

SEPTEMBER 2015

KVANTITATIV RISKANALYS FÖR ALMEDALS FABRIKER



COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sverige

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

SEPTEMBER 2013

KVANTITATIV RISKANALYS FÖR ALMEDALS FABRIKER

PROJEKTNR.	A072725
DOKUMENTNR.	RAP-001/ A072725/Documents/04/Risikanalys
VERSION	2.0
UTGIVNINGSDATUM	2015-10-12
UTARBETAD	Maria Bergh
GRANSKAD	Christoffer Käck
GODKÄND	Gert Swenson

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att upprätta detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Almedals fabriker. Planområdet ligger mellan Mölndalsvägen och riksväg E6/E20, omedelbart söder om Lyckholms fabriker och inrymmer idag kontor och flera olika verksamheter. Planförslaget innebär att befintlig industribeachbyggelse i stor utsträckning bevaras och kompletteras med ny beachbyggelse. Området beachräknas få ett tillskott på ca 210 bostäder och 48 000 m² kontor, verksamheter. Inom och i anslutning till planområdet finns ett antal riskkällor som utgör rekommenderade transportleder för farligt gods (väg och järnväg). Stadsbyggnadskontoret har därför givit COWI i uppdrag att genomföra en riskutredning avseende transporter av farligt gods på väg och järnväg förbi studerat område.

Det P-hus med kontor (byggnaden som planeras på tomtens sydöstra hörn) utgör en barriär för bakomvarande bostadsbebyggelsen. På grund av detta beachräknas och presenteras risknivån för olika case:

- › **Case 1:** All beachbyggelse som presenteras i figur 5 och figur 6 byggs.
- › **Case 2:** Samma som case 1 förutom att byggnaden som inrymmer P-hus med kontor ovan inte byggs
- › **Case 3:** Endast planerad bostadsbebyggelse samt befintlig beachbyggelse. Viss befintlig beachbyggelse antas inrymma kontor.

Syftet med att presentera resultaten för respektive case är att undersöka om det är möjligt att bygga bostäderna innan P-huset med kontor ovan byggs, alltså utan den barriären som framförvarande byggnad utgör (case 2). Syftet med att presentera resultat för case 3 är att säkerställa att det är möjligt att bygga bostäder innan övriga byggnader byggs. Risknivån med respektive utan skyddsåtgärder presenteras för respektive case.

I Länsstyrelsens (2006) riskpolicy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna (zon A, B och C) är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Parkeringshus, handel och kontor, vilket föreslås i detaljplanen, skall enligt Länsstyrelsens riktlinjer placeras i zon B eller C där zon A är zonen närmast transportled. Ytparkering kan placeras i zon A.

Enligt Göteborgs översiktsplan skall området 0-30 meter ifrån farligt godsled vara bebyggelsefritt men kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan medges kontor på avstånd längre än 30 meter ifrån järnväg med farligt gods och 50 meter ifrån väg med farligt gods. Planerad bebyggelse är som närmast belägen ca 25 meter från närmsta järnvägsspår (Västkustbanan). Till Kust till kustbanan och väg E6/E20 (vägkant) är det som närmast ca 40 respektive ca 60 meter. Ett bebyggelsefritt område på minst 30 meter uppfylls således inte med avseende på Västkustbanan för ny bebyggelse. Det bör dock noteras att det endast är en del av planerat P-hus som planerar närmare än 30 meter från järnvägen.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken utomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från närmsta spår (Västkustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras detta avstånd till 0-25 meter. Jämfört med samma kriterier hamnar individrisken inomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-25 meter från närmsta spår (Västkustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras individrisken inomhus till en risknivå som anses som låg och (ytterligare) skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, över DNV:s övre kriterie för både case 1 och case 2. Detta innebär att risken inte bedöms som acceptabel. Samhällsrisk reduceras med införande av skyddsåtgärder. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsrisk, för både case 1 och case 2, strax under DNV:s övre kriterie och över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie och att kriteriet i GÖP överskrids. Det kan vidare konstateras, att samhällsrisk reduceras något för case 1 jämfört med case 2. Detta beror på att det P-hus med kontor ovan (2 våningar kontor) fungerar som en avskärmande barriär för bakomliggande bostadshus. I case 2 saknas en sådan barriär för planerade bostadshus vilket bidrar till en ökad samhällsrisk.

För case 3 är personintensiteten nära studerade farligtgodsleder betydligt lägre än för case 1 och 2 vilket resulterar i en betydligt lägre risknivå. När hänsyn inte tas till skyddsåtgärder hamnar samhällsrisk något över kriteriet för bostäder enligt GÖP. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras risken till en nivå under kriteriet för bostäder i GÖP.

I samband med planerna för ÅF:s kontor, vilket är beläget ca 150 meter söder om studerat område, studerades samhällsrisk med avseende på transporter av farligt gods förbi det området. I den riskanalysen (ÅF, 2012) hamnade samhällsrisk på en nivå under kriteriet för arbetsplatser i Göteborgs översiktsplan som baserats på synpunkter från *näringslivet* men över kriteriet för arbetsplatser som baserats på *riksdagens* synpunkter. I analysen för ÅF:s kontor hamnade samhällsrisk under DNV's övre kriterie vilket samhällsrisk även gör i denna riskanalys då hänsyn tas till införandet av skyddsåtgärder, detta för både case 1 och case 2.

Baserat på inventeringen och resultatet från beräkningar bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av

studerade farligt godsleder möjlig utifrån DNV:s kriterier förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder i kapitel 8.1 beaktas vid ny bebyggelse. För att samhällsriskerna ska reduceras till en nivå under kriteriet för kontor enligt GÖP behövs ytterligare skyddsåtgärder¹ alternativt att byggnader flyttas längre från studerade farligt godsleder eller att personintensiteten reduceras inom området. Det bör dock noteras att bebyggelse med liknande samhällsrisknivå byggts för ett närliggande område (ÅF, 2012).

Följande skyddsåtgärder föreslås för ny bebyggelse:

- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 25 meter mellan P-hus och Väst kustbanan skall upprättas med avseende på beräknade risknivåer.
- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 30 meter mellan kontor/verksamheter/handel och Väst kustbanan skall upprättas med avseende på beräknade risknivåer.
- › Bostäder skall ej placeras närmare än 60 meter till Väst kustbanan med avseende på beräknade risknivåer.
- › Barriär/skydd mellan studerat område och studerade farligt godsleder ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant.
- › Inom 50 meter från Väst kustbanan skall utrymmning bort från järnvägen vara möjlig.
- › Entréer till första radens hus mot Väst kustbanan skall veta bort från studerade farligt godsleder.
- › Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsleder.
- › Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån Väst kustbanan) skall utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › Fönster mot farligt godsled på 1:a radens bebyggelse (fram till 50 meter ifrån Väst kustbanan) skall ej vara öppningsbara (vädringsläge är tillåtet).
- › Första radens byggnader fram till 35 meter från Väst kustbanan skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Väst kustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter på studerade transportleder, anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i kapitel 3.

¹ Ytterligare skyddsåtgärder bedöms vara relativt kostsamma alternativt påverka utförande i större utsträckning. Om ytterligare skyddsåtgärder ska studeras rekommenderas att detta görs i samarbete med exploatör och arkitekt.

INNEHÅLL

Sammanfattning	5
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Omfattning - Avgränsning	1
2 Beskrivning av risk och kriterier	3
2.1 Risk	3
2.2 Riskacceptans	4
2.3 Kriterier avseende farligt gods	4
3 Förutsättningar	9
3.1 Beskrivning av området	9
3.2 Olika case	11
3.3 Personintensitet	12
3.4 Närliggande verksamheter	14
4 Trafik och transporter med farligt gods	15
4.1 Västkustbanan	15
4.2 Kust till kustbanan	16
4.3 Väg E6/E20	16
5 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods	19
5.1 Faror vid olycka med farligt gods	19
5.2 Farligt godsolycka	20
5.3 Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)	21
5.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)	22
5.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)	23
5.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)	24

5.7	Olycka med oxiderande ämne (klass 5)	24
5.8	Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser	25
5.9	Konsekvenser av identifierade händelser	25
6	Bedömning av risknivå	26
6.1	Individrisk för studerat område	26
6.2	Samhällsrisk för aktuellt område	29
6.3	Diskussion kring resultat	32
6.4	Diskussion kring skadade personer	34
7	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	36
8	Skyddsåtgärder och slutsats	37
8.1	Skyddsåtgärder	39
9	Referenser	41
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	45
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	46
A.1	Olycka med massexplosivt ämne	49
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	50
A.3	Olycka med giftig gas	52
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	53
A.5	Olycka med oxiderande ämne	54
A.6	Riskreducerande faktorer	56
A.7	Resultat av beräkningar	57
	Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	59
	Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	60
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	63
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	66
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	70
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	72
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	75

Bilaga C – Indata för beräkningar	76
Bilaga C Indata för beräkningar	77
C.1 Indata farligt gods – Väg E6/E20	77
Bilaga D - Känslighetsanalys	79
Bilaga D Känslighetsanalys	80
D.1. Analys	80
Bilaga E - Illustrationsskisser	84

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att upprätta detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Almedals fabriker. Planområdet ligger mellan Mölndalsvägen och riksväg E6/E20, omedelbart söder om Lyckholms fabriker och inrymmer idag kontor och flera olika verksamheter.

Detaljplanens syfte är att skapa en blandad stadsbebyggelse med ett stort inslag av bostäder. Förutom bostäder möjliggör detaljplanen kontor och handel. Planförslaget innebär att befintlig industribebyggelse i stor utsträckning bevaras och kompletteras med ny bebyggelse. Området beräknas få ett tillskott på ca 210 bostäder och 48 000 m² kontor och verksamheter. Mot kommunikationslederna i öster planeras kontor samt ett parkeringshus med kontor ovan som fungerar som barriär mot järn- och motorvägen. Kontorsbebyggelsen planeras bli 7-16 våningar. Inom den södra delen av planområdet planeras bostadshus i 5-7 våningar med tysta gårdar som möjliggörs genom balkonger mellan huskropparna.

Inom och i anslutning till planområdet finns ett antal riskkällor som utgör rekommenderade transportleder för farligt gods (väg och järnväg). Stadsbyggnadskontoret har därför givit COWI i uppdrag att genomföra en riskutredning avseende transporter av farligt gods på väg och järnväg förbi studerat område.

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla med den utformning och det användningsområde som föreslås. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och skydd som minskar risknivån kan därmed rekommenderas.

1.2 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras på vägen (E6/E20) och järnvägen (Västkustbanan och Kust till kustbanan) förbi området. Baserat på

detta genomförs dels en kvalitativ bedömning av risker för skadehändelser, dels sannolikhets- och konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk.

Riskanalysen är genomförd med avseende på den verksamhet som planeras för området och som beskrivs i denna analys. Annat användningsområde med förändrad personintensitet kan påverka risknivån.

Brand i byggnader eller risker för miljön ingår inte. Belastningskrafter, detaljutformning och hållfasthetsberäkningar av eventuella säkerhetshöjande åtgärder ingår inte i utredningen.

2 Beskrivning av risk och kriterier

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

2.1 Risk

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

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

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

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

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

2.2 Riskacceptans

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

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

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

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

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

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

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

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

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

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

2.3 Kriterier avseende farligt gods

Det finns inget nationellt framtaget kriterium för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. I detta kapitel refereras till några av dessa. I denna analys kommer beräknad individ- och samhällsrisk jämföras med DNV:s kriterier och kriterier som redovisas i Göteborgs översiktsplan.

