoner har definierats på grund av den markant olika personbelastningen inom dessa områden. I varje område beräknas en personbelastning.

Personbelastningen i den befintliga bebyggelsen uppskattas grovt genom att utgå från ungefärliga kvadratmeter och antal våningsplan av olika verksamhetstyper på identifierade byggnader inom avståndet 200 meter från farligt gods lederna.

Handelsbyggnaden tillhörande detaljplan 2 ligger bara delvis inom 200 meter, endast delen inom området tagits med i beräkningarna för personbelastning. Beräkningarna har gjorts genom mätning på kartunderlag, studerande av detaljplanerna och med hjälp av Eniro.se. Parkeringshus har inte tagits med i beräkningarna då dessa bedöms ha försumbar påverkan på personbelastningen jämfört med övriga verksamhetstyper.

Befintlig bebyggelse i denna riskutredning definieras som utbyggnadsförslaget i tidigare riskutredning, plus de fastigheter som finns inom 200 m gränsen från väg E6/E20 och inom detaljplanen för Åbybergsgatan. Totalt beräknas befintlig yta till vad som anges i Tabell 17.

Tabell 17: Ytor och typ, befintliga fastigheter.

Typ	Yta
Bostäder	≈ 30 000 kvm
Kontor	≈ 16400 kvm
Handel	≈ 11 350 kvm

Enligt förslag för detaljplaner för Åbybergsgatan och Kungsfisken antas ytor som anges tillkomma respektive försvinna inom 50 – 200 m från väg E6/E20 i utbyggnadsförslaget.

Tabell 18: Tillkommande och avgående ytor för detaljplan Åbybergsgatan och Kungsfisken i utbyggnadsförslaget.

Detaljplan	Typ	Yta tillkommande	Yta avgående
4 Åbybergsgatan	Kontor	34 400 kvm	-
	Bostäder	-	4800 kvm
5 Kungsfisken	Kontor	28 550 kvm	-
	Handel	2450 kvm	-

Totalt kommer området i utbyggnadsförslaget ha följande ytor i området 50-200 m från E6/E20.

Tabell 19: Totala ytor i området 50-200 m från väg E6/E20.

	Befintligt	Utbyggnad
Bostäder	30 000 kvm	25 200 kvm
Kontor	16 400 kvm	79 350 kvm
Handel	11 350 kvm	13 800 kvm

I området 0-50 m från E6/E20 antas personbelastningen vara samma i utbyggnadsförslaget som förutsättningarna i tidigare riskutredning.



## C2.3 Persontäthet

### Dimensionerande persontäthet

För de olika verksamhetstyperna används en dimensionerande persontäthet för att beräkna antal personer utifrån kvadratmeterytor. För kontor används värdet 0,1 personer/kvm enligt angiven dimensionerande persontäthet i BBR20 (Boverkets byggregler). För handel anger BBR20 0,5 personer per kvm men utförda fältundersökningar har visat att detta är väl på säkra sidan. En persontäthet som uppmätts i jul och mellandagshandel är 0,1-0,2 personer/kvm (Ingegerd, 1999) NFPA Life Safety Handbook (NFPA, 2009) anger 0,357 personer/kvm. Alla dessa värden antar dock maximal belastning vilket gör att även det lägsta 0,1 personer/kvm bedöms konservativt för en samhällsrisikberäkning. Detta eftersom man i en samhällsrisikberäkning är ute efter det genomsnittliga antalet personer spritt över hela året.

För bostäder anges ingen dimensionerande persontäthet i BBR20, istället används värdet 0,025 personer/kvm baserat på tidigare erfarenheter av byggprojekt och riskutredningar. Detta sammanfattas i tabell C1 nedan.

Tabell 20: Personantal per kvadratmeter för handel, kontor och bostäder.

Verksamhetstyp	Personantal per kvadratmeter
Handel	0,1
Kontor	0,1
Bostäder	0,025

### Spridning över dygnet

Personer antas vistas inom området 24 timmar om dygnet men antas vistas utomhus i större utsträckning under dagtid än nattetid. Dagtid utgör 60 % av dygnet och 40 % är nattetid/kvällstid.