2.3.1 DNV:s kriterier

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

Individriskkriterier

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

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

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

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

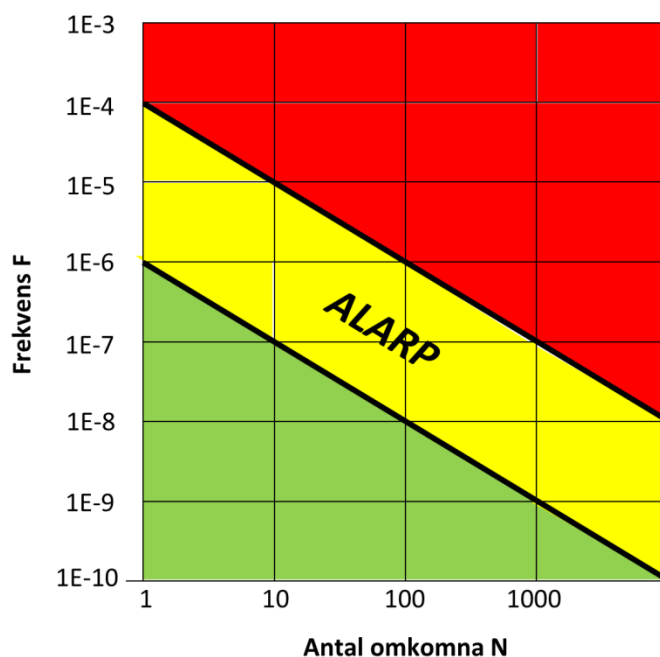
Samhällsriskkriterier

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 1. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

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

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

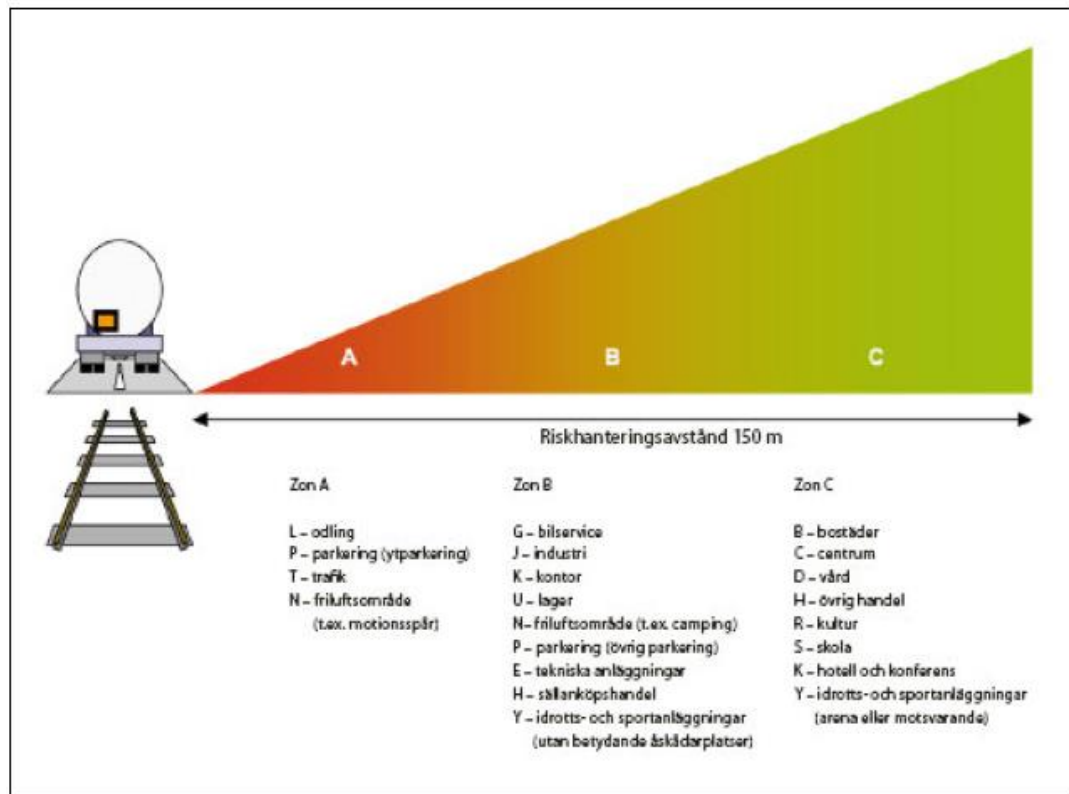
För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 1.



Figur 1. Kriterium för samhällsrisk Värdering av risk (SRV,1997). Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$. Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1000 m.

2.3.2 Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Området i zon A, som är zonen närmast vägen, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar, väg och odling. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för kontor, lager, parkeringshus och sällanköpshandel och markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens, se figur 2.

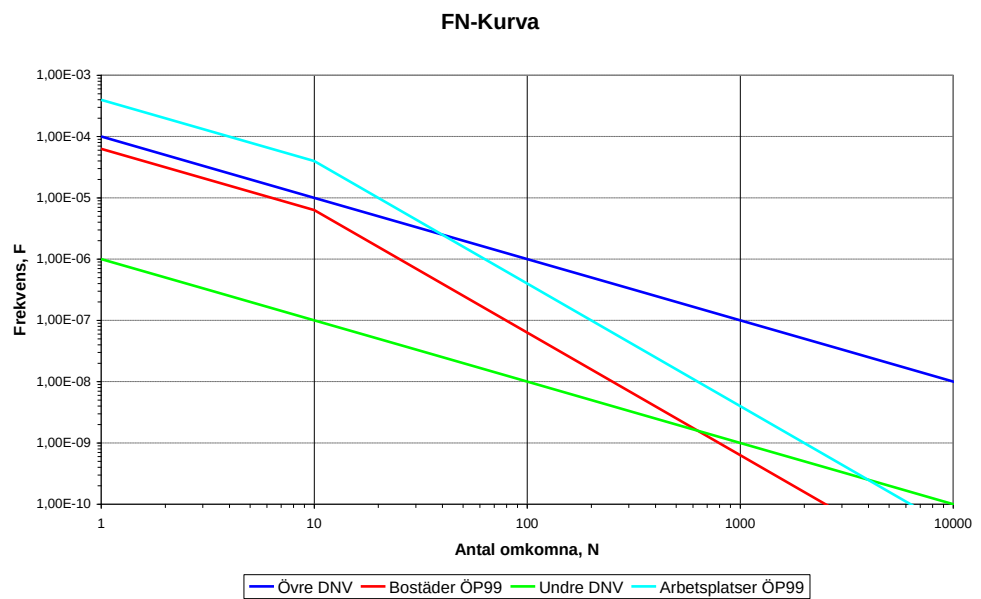


Figur 2. Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

2.3.3 Göteborgs översiktsplan

Enligt Göteborgs översiktsplan medges bostäder fram till 80 meter ifrån järnvägen och bebyggelsefritt område skall upprättas 30 meter på ömse sidor av leden med farligt gods. Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län skall det bebyggelsefria område vara minst 25 meter.

I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods finns även förslag på kriterier för samhällsrisk för bostäder och arbetsplatser. I figur 3 presenteras ett FN-diagram med DNV:s kriterier samt kriterier för arbetsplatser och bostäder som tillämpas i Göteborg och kommer ifrån Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods. DNV's förslag (grön och blå linje i figur 3) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör värderas. Kriterier enligt Göteborgs översiktsplan presenteras som röd linje (kriteriet för bostäder) och turkos linje (kriteriet för arbetsplatser). Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km (båda sidor av leden) medan Göteborgs kriterier baseras på ett typområde på 2 km (båda sidor av leden).



Figur 3. FN-kurva med föreslagna riskkriterier enligt Göteborgs översiktsplan och DNV. DNV's förslag (grön och blå linje) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör diskuteras. Från Göteborg översiktsplan fördjupad för farligt gods kommer de andra två kriterierna som beskriver kriterier för arbetsplatser och bostäder (röd och turkos linje).

3 Förutsättningar

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien såsom, områdesbeskrivning och väg-/järnvägsförhållanden.

3.1 Beskrivning av området

Planområdet är beläget öster om Mölndalsvägen och gränsar till Västkustbanan, Kust till kustbanan och riksväg E6/E20 i väster, se figur 4. Planområdet ligger direkt söder om Lyckholms fabriker och inrymmer idag kontor och flera olika verksamheter.



Figur 4. Planområdets placering (röd markering) mellan Mölndalsån och Västkustbanan.

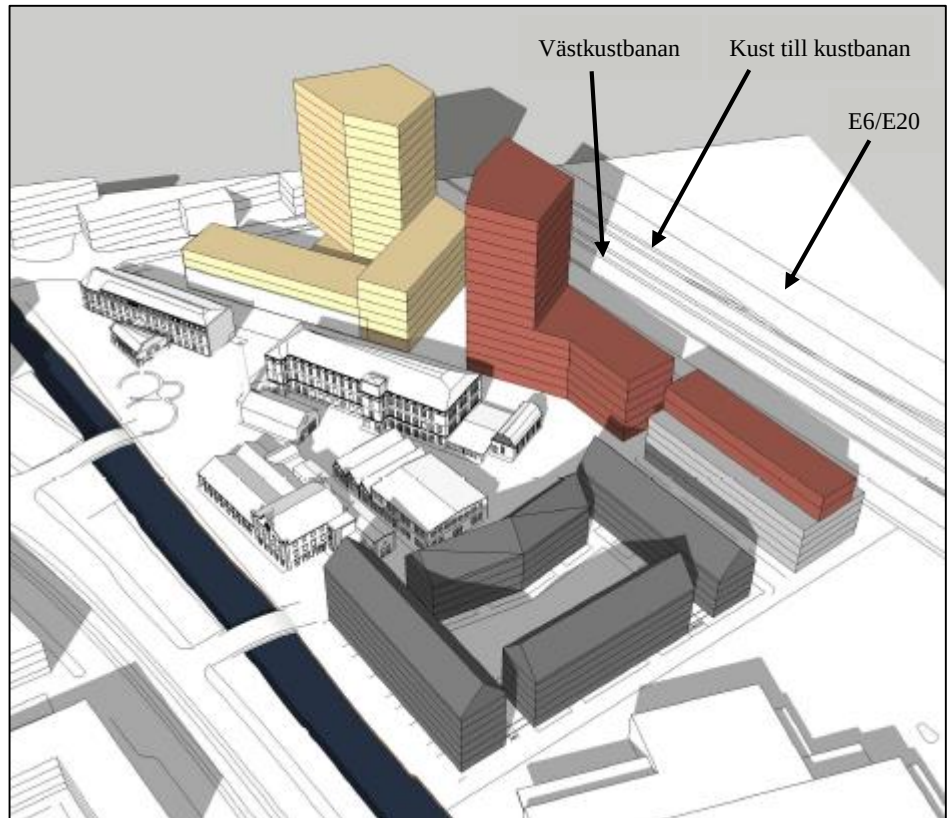
Detaljplanens syfte är att skapa en blandad stadsbebyggelse med ett stort inslag av bostäder. Förutom bostäder möjliggör detaljplanen kontor och handel. Planförslaget innebär att befintlig industribebyggelse i stor utsträckning bevaras och kompletteras med ny bebyggelse. Området beräknas få ett tillskott på ca 210

bostäder och 48 000 m² kontor och verksamheter. Den äldre befintliga bebyggelsen inom fastigheten Skår 57:14 omfattar ca 10 600 kvm BTA. Mot kommunikationslederna i öster planeras kontor samt ett parkeringshus inklusive garage med kontor ovan som fungerar som barriär mot järn- och motorvägen.