Av de personer som finns i området på grund av handelslokaler antas 90% vara inomhus och 10 % utomhus dagtid. Inga antas vara inne eller ute nattetid.

Av de personer som finns i området på grund av kontorshusen antas 75 % vara inomhus respektive 2 % utomhus dagtid. Nattetid antas 1 % personer vara inomhus och ingen utomhus.

Av de personer som finns i området på grund av bostäderna antas 20 % vara inomhus respektive 10 % vistas utomhus dagtid. Nattetid antas 95 % vara hemma inomhus och 1 % vistas utomhus.

## C2.4 Beräkning sammanvägd persontäthet

Med personantal/kvm enligt tabell C1 och resultaten i Figur C1 fås resultaten i tabell C2-C7 nedan. I dessa har också lagts till en uppskattning om övriga personer i området. Det vill säga personer som inte skall till eller kommer från någon av de verksamheter som finns i området.

# RAPPORT



Tabell 21: Personantal i olika verksamhetsklasser i befintlig bebyggelse.

Område	Byggnadstyp	Antal m <sup>2</sup>	Uppskattat / Beräknat antal	Dagtid		Nattetid	
				Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
0-50m	Bussterminal (byggnad)		10	Inomhus	10	0	0
				Utomhus	0	0	0
	Övriga i området		20	Inomhus	0	0	0
				Utomhus	20	2	2
50-200m	Bostäder	30 000	750	Inomhus	150	712,5	712,5
				Utomhus	75	7,5	7,5
	Kontor	16 400	1640	Inomhus	1230	16,4	16,4
				Utomhus	41	0	0
	Handel	11350	1 135	Inomhus	1021,5	0	0
				Utomhus	113,5	0	0
	Övriga i området		50	Inomhus	0	0	0
				Utomhus	50	5	5

Tabell 22: Beräknade densiteter för respektive område, inomhus kontra utomhus, och tider på dygnet för befintlig bebyggelse.

Område	Områdets Area (m <sup>2</sup> )	Summa personantal			Persontäthet (pers/m <sup>2</sup> ) och fördelning (del av dygnet)		Sammanvägd persontäthet ett dygn
		Inomhus	Dagtid	Nattetid	Dag (60 %)	Natt/kväll (40 %)	
0-50m	20000,00	Inomhus	10	0	5,00E-04	0,00E+00	3,00E-04
		Utomhus	20	2	1,00E-03	1,00E-04	6,40E-04
50-200m	80000,00	Inomhus	2401,5	728,9	3,00E-02	9,11E-03	2,17E-02
		Utomhus	279,5	12,5	3,49E-03	1,56E-04	2,16E-03



# RAPPORT

Tabell 23: Personantal i olika verksamhetsklasser totalt efter nybyggnation i undersökt område enligt Figur 4.

Område	Byggnadstyp	Antal m <sup>2</sup>	Uppskattat / Beräknat antal	Dagtid		Nattetid	
				Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
0-50m	Bussterminal (byggnad)		10	Inomhus	10	0	0
				Utomhus	0	0	0
	Övriga i området		20	Inomhus	0	0	0
				Utomhus	20	2	2
50-200m	Bostäder	25 200	630	Inomhus	126	598,5	598,5
				Utomhus	63	6,3	6,3
	Kontor	79 350	7935	Inomhus	5951,25	79,35	79,35
				Utomhus	198,375	0	0
	Handel	13800	1 380	Inomhus	1242	0	0
				Utomhus	138	0	0
	Övriga i området		100	Inomhus	0	0	0
				Utomhus	100	10	10

Tabell 24: Beräknade densiteter för respektive område, inomhus kontra utomhus, och tider på dygnet för nybyggnation.

Område	Områdets Area (m <sup>2</sup> )	Summa personantal		Persontäthet (pers/m <sup>2</sup> ) och fördelning (del av dygnet)		Sammanvägd persontäthet ett dygn	
		Dagtid	Nattetid	Dag (60 %)	Natt/kväll (40 %)		
0-50m	20000,00	Inomhus	10	0	5,00E-04	0,00E+00	3,00E-04
		Utomhus	20	2	1,00E-03	1,00E-04	6,40E-04
50-200m	80000,00	Inomhus	7319,25	677,85	9,15E-02	8,47E-03	5,83E-02
		Utomhus	499,375	16,3	6,24E-03	2,04E-04	3,83E-03



# RAPPORT

## C3 Konsekvens farligt gods

### C3.1 Konsekvens olycka klass 1.1 massexplсивt ämne

I samband med olyckor med explosiva ämnen och andra föremål påverkas människor av tryckhöjningen. Det är endast massexplсивa ämnen som kan ge upphov till sådana scenarion att människor på ett avstånd större avstånd än ett tiotal meter kan skadas allvarligt.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och vid ännu större tryckskillnader skadas människors organ och dödliga skador kan uppkomma. I tabellen nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader. Av tabellen framgår också det avstånd dessa trycknivåer erhålls vid en explosion av flera ton massexplсивa ämnen.

I FÖP99 (Göteborg stad, 1999) anges för byggnader att byggnader har en låg trycktålighet, och att de skadas (så att omkomna förväntas inomhus) vid 15-40 kPa. Aktuell bebyggelse bedöms vara i det övre spannet.

I FÖP99 (Göteborg stad, 1999) anges också att vid en 150 kg explosion uppstår 40 kPa på omkring 25 meters avstånd. Detta ansätts som konsekvensavstånd för byggnader, då transporterad mängd explosiva varor bedöms vara mycket lägre enligt avsnitt 5.1.1. Konsekvensavstånd för människor utomhus sätts något lägre eftersom människor är mer tåliga mot explosionstryck än byggnader.

Multipliserat med persontätheter i de olika områdena, ute och inne fås värdena i tabell D3. I beräkningen bedöms alla inom konsekvensområdena avlida, både inne och ute.

Tabell 25: Förväntat antal omkomna vid olycka med massexplсивa ämnen E6/E20. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
Explosion massexplсивt ämne	0,19	0,26	0,00	0,00	1

Tabell 26: Förväntat antal omkomna vid olycka med massexplсивa ämnen E6/E20. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
Explosion massexplсивt ämne	0,19	0,26	0,00	0,00	1



# RAPPORT

## C3.2 Konsekvens olycka klass 2.3 giftig gas

Mängden brandfarlig gas i en vagn antas till ca 40 ton. Beräkningarna anses vara giltiga för både järnväg och olycka på motorväg. För motorvägen är detta konservativt då transporterade mängder på väg är lägre än för en godsvagn på järnväg.

Vidare antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

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

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

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

- Jetflammas längd vid omedelbar antändning.
- Det brännbara gasmolnets volym.
- Området som påverkas vid en BLEVE.

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

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4\*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Vindhastighet: 3 m/s

# RAPPORT



Tabell 27: Skadeområdets area inom aktuellt planområde

Händelse	Läckagestorlek	Antändning	Skadeområdets area (längd x bredd)
BLEVE	-		200 m i radie 250 x 250*
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (20mm)	Jetflamma Fördröjd gasmolnsexplosion	18 x 16 18 x 12
	Stort hål (100mm)	Jetflamma Fördröjd gasmolnsexplosion	91,5 x 80 21 x 25

\*se avsnitt C1.2

Multipliserat med persontätheter i de olika områdena, ute och inne fås värdena i tabell D3. I beräkningen antas 100 % av de som vistas utomhus att omkomma och 25 % av de som vistas inomhus att omkomma.

Eftersom järnvägen är belägen på längre avstånd från planområdet än motorvägen görs olika beräkningar för antalet omkomna på järnväg respektive motorväg.