Kontorsbebyggelsen planeras bli 7-16 våningar. Inom den södra delen av planområdet planeras bostadshus i 5-7 våningar med tysta gårdar som möjliggörs genom balkonger mellan huskropparna. Se figur 5 och figur 6 för placering av olika typer av bebyggelse inom området samt planerat antal våningar (anges i romerska siffror). Illustrationsskisser återfinns i bilaga E.



Figur 5. Placering av olika typer av bebyggelse inom studerat område samt avstånd till studerade farligt godsleder. Notera att avstånden är ungefärliga. Romerska siffror anger planerat antal våningar för respektive byggnad.



Figur 6. Illustration över planerad bebyggelse. Notera att volymskissen är från oktober 2014 och skiljer sig från uppdaterad layout i figur 5.

Planområdet sträcker sig ca 250 meter längs med Västkustbanan, Kust till kustbanan och väg E6/E20, se figur 4 och figur 5. Minsta avstånd mellan planerad bebyggelse och närmsta järnvägsspår respektive vägkant anges i tabell 1.

Tabell 1. Minsta avstånd mellan planerad bebyggelse och närmsta järnvägsspår respektive vägkant, notera att avstånden är ungefärliga.

	Västkustbanan minsta avstånd (m)	Kust till kustbanan minsta avstånd (m)	E6/E20 minsta avstånd (m)
P-hus	25	40	62
Kontor	30	45	67
Bostäder	63	78	100

3.2 Olika case

Det P-hus med kontor (byggnaden som planeras på tomtens sydöstra hörn) utgör en barriär för bakomvarande bostadsbebyggelsen. På grund av detta beräknas och presenteras risknivån för olika case:

- **Case 1:** All bebyggelse som presenteras i figur 5 och figur 6 byggs.
- **Case 2:** Samma som case 1 förutom att byggnaden som inrymmer P-hus med kontor ovan inte byggs
- **Case 3:** Endast planerad bostadsbebyggelse samt befintlig bebyggelse. Viss befintlig bebyggelse antas inrymma kontor (vita byggnader i figur 6).

Syftet med att presentera resultaten för respektive case är att undersöka om det är möjligt att bygga bostäderna innan P-huset med kontor ovan byggs, alltså utan den barriären som framförvarande byggnad utgör (case 2). Syftet med att presentera resultat för case 3 är att säkerställa att det är möjligt att bygga bostäder innan övriga nyggnader byggs. Risknivån med respektive utan skyddsåtgärder presenteras för respektive case.

3.3 Personintensitet

För att uppskatta personintensiteten för det studerade området har analysen utgått från nedan beskrivningar, antaganden och uppskattningar samt layout enligt figur 5, se även bilaga E. Personintensiteten används vid beräkning av samhällsrisk, se kapitel 6.2.

Användningsområde: Kontor, handel, verksamheter (handel i bottenvåning)

- › Total kontorsyta är ca 47 800 m² (totalt inkl. befintliga byggnader).
- › Det är antaget att kontoret är bemannat med 0,04 personer/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren är bemannade mellan kl. 07-19 med en belägningsgrad på 80 %. Detta ger totalt antal av ca 1530 personer.

Användningsområde: P-hus/P-garage

- › Antalet parkeringar i parkeringshuset är ca 491 (p-hus i söder "Platzer" med 216 platser, Svenska hus kommer ha ett p-garage i två plan med 170 platser, bostäderna kommer att ha ett p-garage under mark med 105 platser). Samtliga parkeringar bedöms som inomhusparkeringar då de kommer att ligga i ett P-hus/P-garage. Det har antagits i snitt två personer per bil och att varje person spenderar totalt 5 minuter på parkeringen. Utnyttjandegraden har antagits vara 90 % dygnet runt. Vidare antas att en parkeringsplats nyttas av totalt tre personer under ett dygn (2 dagtid och 1 nattetid).

Användningsområde: Bostäder

- › Total yta (BTA) är ca 17 000 m².
- › Antalet lägenheter är ca 210 st.
- › Det är antaget att det bor 3 personer/lägenhet vilket bedöms som konservativt då riksmedelvärdet är 2,1 personer/lägenhet (SCB, 2012). Vidare antas att 50 % av personerna är hemma dagtid (kl. 07-19) och 95 % av dessa vistas inomhus och att resterande 5 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 19-07) antas 90 % av personerna vara hemma. Av dessa antas 99,5 % vistas inomhus och 0,5 % vistas utomhus.

Användningsområde: Utomhusparkering

- › Antalet parkeringar utomhus är ca 70. Det har antagits i snitt 1 personer per bil och att varje person spenderar totalt 10 minuter på parkeringen. Utnyttjandegraden har antagits vara 90 % dygnet runt. Vidare antas att en parkeringsplats nyttas av totalt tre personer under ett dygn (2 dagtid och 1 nattetid).

Användningsområde: Befintliga byggnader

- › Total yta är ca 10 600 m².
- › Befintliga byggnader antas inrymma kontor och verksamheter även i framtiden.
- › Fördelningen mellan kontor och verksamheter antas vara lika (50/50) i samtliga befintliga byggnader. För verksamheter och kontor antas en personintensitet på 0,02 personer/m² respektive 0,04 personer/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011b). Vidare antas att kontoren och verksamheterna är bemannade mellan kl. 07-19 med en belägningsgrad på 80 % för kontoren och 100 % för verksamheter.

3.3.1 Sammanställning av personintensitet

Utifrån ovanstående uppgifter och antaganden har personantal för studerad sträcka sammanställts vilket redovisas i tabell 2. I tabellerna redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån Västkustbanan. Sammanställningen i tabell 2 tar hänsyn till både ny och befintlig bebyggelse. Värden inom parentes anger antal individer om P-hus/P-garage inklusive kontor ovanför P-hus inte byggs. Det är dessa värden som ligger till grund för beräkningen av samhällsrisk i kapitel 6.2.

Vid beräkning av risk från vägen/järnvägen motsvarar "Population hög" 12 timmar under dagen och "Population låg" motsvarar 12 timmar under kvällen/natten.

Tabell 2. Uppskattat antal personer som vistas inom studerat område på olika avstånd från Västkustbanan (närmaste farligt godsled). Värden inom parentes anger antal individer för case 2/case 3.

Avstånd Västkustbanan	Population dag (07-19)		Population kväll/natt (19-07)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0
25-50m	2 (1/1)	580 (482/0)	0	2 (1/0)
50-100m	6	1104 (1104/200)	1	198
100-150m	10	394 (394/386)	2	367
150-200m	6	0	0	0

3.4 Närliggande verksamheter

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

4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-² och RID-klasser³ beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

Av alla transportklasser som redovisas i följande kapitel är det följande ämnen som ger störst konsekvenser varför dessa har valts som dimensionerande i riskanalysen:

- › Klass 1.1 Massexplosiva ämnen, exempelvis dynamit
- › Klass 2.1 Brandfarliga gaser, exempelvis propan, acetylen
- › Klass 2.3 Giftiga gaser, exempelvis svaveldioxid
- › Klass 3 Brandfarlig vätska (klass 1), exempelvis bensin
- › Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

4.1 Västkustbanan

Västkustbanan är en viktig länk för pendlingen och för godstrafiken i Västra Götaland, Halland och Skåne, samtidigt som den knyter ihop Göteborg med Öresundsregionen. Sträckan förbi studerat område är utbyggd till dubbelspår (Trafikverket, 2014).

Västkustbanan utgör transportled för farligt gods och samtliga ADR-klasser är representerade på Västkustbanan. År 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn (WSP, 2014).

² ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

³ RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

4.1.1 Farligt gods på Västkustbanan

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år samt ton/år) på Västkustbanan förbi studerat område har erhållits av Trafikverket. Likaså information gällande fördelningen av godset inom respektive RID-klass.

Uppgifterna omfattar år 2011-2014 samt januari-juni 2015 och baseras på mätningar och anses ha god tillförlitlighet i sammanhanget. Informationen är sekretessbelagd och redovisas därför inte i denna rapport (Trafikverket, 2015a).

Gällande klass 1 har information gällande andelen klass 1.1 inte erhållits. Till följd av detta antas 10 % av klass 1 varor utgöras av massexplosiva ämnen.

För att uppskatta antalet transporter med farligt gods år 2030 har en ökning med 20 % från år 2015 antagits. Ökningen antas vara den samma för samtliga ämnesklasser. För att uppskatta antalet transporter år 2015 har antalet transporter som skedde under januari-juni 2015 först dubblerats. Därefter har de högsta antalet transporter för respektive ämnesklass från 2011-2015 antagits representera år 2015. Uppskattningen bedöms vara konservativ.

4.2 Kust till kustbanan

Kust till kustbanan kallas järnvägen mellan Göteborg - Borås - Värnamo - Alvesta - Emmaboda, samt därifrån i två grenar till Kalmar och Karlskrona. Banan är enkelspårig och trafikeras av både person och godstrafik. Sedan 90-talet pågår en successiv upprustning av banan (Banverket, 2006). Enligt prognos kommer banan att trafikeras av 76 persontåg/dygn och 10 godståg/dygn år 2030 (WSP, 2014).

4.2.1 Farligt gods på Kust till kustbanan

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år samt ton/år) på Kust till kustbanan förbi studerat område har erhållits av Trafikverket. Likaså information gällande fördelningen av godset inom respektive RID-klass.

Uppgifterna omfattar år 2011-2014 samt januari-juni 2015 och baseras på mätningar och anses ha god tillförlitlighet i sammanhanget. Informationen är sekretessbelagd och redovisas därför inte i denna rapport (Trafikverket, 2015a).

För att uppskatta antalet transporter 2030 samt beräkna risknivån görs samma antaganden som för Västkustbanan, se ansnitt 4.1.1.

4.3 Väg E6/E20

Genom planområdet löper E6/E20 i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med två filer i vardera riktningen. E6/E20 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h norr om Kallebäcksmotet och variabel, men maximalt 80 km/h söder om detsamma.