Tabell 28: Förväntat antal omkomna vid olycka med brännbar gas E6/E20. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
BLEVE	0,45	3,84	216,56	86,35	308
Antänt gasmoln, litet	0,02	0,14	0,00	0,00	1
Antänt gasmoln, stort	0,04	0,34	0,00	0,00	1
Jet, stor	0,18	1,54	17,97	7,17	27
Jet, liten	0,02	0,18	0,00	0,00	1

Tabell 29: Förväntat antal omkomna vid olycka med brännbar gas E6/E20. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
BLEVE	0,45	3,84	582,84	153,07	741
Antänt gasmoln, litet	0,02	0,14	0,00	0,00	1
Antänt gasmoln, stort	0,04	0,34	0,00	0,00	1
Jet, stor	0,18	1,54	48,38	12,71	63
Jet, liten	0,02	0,18	0,00	0,00	1

# RAPPORT



Tabell 30: Förväntat antal omkomna vid olycka med brännbar gas järnväg. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
BLEVE	0,45	3,84	216,56	86,35	308
Antänt gasmoln, litet	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Antänt gasmoln, stort	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Jet, stor	0,18	1,54	4,98	1,99	9
Jet, liten	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Tabell 31: Förväntat antal omkomna vid olycka med brännbar gas järnväg. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
BLEVE	0,45	3,84	582,84	153,07	741
Antänt gasmoln, litet	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Antänt gasmoln, stort	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Jet, stor	0,18	1,54	13,41	3,52	19
Jet, liten	0,00	0,00	0,00	0,00	0





# RAPPORT

## C3.3 Konsekvens olycka klass 2.3 giftig gas

Då klor är en av de giftigaste gaserna som transporteras på aktuell järnväg har denna gas använts i beräkningarna. Mängden giftig gas i en vagn/transport antas till ca 55 ton. Observera att detta är mycket konservativt för transporter på motorväg. För att bestämma hur stor del av planområdet som utsätts för klorkoncentrationer som kan vara dödliga används simuleringsprogrammet *Spridning luft* (RIB 1-2009).

De indata som använts för att simulera konsekvensområden presenteras nedan:

- Kemikalier: Klor, ammoniak
- Emballage: Järnvägsvagn (55 ton)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart
- Vindhastighet: 2 m/s och 7 m/s

Samtliga inom gasmolnets LC50-avstånd antas omkomma och samtliga utom molnet bedöms överleva.

Följande värden för LC50 30 minuter används (NFPA, 2009):

- LC50 klor: 250 ppm
- LC50 ammoniak: 5000 ppm

Tabell 32: Skadeområdets area. Bredden som anges är den maximala för skadeområdet.

Händelse	Gas	Vindstyrka (m/s)	Skadeområdets area (l x b)	
			Inomhus	Utomhus
Litet läckage (2,4 kg/s)	Klor	2	15x10	80x40
		7	-	35x10
	Ammoniak	2	15x10	40x20
		7	-	35x10
Stort läckage (60 kg/s)	Klor	2	420x220	600x380
		7	190x50	420x110
	Ammoniak	2	170x90	370x180
		7	75x20	170x50

Multipliserat med persontätheter i de olika områdena, ute och inne fås värdena i tabell D3. I beräkningen antas 100 % av de som vistas utomhus att omkomma och 50 % av de som vistas inomhus att omkomma.

Eftersom järnvägen är belägen på längre avstånd från planområdet än motorvägen görs olika beräkningar för antalet omkomna på järnväg respektive motorväg.