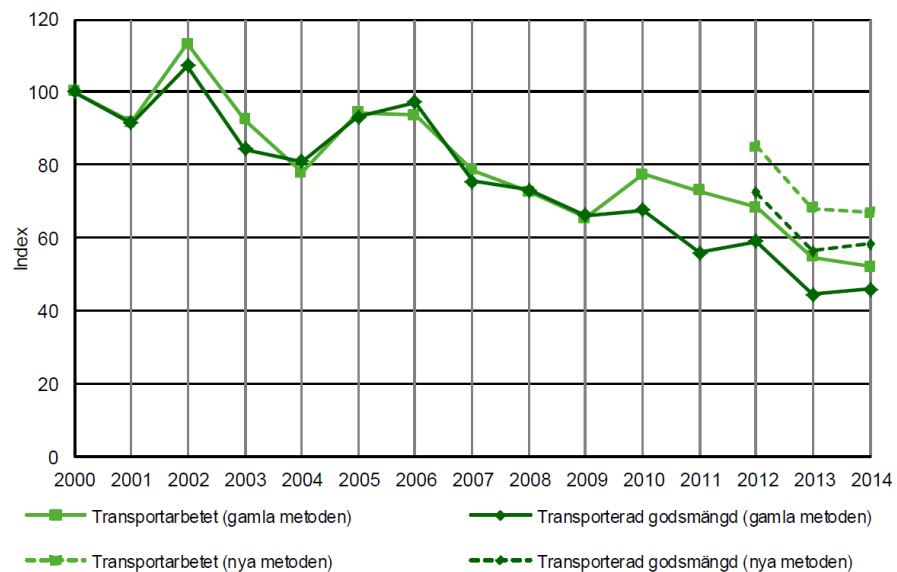
År 2014 uppmättes ÅDT (fordon) till total 59 910 fordon/dygn förbi studerat område. ÅDT (lastbilar) för samma sträcka uppmättes samma år till totalt 6420 lastbilar/dygn. Vid mättillfället var således andelen lastbilar ca 11%. Andelen

transporter av farligt gods har inte uppmätts för den studerade sträckan. (Trafikverket, 2015b)

4.3.1 Farligt gods på väg E6/E20

År 2014 transporterades totalt 381 miljoner ton gods av svenskregistrerade lastbilar, både inom och utom Sverige. Samma år transporterades 9 miljoner ton farligt gods på svenska vägar vilket motsvarar ca 2,4 % av den totala mängden gods som transporterades. Detta stämmer även överens med antagandet i WSP (2014) om att 2,5 % av den tunga trafiken på väg E6/E20 utgörs av transporter av farligt gods. Samtliga farligt godsklasser är representerade på E6/E20 förbi området.

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med ett flertal projekt som syftar till att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend, se figur 7. (Trafikanalys, 2015)



Figur 7. Inrikes lastad godsmängd (i 1 000-tal ton) och godstransportarbete (i miljoner tonkilometer) med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S-klassificering år 2000 till 2014. Index (år 2000=100). (Trafikanalys, 2015)

För att beräkna transporter på väg E6/E20 för år 2030 används statistik och prognoser från SIKa enligt följande. Mängden av farligt gods som transporteras på väg minskade med 12 % mellan 1998 och 2004 (SIKA 2000-2004). SIKa:s prognos för godstransporter på väg mellan 2001 till 2020 visar en ökning med 30 % (FBE, 2008). Enligt tidigare Räddningsverket (SRV, 2008) finns det ingen enskild prognos för transporter av farligt gods varför det i denna rapport, utifrån ovanstående statistik och prognos, antas att transporter av farligt gods ökar med 20 % mellan 2006 till 2030 vilket bedöms som konservativt.

I tidigare riskanalyser för närliggande områden (COWI, 2011; ÅF, 2012, ÅF, 2013 COWI, 2013, COWI, 2014) har beräkningar för väg E6/E20 baserats på SRV:s kartläggning (SRV, 2006) varför detta görs även här, se tabell 3. Värdena i tabell 3 har räknats upp med 20 % för att gälla år 2030. Denna uppräkningsbedömning bedöms vara konservativ. För beräkning av antalet transporter på väg E6/E20 längs det studerade området görs följande antaganden:

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

Tabell 3. Transporter av farligt gods per ADR-klass på väg E6/E20 (fordon/år)

ADR-klass	Uppskattat antal fordonstransporter/år på väg E6/E20 intill planområdet	
	SRV 2006	Uppräknade värden 2030
1.1 Massexplosiva ämnen - små	68	82
1.1 Massexplosiva ämnen - stora	1	1
2.1. Brandfarliga Gaser	1350	1620
2.3 Giftiga gaser	19	23
3. Brandfarlig vätska klass 1	24750	29700
5. Oxiderande ämnen	369	443

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

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

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

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

5.1 Faror vid olycka med farligt gods

I tabell 4 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

De typer av gods som förväntas transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är RID-klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5.1.

Nedan ges en kort summering av olyckseffekterna med ämnen i dessa klasser. Konsekvensen av de nedanstående olyckorna beror på hur många människor som befinner sig inom riskavstånd vid ett olyckstillfälle. Konsekvensens omfattning är även direkt beroende av läckagets storlek, placering på havererad behållare och utströmningsvinkeln. Olyckseffekterna uppskattas och redovisas utförligt i bilaga B.

Tabell 4. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.

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

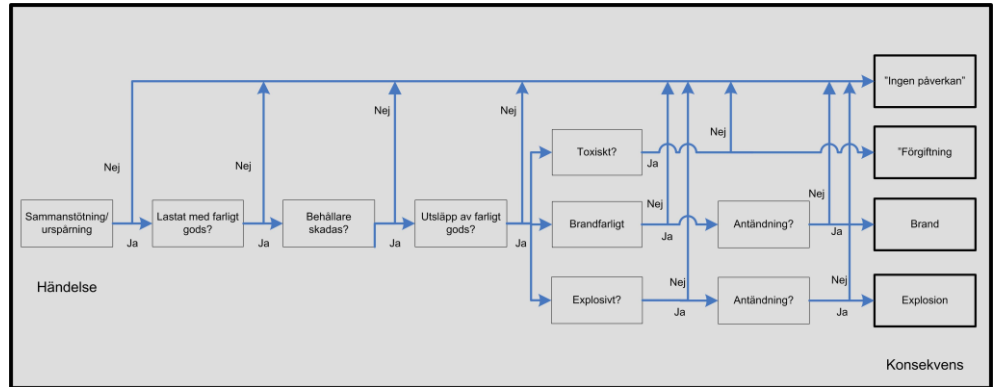
5.2 Farligt godsolycka

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

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

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

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 8.



Figur 8. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

5.3 Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)

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

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

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

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

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

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell 5 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell 6 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell 5. Maximala infallande tryck för material och byggnader.

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

Tabell 6. Skador på människan vid olika infallande tryck.

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180 - 69 kPa
Trumhinneruptur	69 - 21 kPa

5.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

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

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

Jetbrand

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

BLEVE

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

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

5.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)

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

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

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens

riktning vilket gör att skadeutfallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.

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

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

5.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)

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

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

Beroende på storleken på en pölbrand kan påverkansområdet variera. Beräkningar har visat att en stor pölbrand (300 m²) inte förväntas ha längre påverkansområde på byggnader och personer inomhus än max 50 meter. Konsekvensen för personer utomhus är vid en brand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Brännskador i olika grader kan förväntas på längre avstånd än 50 meter. Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

5.7 Olycka med oxiderande ämne (klass 5)

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensin eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med

exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade. Konsekvenserna liknar de som uppstår vid en olycka med massexplosiva ämnen och utfallet påverkas av mängden explosiv blandning.

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

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

5.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser

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

5.9 Konsekvenser av identifierade händelser

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

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

6 Bedömning av risknivå

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå. För beräknad risk redovisas först individrisken och därefter presenteras samhällsrisk. Platsen som antagits för en olycka är mitt emellan de båda vägbanorna. Vid riskberäkningarna i denna rapport har den riskreducerande effekten av följande skyddsåtgärder studerats:

- Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsleder.
- Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån Västkustbanan) skall utformas med ytskikt i obrännbart material.
- Första radens byggnader fram till 35 meter från Västkustbanan skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Västkustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Vid beräkningar har hänsyn tagits till den placering av bebyggelsen som anges i kapitel 3 samt om bebyggelsen har annan bebyggelse som avskärmar mot studerade farligt godsleder. Beräkningar av risknivå utgår från att en olycka inträffar vid/kring vägen/järnvägen, vilket förutsätter att området är utformat på ett sätt som motverkar att vätska rinner in på området. Beräkningarna utgår även från att en gasmolnsbrand inte kan omsluta hela byggnaden på avstånd >25 meter från Västkustbanan.

6.1 Individrisk för studerat område

I tabell 7-8 redovisas den samlade individrisken utan respektive med hänsyn till studerade skyddsåtgärder. Notera att endast individrisken för case 1 och case 2 är den samma då individrisken inte tar hänsyn till antalet individer på området. Angivna avstånd i tabell 7 och 8 avser avstånd från närmsta spår (Västkustbanan).

Röda siffror i tabellerna indikerar att risknivå är hög och ej acceptabel enligt individriskkriterier som DNV föreslagit, varför skyddsåtgärder skall införas vid exploatering inom denna zon. Enligt samma kriterier indikerar gula siffror i tabellen att risknivå ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur

kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

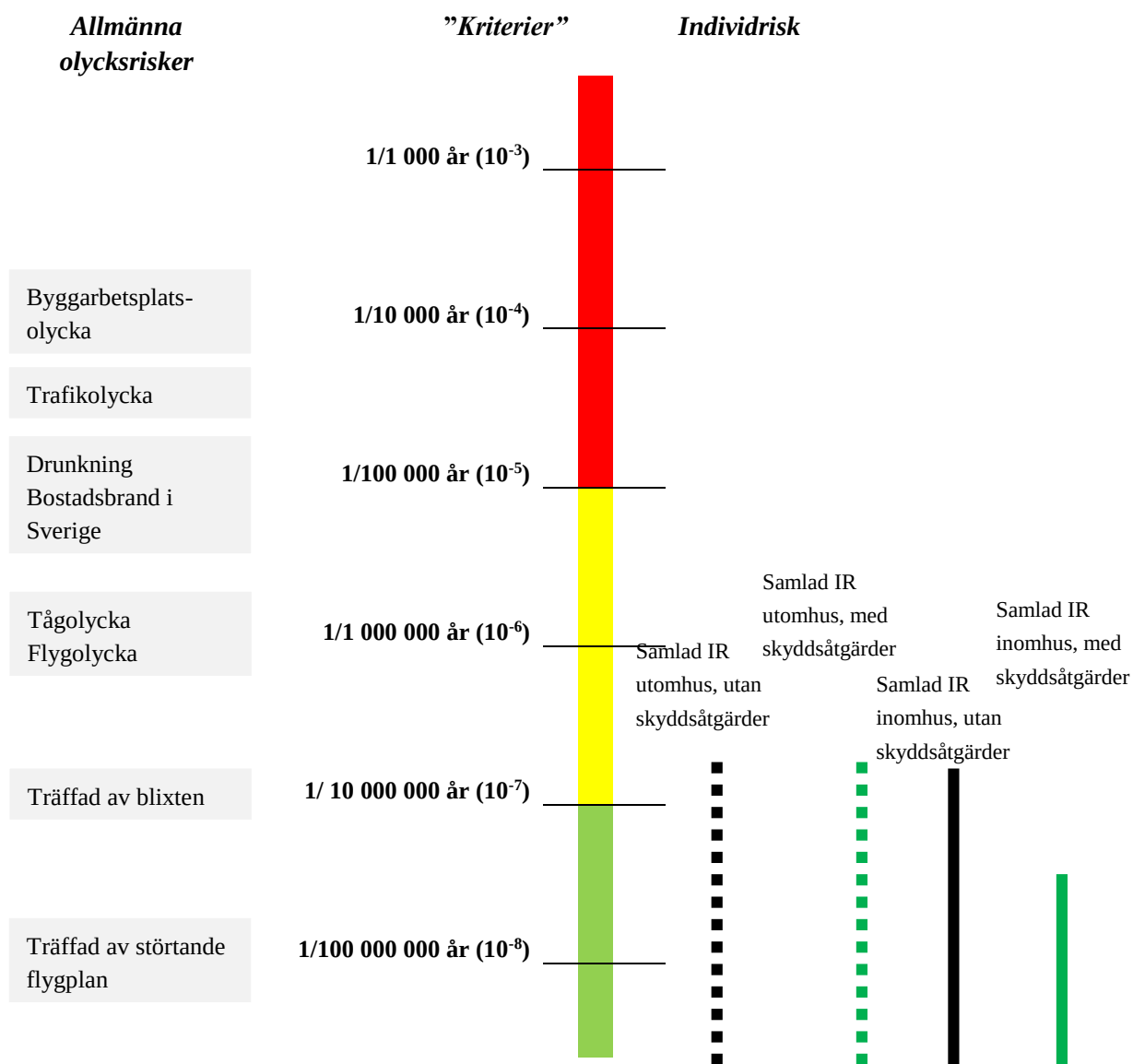
Tabell 7. Samlad individrisk map Västkustbanan, Kust till kustbanan samt väg E6/E20, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, för olika intervall längs med studerad sträcka. Angivna avstånd avser avstånd från närmsta spår (Västkustbanan).

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

Tabell 8. Samlad individrisk map Västkustbanan, Kust till kustbanan samt väg E6/E20, med hänsyn till studerade skyddsåtgärder, för olika intervall längs med studerad sträcka. Angivna avstånd avser avstånd från närmsta spår (Västkustbanan).

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

I figur 9 jämförs individrisken, med respektive utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, för olika avstånd från olycksplatsen med andra risker som finns i samhället. Notera att individrisken är den samma för case 1 och case 2 då individrisken inte tar hänsyn till antalet individer på området.



Figur 9. Samlad individrisknivå map Västkustbanan, Kust till kustbanan och väg E6/E20 längs med studerade sträckor jämfört med några andra risker samt DNV:s individriskkriterier. IR=Individrisk. Streckade linjer avser det spann som individrisken utomhus ligger mellan på avståndet 0-200 meter ifrån Västkustbanan. Heldraget streck presenterar individrisken inomhus. Svarta streck representerar beräknad individrisk utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder. Gröna streck representerar beräknad individrisk med hänsyn till studerade skyddsåtgärder. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gult område indikerar en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Grönt område indikerar en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

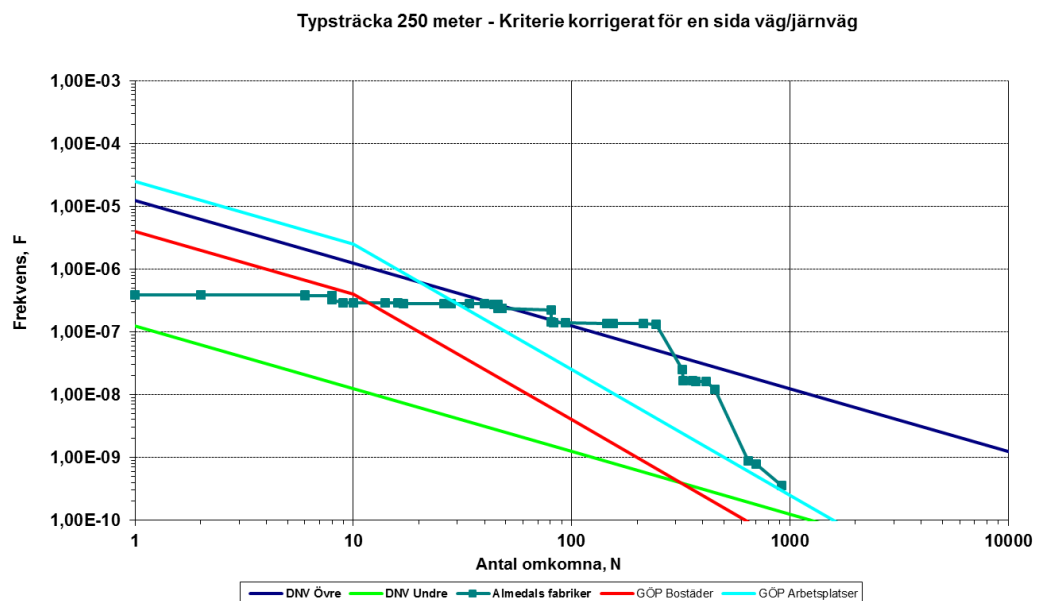
6.2 Samhällsrisk för aktuellt område

Vid beräkning av den samlade samhällsrisk har hänsyn tagits till både Väst kustbanan, Kust till kustbanan och väg E6/E20. Beräkningar av samhällsrisk baseras på den personintensitet som redovisas i kapitel 3.3 och 3.3.1.

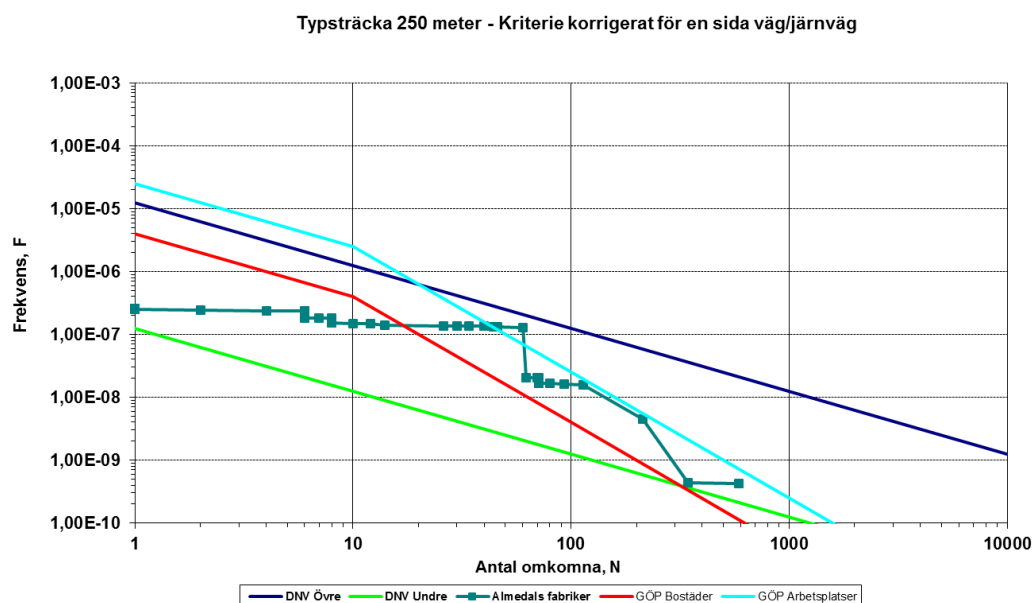
I figur 10-13 presenteras den samlade samhällsrisk i FN-kurvor för case 1 och case 2 tillsammans med DNV:s och GÖP:s kriterier. Ursprungligen gäller DNV:s kriterier samt kriterierna i Göteborgs översiktsplan ett område på 1 km respektive 2 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 250 meter vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,125 (250 meter) och Göteborgskriterier har multiplicerats med 0,0625 (250 meter). Sannolikheten för att en olycka skall inträffa anpassas också för att gälla dimensionerande sträcka.

6.2.1 Case 1: All bebyggelse

I figur 10 presenteras samhällsrisk, för ny bebyggelse samt nuvarande bebyggelse på området, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 11 presenteras samhällsrisk med skyddsåtgärder för enbart ny bebyggelse.



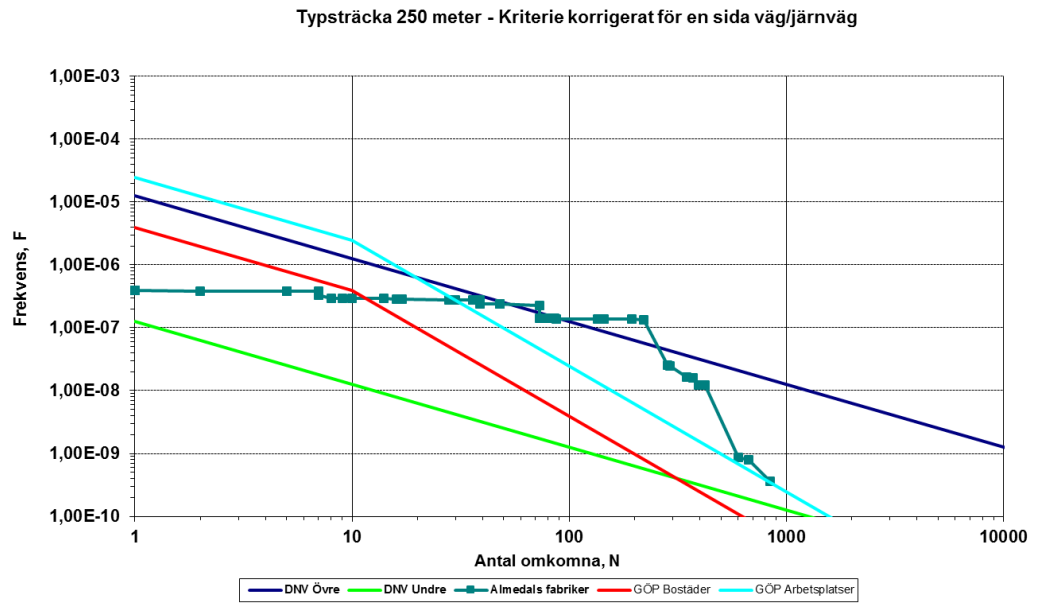
Figur 10. Samhällsrisk (case 1), utan skyddsåtgärder för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.



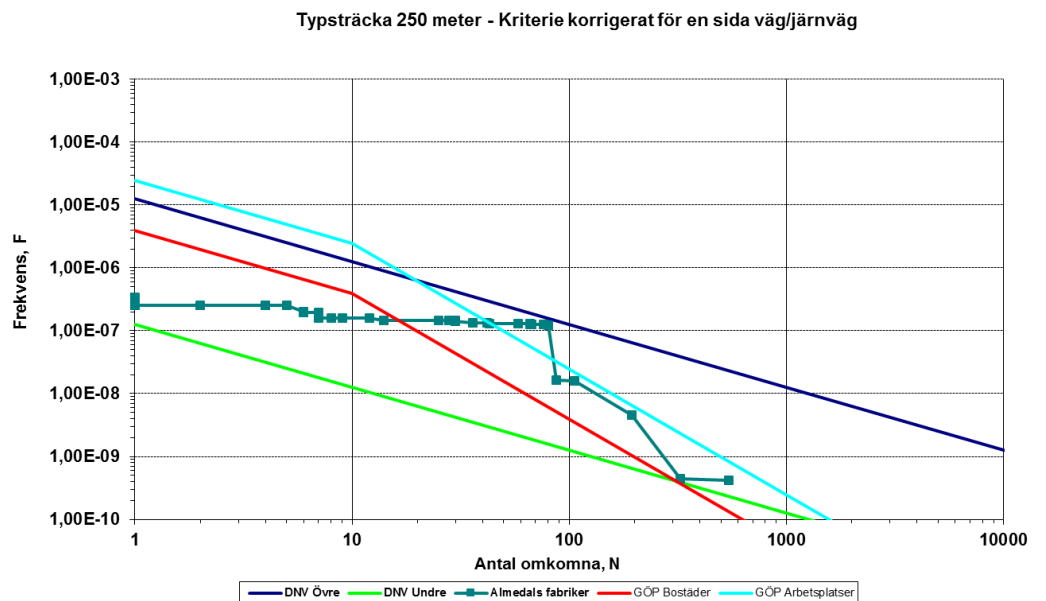
Figur 11. Samhällsrisk (case 1), med skyddsåtgärder på enbart ny bebyggelse för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.