# RAPPORT



Tabell 33: Förväntat antal omkomna vid olycka med giftig gas E6/E20. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
klor stort (vind låg)	0,99	6,72	476,43	151,11	636
klor stort (vind hög)	0,23	2,11	75,80	47,49	126
ammoniak stort (vind hög)	0,09	0,96	5,41	12,95	20
ammoniak stort (vind låg)	0,41	3,46	116,94	77,72	199
klor litet (vind hög)	0,00	0,22	0,00	0,00	1
klor litet (vind låg)	0,02	0,77	0,00	2,59	4
ammoniak litet (vind hög)	0,00	0,22	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind låg)	0,02	0,51	0,00	0,00	1

Tabell 34: Förväntat antal omkomna vid olycka med giftig gas E6/E20. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
klor stort (vind låg)	0,99	6,72	1282,24	267,88	1558
klor stort (vind hög)	0,23	2,11	203,99	84,19	291
ammoniak stort (vind hög)	0,09	0,96	14,57	22,96	39
ammoniak stort (vind låg)	0,41	3,46	314,73	137,77	457
klor litet (vind hög)	0,05	0,22	0,00	0,00	1
klor litet (vind låg)	0,02	0,77	0,00	4,59	6
ammoniak litet (vind hög)	0,05	0,22	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind låg)	0,02	0,51	0,00	0,00	1

# RAPPORT



Tabell 35: Förväntat antal omkomna vid olycka med giftig gas järnväg. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
klor stort (vind låg)	0,99	7,30	476,43	164,07	649
klor stort (vind hög)	0,23	2,11	59,55	47,49	110
ammoniak stort (vind hög)	0,14	0,96	0,00	9,71	11
ammoniak stort (vind låg)	0,41	3,46	87,71	77,72	170
klor litet (vind hög)	0,00	0,03	0,00	0,00	1
klor litet (vind låg)	0,00	0,77	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind hög)	0,00	0,03	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind låg)	0,00	0,13	0,00	0,00	1

Tabell 36: Förväntat antal omkomna vid olycka med giftig gas järnväg. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
klor stort (vind låg)	0,99	7,30	1282,24	290,84	1582
klor stort (vind hög)	0,23	2,11	160,28	84,19	247
ammoniak stort (vind hög)	0,14	0,96	0,00	17,22	19
ammoniak stort (vind låg)	0,41	3,46	236,05	137,77	378
klor litet (vind hög)	0,00	0,03	0,00	0,00	1
klor litet (vind låg)	0,00	0,77	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind hög)	0,00	0,03	0,00	0,00	1
ammoniak litet (vind låg)	0,00	0,13	0,00	0,00	1

### C3.3 Konsekvens olycka klass 3 brandfarlig vätska

Strålningen från poLEN beräknas enligt beräkningsmodell från FOA (FOA, 1998). Data har valts för bensin. Detta eftersom bensin har högst energivärde och



# RAPPORT

förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ.

Konsekvenserna för två utläppsstorlekar har beräknats, ett stort läckage bedöms kunna ge en pölarea om 300m<sup>2</sup> och ett litet utsläpp en pölarea om 150m<sup>2</sup> (Fredén, 2001).

Följande data gäller för bensin (FOA, 1998):

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

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

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

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

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

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

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

Flamman kommer att fluktuera mycket och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flamhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara cirkulär och flamgeometrin en cylinder är  $d_f = d_p$  och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger  $d_f = d_p \approx 14$  m för en pölbrand om 150 m<sup>2</sup> respektive 19,5 m för en pölbrand om 300 m<sup>2</sup>.

Strålningen per ytenhet från flaman beräknas enligt:

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

där  $h_c$  = energivärdet i  $\frac{J}{kg}$  enligt ovan.

Faktorn 0,35 utgör den andel av den totala energin som omsätts till strålningsvärme. Vidare beräknas strålningen från en ideal svartkropp blir enligt Stefan-Boltzmanns lag:

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

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

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

$T$  = temperaturen [K].

Approximationen med en svart kropp som strålar ger konservativa. Vid större pölbränder antas strålningen normalt ha sitt ursprung i flammans mitt och här ligger



# RAPPORT

emissionsfaktorn ( $\varepsilon$ ) nära 1 varför denna approximation anses rimlig. Närmare flammans mantelyta minskar emissiviteten snabbt. En beräkning baserad på att all strålning kommer från flammans mitt är därför konservativt.

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

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

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

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

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

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

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

Där  $\alpha_w$  = absorptionsfaktorn för vattenånga och

$\alpha_c$  = absorptionsfaktorn för koldioxid.

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, längden som strålningen färdas från den strålade ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur.  $\alpha_w$  och  $\alpha_c$  bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i (FOA, 1998).

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

Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från figur 11.3 i (FOA, 1998).

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

Flamhöjd enligt formel C1, utfallande strålning enligt formel C2 och temperatur enligt C3, resultaten samlas i tabell C20.

Tabell 37: Initial egenskapsberäkning pölbrand.

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m <sup>2</sup> )	Temperatur på den strålade ytan/flammans mitt (K)
150 m <sup>2</sup>	17,6	121	1210
300 m <sup>2</sup>	22,2	132	1236

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



# RAPPORT

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

Sambandet mellan strålningens varaktighet och skador på människan beskrivs av probitfunktionen  $t \cdot P^{4/3}$ . Om denna tidsvägda strålningsdos är över  $3 \cdot 10^6$  finns en risk för 2:a gradens brännskador. Risken ökar sedan exponentiellt med ökad strålning. Sannolikheten för andra gradens brännskador utläses sedan ur figur 11.9 i [15]. Beräkningsresultat sammanställs i tabell C4 nedan.

Tabell 38: Beräkningsresultat strålning och konsekvens pölbrand.

Brand	Avstånd från flamfront (m)	$\alpha_w$	$\alpha_c$	$\tau_a$	$F_{max}$	$P_{12}$ (kW/m <sup>2</sup> )	$t \cdot P^{4/3} \cdot 10^6$ (s(W/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> )	2:a grad bränn-skada (%)	Andel döda (%)
150 m <sup>2</sup>	0 (flamfront)	0,11	0,015	0,875	1	105,9	50,1	100	15
	3	0,12	0,02	0,86	0,45	46,8	16,9	95	14
	<b>13</b>	<b>0,170</b>	<b>0,028</b>	<b>0,802</b>	<b>0,16</b>	<b>15,5</b>	<b>3,9</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
	23	0,190	0,030	0,780	0,07	6,6	1,2	0	0
	43	0,22	0,034	0,746	0,025	2,3	0,3	0	0
300 m <sup>2</sup>	0 (flamfront)	0,130	0,020	0,850	1	112,2	54,1	100	15
	10	0,170	0,025	0,805	0,28	29,8	9,2	65	10
	<b>20</b>	<b>0,190</b>	<b>0,030</b>	<b>0,780</b>	<b>0,15</b>	<b>15,4</b>	<b>3,85</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
	30	0,200	0,032	0,768	0,07	7,1	1,4	0	0
	40	0,220	0,035	0,745	0,05	4,9	0,8	0	0

Sammanfattningsvis kan följande konstateras utifrån beräkningarna, med konsekvensavståndet taget konservativt:

Tabell 39: Konsekvensavstånd pölbrand.

Konsekvensavstånd	Pölbrand 150 m <sup>2</sup>	Pölbrand 300 m <sup>2</sup>
konsekvensavstånd från flamfront	13 m	20 m
konsekvensavstånd från pölbrandens centrum	20 m	30 m
kvadratisk konsekvensavstånd*	25 m	38 m

\*Se avsnitt C1.2

Tabell 40: Förväntat antal omkomna vid olycka med brandfarlig vätska E6/E20. Endast befintlig bebyggelse.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
pölbrand stor	0,00	0,73	0,00	0,00	1
pölbrand liten	0,00	0,32	0,00	0,00	1

# RAPPORT



Tabell 41: Förväntat antal omkomna vid olycka med brandfarlig vätska E6/E20. Totalt med nybyggnation.

Olycksscenario	Antal döda inne område 1	Antal döda ute område 1	Antal döda inne område 2	Antal döda ute område 2	Totalt Antal Döda (avrundat till heltal)
pölbrand stor	0,09	0,73	0,00	0,00	1
pölbrand liten	0,04	0,32	0,00	0,00	1