6.2.2 Case 2: All bebyggelse förutom P-hus med kontor ovan

I figur 12 presenteras samhällsrisk utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 13 presenteras samhällsrisk med skyddsåtgärder för enbart ny bebyggelse.



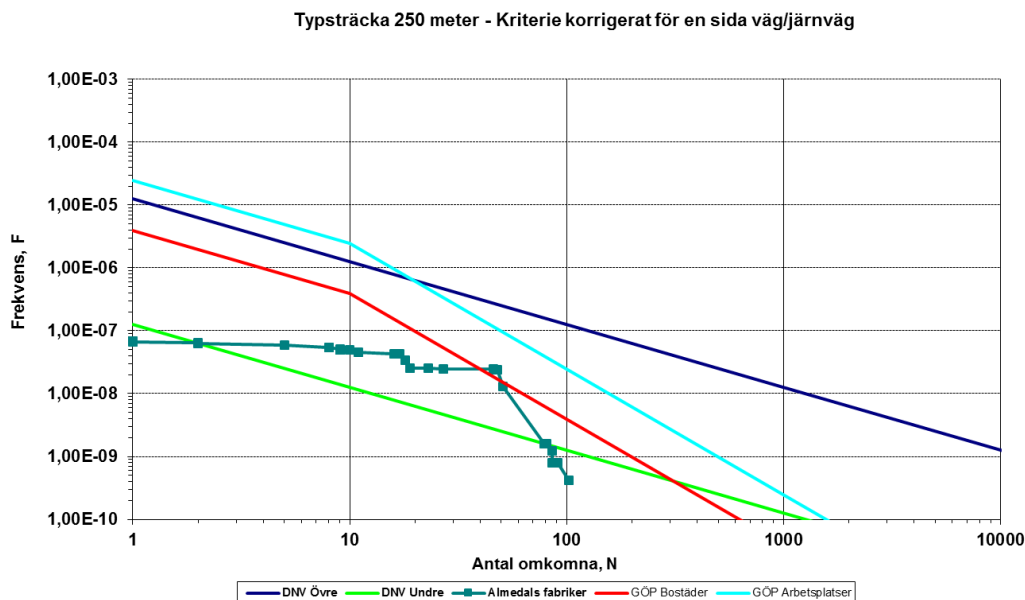
Figur 12. Samhällsrisk (case 2), utan skyddsåtgärder för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.



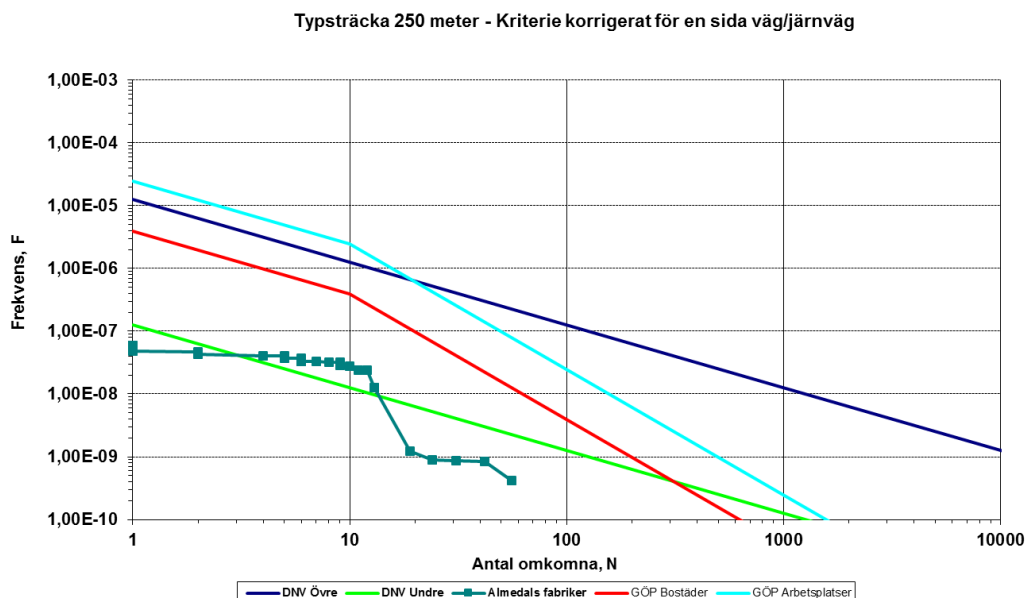
Figur 13. Samhällsrisk (case 2), med skyddsåtgärder på enbart ny bebyggelse för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.

6.2.3 Case 3: Endast bostäder samt befintlig bebyggelse

I figur 14 presenteras samhällsrisk utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 15 presenteras samhällsrisk med skyddsåtgärder för enbart ny bebyggelse.



Figur 14. Samhällsrisk (case 3), utan skyddsåtgärder för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.



Figur 15. Samhällsrisk (case 3), med skyddsåtgärder för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.

6.3 Diskussion kring resultat

Individrisk

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsled och individrisken inomhus reduceras något när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder. Även individrisken utomhus reduceras på större avstånd än 25 meter när hänsyn tas till skyddsåtgärder. Anledningen till detta är att den skyddsåtgärd som påverkar individrisken utomhus är om det finns bebyggelse mellan individen och studerade farligt godsleder.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken utomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från närmsta spår (Väst kustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras detta avstånd till 0-25 meter. Jämfört med samma kriterier hamnar individrisken inomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-25 meter från närmsta spår (Väst kustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras individrisken inomhus till en risknivå som anses som låg och (ytterligare) skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

Samhällsrisk

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, över DNV:s övre kriterie för både case 1 och case 2. Detta innebär att risken inte bedöms som acceptabel, se figur 10 och figur 12.

Samhällsrisk reduceras med införande av skyddsåtgärder. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsrisk, för både case 1 och case 2, strax under DNV:s övre kriterie och över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie och att kriteriet i GÖP överskrids, se figur 11 och 13. Det kan vidare konstateras, vid en jämförelse mellan figur 11 och figur 13, att samhällsrisk reduceras något för case 1 jämfört med case 2. Detta beror på att det P-hus med kontor ovan (2 våningar kontor) fungerar som en avskärmade barriär för bakomliggande bostadshus. I case 2 saknas en sådan barriär för planerade bostadshus vilket bidrar till en ökad samhällsrisk.

Det bör dock noteras att avsaknaden av P-hus med kontor ovan reducerar antalet personer på området vilket bidrar till en reducerande effekt av samhällsrisk. Denna reduktion bedöms dock inte tillräcklig för att väga upp för den riskreduktion som en barriär i form av ett P-hus innebär för bakomliggande bebyggelse.

För case 3 är personintensiteten nära studerade farligt godsleder betydligt lägre än för case 1 och 2 vilket resulterar i en betydligt lägre risknivå. När hänsyn inte tas till skyddsåtgärder hamnar samhällsrisk under DNV:s övre kriterie och något över kriteriet för bostäder enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie och att kriteriet för bostäder i GÖP överskrids, se figur 14. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras risken till en nivå under kriteriet för bostäder i GÖP.

6.4 Diskussion kring skadade personer

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

- › De kriterier som används är baserade på antal omkomna
- › Tillgängliga beräkningsverktyg för att beräkna individrisk, och samhällsrisk i form av FN-kurvor beräknar antal omkomna.

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

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

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

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

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

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

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

- › Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras

på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att "dödliga doser" finns definierade.

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

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

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

Olycka med brandfarlig vara

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

Olycka med brandfarlig gas

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

Olycka med giftig gas

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

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

7 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

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

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

8 Skyddsåtgärder och slutsats

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

I Länsstyrelsens (2006) riskpolicy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna (zon A, B och C) är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Parkeringshus, handel och kontor, vilket föreslås i detaljplanen, skall enligt Länsstyrelsens riktlinjer placeras i zon B eller C där zon A är zonen närmast transportled. Ytparkering kan placeras i zon A.

Enligt Göteborgs översiktsplan skall området 0-30 meter ifrån farligt godsled vara bebyggelsefritt men kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan medges kontor på avstånd längre än 30 meter ifrån järnväg med farligt gods och 50 meter ifrån väg med farligt gods. Planerad bebyggelse är som närmast belägen ca 25 meter från närmsta järnvägsspår (Västkustbanan). Till Kust till kustbanan och väg E6/E20 (vägkant) är det som närmast ca 40 respektive ca 60 meter. Ett bebyggelsefritt område på minst 30 meter uppfylls således inte med avseende på Västkustbanan för ny bebyggelse. Det bör dock noteras att det endast är en del av planerat P-hus som planeras närmare än 30 meter från järnvägen.

bebyggelsefri zon från järnväg där farligt gods transporteras

Syftet med ett bebyggelsefritt område är att:

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

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

Vid riskberäkningarna i denna rapport har den riskreducerande effekten av följande skyddsåtgärder studerats:

- Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsleder.
- Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån Västkustbanan) skall utformas med ytskikt i obrännbart material.
- Första radens byggnader fram till 35 meter från Västkustbanan skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Västkustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Vid beräkningar har hänsyn tagits till den placering av bebyggelsen som anges i kapitel 3 samt om bebyggelsen har annan bebyggelse som avskärmar mot studerade farligt godsleder. Beräkningar av risknivå utgår från att en olycka inträffar vid/kring vägen/järnvägen, vilket förutsätter att området är utformat på ett sätt som motverkar att vätska rinner in på området. Beräkningarna utgår även från att en gasmolnsbrand kan inte omsluta hela byggnaden på avstånd >25 meter från Västkustbanan.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken utomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från närmsta spår (Västkustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras detta avstånd till 0-25 meter. Jämfört med samma kriterier hamnar individrisken inomhus, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder på en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-25 meter från närmsta spår (Västkustbanan). När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras individrisken inomhus till en risknivå som anses som låg och (ytterligare) skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk, utan hänsyn till studerade skyddsåtgärder, över DNV:s övre kriterie för både case 1 och case 2. Detta innebär att risken inte bedöms som acceptabel, se figur 10 och figur 12. För case 3 hamnar den samlade samhällsrisk, utan hänsyn till skyddsåtgärder, inom ALARP-området.

Samhällsrisk reduceras med införande av skyddsåtgärder. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder hamnar den samlade samhällsrisk, för både case 1 och case 2, strax under DNV:s övre kriterie och över kriteriet för kontor enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie och att kriteriet i GÖP överskrids, se figur 11 och 13. Det kan vidare konstateras, vid en jämförelse mellan figur 11 och figur 13, att samhällsrisk reduceras något för case 1 jämfört med case 2. Detta beror på att det P-hus med kontor ovan (2 våningar kontor) fungerar som en avskärmade barriär för bakomliggande bostadshus. I case 2 saknas en sådan barriär för planerade bostadshus vilket bidrar till en ökad samhällsrisk.

För case 3 är personintensiteten nära studerade farligtgoodsleder betydligt lägre än för case 1 och 2 vilket resulterar i en betydligt lägre risknivå. När hänsyn inte tas till skyddsåtgärder hamnar samhällsriskerna något över kriteriet för bostäder enligt GÖP. När hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder reduceras risken till en nivå under kriteriet för bostäder i GÖP.

I samband med planerna för ÅF:s kontor, vilket är beläget ca 150 meter söder om studerat område, studerades samhällsriskerna med avseende på transporter av farligt gods förbi det området. I den riskanalysen (ÅF, 2012) hamnade samhällsriskerna på en nivå under kriteriet för arbetsplatser i Göteborgs översiktsplan som baserats på synpunkter från *näringslivet* men över kriteriet för arbetsplatser som baserats på *riksdagens* synpunkter. I analysen för ÅF:s kontor hamnade samhällsriskerna under DNV's övre kriterie vilket samhällsriskerna även gör i denna riskanalys då hänsyn tas till införandet av skyddsåtgärder, detta för både case 1 och case 2.

Baserat på inventeringen och resultatet från beräkningar bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av studerade farligt godsleder möjlig utifrån DNV:s kriterier förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder i kapitel 8.1 beaktas vid ny bebyggelse. För att samhällsriskerna ska reduceras till en nivå under kriteriet för kontor enligt GÖP behövs ytterligare skyddsåtgärder⁴ alternativt att byggnader flyttas längre från studerade farligt godsleder eller att personintensiteten reduceras inom området. Det bör dock noteras att bebyggelse med liknande samhällsrisknivå byggts för ett närliggande område (ÅF, 2012).

8.1 Skyddsåtgärder

Följande skyddsåtgärder föreslås för ny bebyggelse:

- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 25 meter mellan P-hus och Västkustbanan skall upprättas med avseende på beräknade risknivåer.
- › Ett bebyggelsefritt område motsvarande minst 30 meter mellan kontor/verksamheter/handel och Västkustbanan skall upprättas med avseende på beräknade risknivåer.
- › Bostäder skall ej placeras närmare än 60 meter till Västkustbanan med avseende på beräknade risknivåer.
- › Barriär/skydd mellan studerat område och studerade farligt godsleder ska finnas som motverkar att vätska rinner in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank som är tätt i nedkant.
- › Inom 50 meter från Västkustbanan skall utrymmning bort från järnvägen vara möjlig.

⁴ Ytterligare skyddsåtgärder bedöms vara relativt kostsamma alternativt påverka utförande i större utsträckning. Om ytterligare skyddsåtgärder ska studeras rekommenderas att detta görs i samarbete med exploatör och arkitekt.

- › Entréer till första radens hus mot Västkustbanan skall vetta bort från studerade farligt godsleder.
- › Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsleder.
- › Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån Västkustbanan) skall utformas med ytskikt i obrännbart material.
- › Fönster mot farligt godsled på 1:a radens bebyggelse (fram till 50 meter ifrån Västkustbanan) skall ej vara öppningsbara (vädringsläge är tillåtet).
- › Första radens byggnader fram till 35 meter från Västkustbanan skall utformas så att de kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Västkustbanan som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter på studerade transportleder, anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och det minsta avstånd som anges i kapitel 3.

9 Referenser

Banverket (2006), Ny järnväg Göteborg-Borås (2006)

Byggnadsnämnden i Göteborg, Utlåtande angående *Bygglov för om- och tillbyggnad för handelsändamål (Livsmedelshall) inom Kallebäck 752:159*, 1994-05-03

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

COWI (2013), KVANTITATIV RISKANALYS FÖR KALLEBÄCK 2.3, 2013-12-06

COWI (2012a), *Risicanalys avseende transport av farligt gods förbi Projekt Mölndals Centrum*

COWI (2012b), *Risicanalys för Östra Centrum i Partille*, Uppskattning avseende personantal för handel baserat på uppgifter från KF Fastigheter Projektledning AB (2012), *Muntliga och skriftliga uppgifter om exploatering av yt- och Parkeringshus samt Handel i kvarter 6*, Bjarne Fjellanger- Chef Fastighetsutveckling Väst/Syd

COWI (2011), *Risicanalys avseende farligt gods transporter vid planområdet Halvorsäng*, 2011-04-27, rev. 2

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

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

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

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

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

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

Green Cargo, (2006). Pettersson, *Uppgifter om transporterat farligt gods*. (se även ref. COWI, 2012)

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

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

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

Halland län (2011), Riskanalys av farligt gods i Hallands län, Löpnummer: 2011:19, ISBN/ISSN-nr: 1101-1084

Länsstyrelsen i Hallands län (2011a), Riskanalys av farligt gods i Hallands Län. Meddelande 2011:19 (Bilaga C2, Sid. C7)

Länsstyrelsen i Hallands län (2011b), Riskanalys av farligt gods i Hallands Län. Meddelande 2011:19 (Bilaga E1, Sid. E2)

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

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

SBK (1993), *Detaljplan för Wezätafastigheten del av kv 2 typen inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg*, Göteborgs Stadsbyggnadskontor, 1993-06-15.

SCB (2012), *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2012*

Semrén+Månsson (2014), Almedal, Skår 57:14, Förstudie 2014.10.06

Semrén+Månsson (2015), ALMEDALS FABRIKER UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING, 2015-08-27

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

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

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

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

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

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

Trafikanalys (2010), Lastbilstrafik 2009, statistik 2010:3, URL: www.trafa.se,

Trafikanalys (2015), Lastbilstrafik 2014, statistik 2015:21, URL: http://trafa.se/PageDocuments/Lastbilstrafik_2014.pdf

Trafikverket (2013a), Väst kustbanan, hämtad: 2013-10-31, URL: <http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Vastkustbanan/>

Trafikverket (2013b), Trafikflödeskarta - Presentation av kommunala mätningar, Hämtad: 2013-10-28

Trafikverket (2014), Väst kustbanan, URL: <http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Vastkustbanan/>, Senast uppdaterad/granskad: 2014-01-24, Hämtad: 2015-09-06

Trafikverket (2015a), Uppgifter och statistik gällande farligt gods på Väst kustbanan och Kust till kustbanan förbi studerat område har erhållits av Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket

Trafikverket (2015b), URL: <http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=7110496&laenkr ollista=3>, Hämtad: 2015-09-06

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

WSP (2014), Detaljerad riskbedömning för detaljplan, Transport av farligt gods på väg och järnväg Mölndalsåns dalgång inom Göteborg och Mölndal, KONCEPTHANDLING, 2014-12-18

WSP (2015), Detaljerad riskbedömning för detaljplan, Transport av farligt gods på väg och järnväg Forsåkerområdet, Mölndal, 2015-01-28

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

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

ÅF (2012), Kallebäck 2:5 GÖTEBORGS KOMMUN RISKUTREDNING FARLIGT GODS, 2012-04-30

ÅF (2014), Risk-PM, Kallebäck 2:5, Kvarteret Tändstickan - Uppdatering
av tidigare riskutredning, 2014-04-08

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

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

Frekvens för vägolycka med farligt gods

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

Olycksfrekvens som används för grundberäkningar kommer ifrån en bedömning av material som inrapporterats till MSB. Det finns olika uppgifter om antalet inrapporterade olyckor till MSB och sammanställningar visar på allt från 13 olyckor per år till upp mot 80 inrapporterade händelser per år där farligt godsskyltade fordon varit inblandade. Vid en jämförelse mellan olika metoder och källor har bedömningen gjorts att 40 olyckor per år är ett lämpligt värde att använda för beräkningar med nationella värden (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011a).

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

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

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

Frekvens för järnvägsolycka

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

- › Urspårning
- › Sammanstötning
- › Brand
- › Sabotage
- › Plankorsningsolyckor
- › samt kombinationer av dessa.

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

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

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

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

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

Följande frekvenser används i denna studie:

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

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

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

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en urspårning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

Skalning av olycksfrekvenser

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

Frekvens för olycksscenarier

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

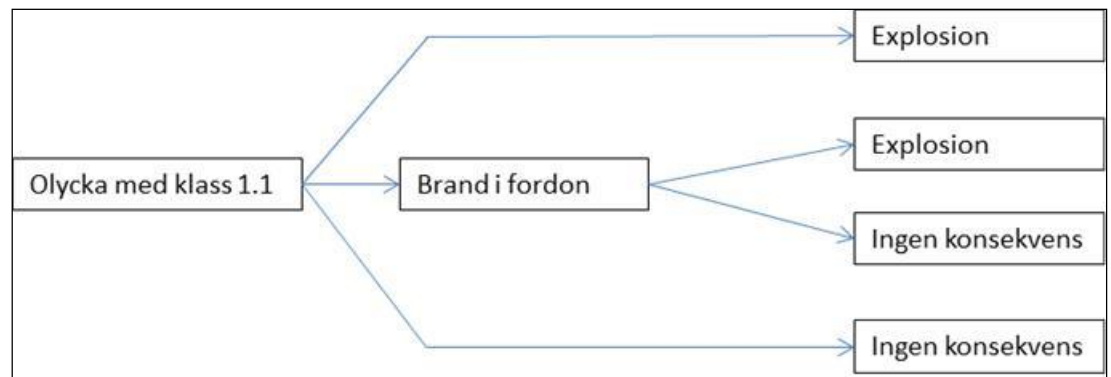
Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten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

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

Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplösivt ämne

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



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplösiva ämnen

Vägoilycka

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

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

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

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

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

Järnvägsolycka

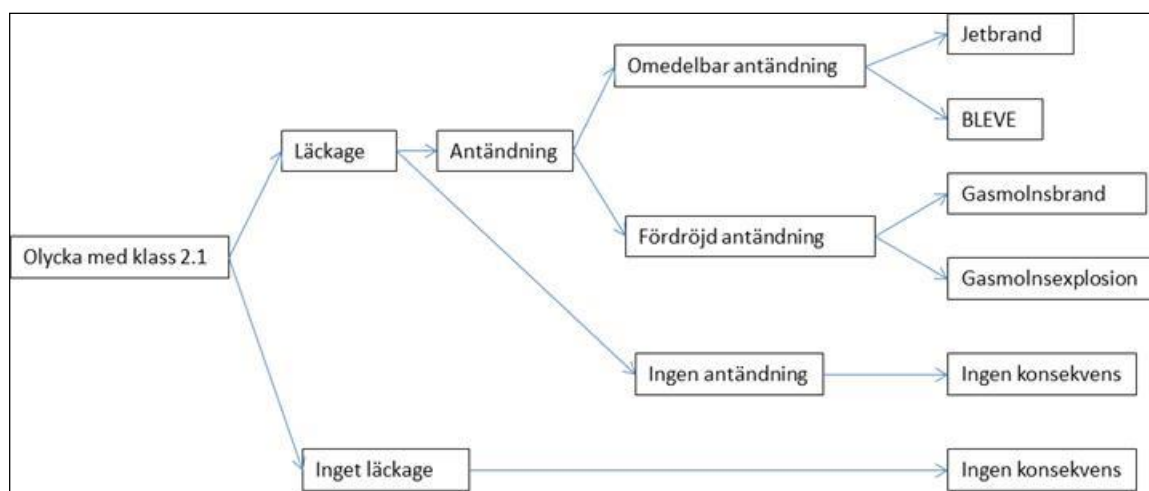
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

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

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

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan)

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



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

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

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

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

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

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

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

Vägo olycka

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

Jetbrand

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,19$$

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

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

BLEVE

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

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

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

Järnvägsolycka

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

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Jetbrand

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

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

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

BLEVE

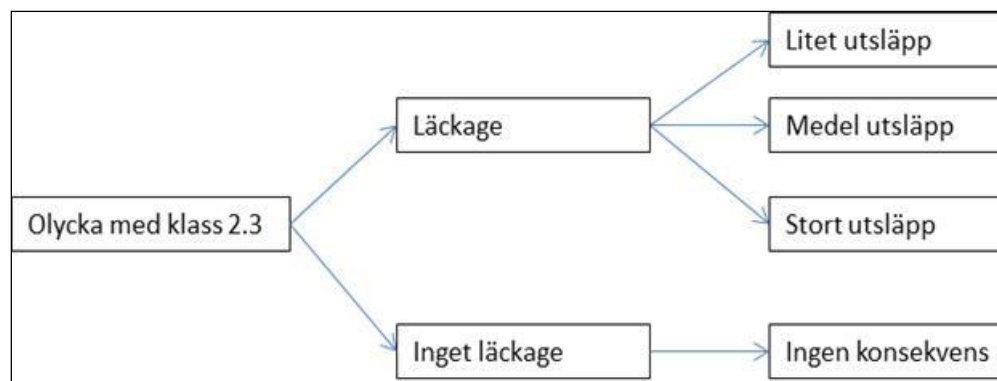
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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

A.3 Olycka med giftig gas

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



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

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

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

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

Vägoolycka

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

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2.3}} \cdot 0,5$$

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

Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är $1.8 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

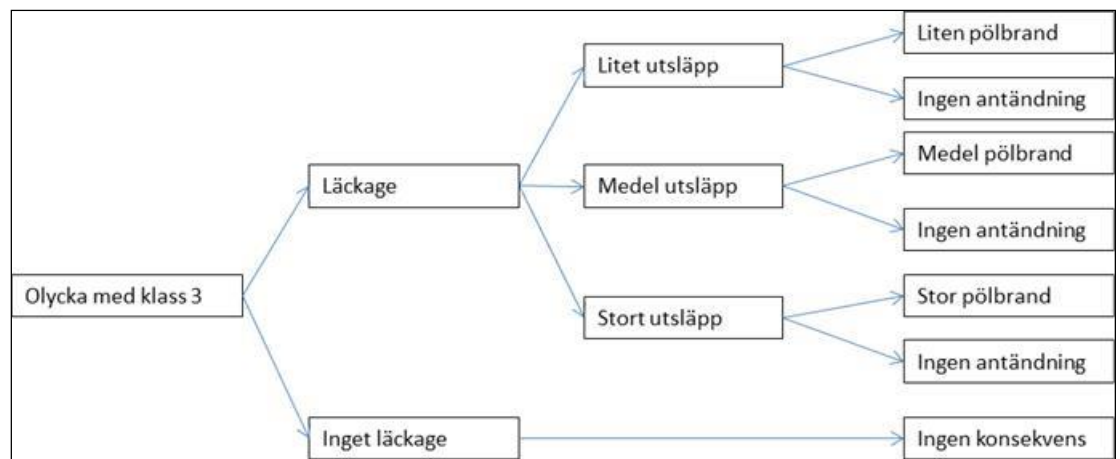
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensen

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



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

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

Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

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

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

Vägolycka

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

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

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

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

Järnvägsolycka

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

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

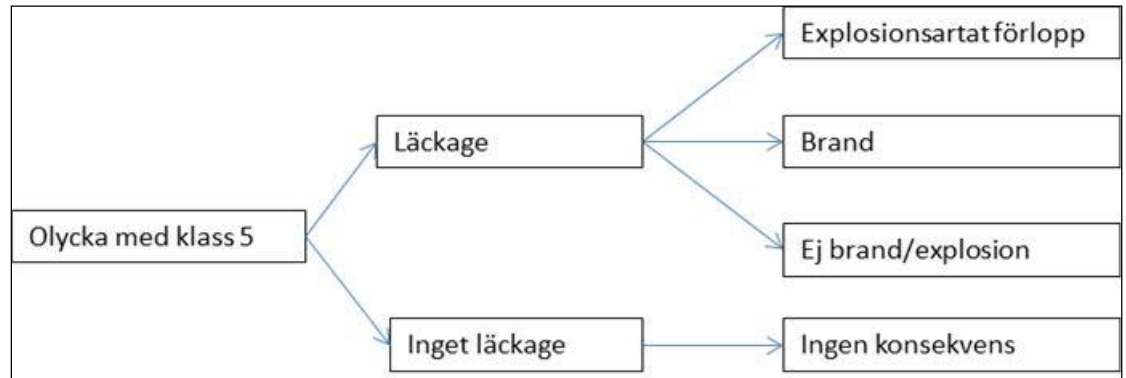
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0.17 + 6.7 \cdot 10^{-7} \cdot 0.12) \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0.17 + 6.7 \cdot 10^{-7} \cdot 0.12) \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

A.5 Olycka med oxiderande ämne

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



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

Vägoilycka

För farligt godsolycka krävs att både det oxiderande ämnet och brännbart material är inblandat. Att ett emballage, för oxiderande ämne, går sönder och att innehållet kommer ut på marken har antagits ske i 10 % av fallen vid en olycka. Sannolikheten för en *sidokrasch* med farligt godsfordon, som leder till bränsleläckage från fordonets bensintank, är 15 % och sannolikheten att antändning sker antas vara 10 %. Med ovan antaganden och beräkningsgång som följer den som återfinns i Göteborgs översiktsplan kan sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen på väg beskrivas enligt följande:

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0.15 \cdot 0.1$$

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

Järnvägsolycka

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är $2.0 \cdot 10^{-11}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

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

A.6 Riskreducerande faktorer

Nedan redovisas de riskreducerande faktorer som använts vid beräkning av samhällsriskerna med studerade skyddsåtgärder. Här redovisas de händelser för vilka skyddsåtgärderna har en konsekvensreducerad effekt. Se även tabell B.2 i bilaga B.

- › Skyddsåtgärd: Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsleder. Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas.
- › Skyddsåtgärd: Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån Väst kustbanan) skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Skyddsåtgärder beräknas medföra att personer inomhus inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.
- › Skyddsåtgärd: Första radens byggnader fram till 35 meter från Väst kustbanan skall utformas så att de kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum på den del av Väst kustbanan som ligger närmast byggnaden.
- › Skyddsåtgärd: Ej första radens bebyggelse. Med tät, buffrande och avskärmande bebyggelse närmst riskkällorna bedöms andelen omkomna kunna sänkas med 25% för explosioner och giftiga gaser och 75% för bränder. WSP (2015).

A.7 Resultat av beräkningar

Notera att sannolikheten för att en händelse ska inträffa är den samma oavsett om hänsyn tas/inte tas till studerade skyddsåtgärder. Detta beror på att studerade skyddsåtgärder är av konsekvensreducerande karaktär.

Tabell A.1. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på Väst kustbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1– massexplosion (stor)	$5,8 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$2,6 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$5,41 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$1,4 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$6,8 \cdot 10^{-10}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$8,6 \cdot 10^{-10}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$1,7 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	$6,1 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 5 -explosion	$3,0 \cdot 10^{-9}$

Tabell A.2. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på Kust till kustbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	$<1 \cdot 10^{-12}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$1,0 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$2,1 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$5,4 \cdot 10^{-10}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$2,7 \cdot 10^{-11}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$2,2 \cdot 10^{-10}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$4,3 \cdot 10^{-10}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	$1,4 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	$7,2 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 5 -explosion	$2,7 \cdot 10^{-9}$

Tabell A.3. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på väg E6/E20.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (liten)	$8,2 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 1.1 – massexplosion (stor)	$1,0 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$2,5 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$5,2 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$6,5 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$9,2 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$1,8 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	$9,5 \cdot 10^{-6}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	$9,5 \cdot 10^{-6}$
Olycka med klass 5 -explosion	$5,3 \cdot 10^{-8}$

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

I detta kapitel redovisas först en övergripande tabell över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en tabell med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass.

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

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

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

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

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

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

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

Tabell B.2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på järnväg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges. Värden märkta med * är baserad på GÖP övriga värden är baserade på riktlinjer i Hallands län (Hallands län, 2011). Värde markerat med ** är jämtat från tidigare riskanalys för närliggande område (COWI, 2013). Värde inom parentes anger om värdet skiljer sig för väg.

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

I bilaga D återfinns en känslighetsanalys för hur samhällsskurvan förändras om antalet personer 51-100 meter från farligt godsled inte utrymmer byggnaden/området i den omfattning som antagits vid en BLEVE. I riskanalysen antas att 25% av personerna som vistas inomhus omkommer på detta avstånd, se tabell B.2 medan känslighetsanalysen antar att 100% omkommer.

Vid beräkning av risknivån där hänsyn tas till skyddsåtgärder reduceras antalet omkomna. Hur mycket antalet omkomna reduceras med, inom vilket avstånd som reduktionen kan förväntas, samt för vilka händelser presenteras i bilaga A.6.

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

B.1 Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)

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

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

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

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

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1997) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

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

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

Beräkningsmetodik

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

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997).

Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

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

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

Konsekvenser för massexplсивt ämne

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

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

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

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma

inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktions av byggnaden.

För tryck mellan 180- 69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka. Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

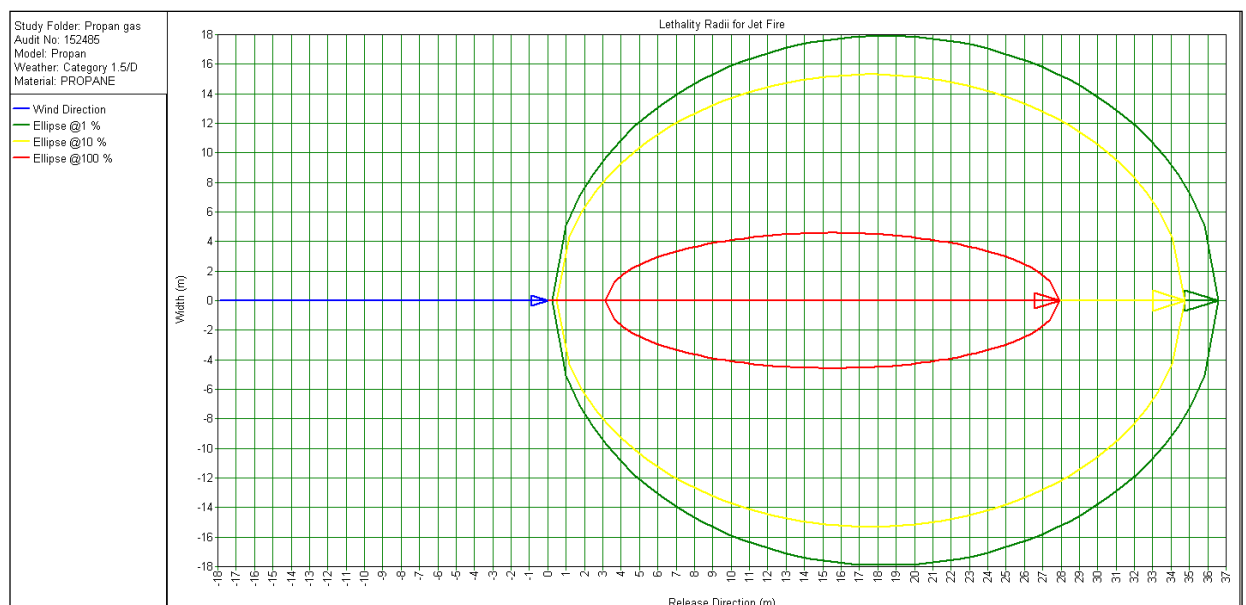
- Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boling Liquid Expandning Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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

Jetbrand

Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m². Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled.

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



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

BLEVE

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

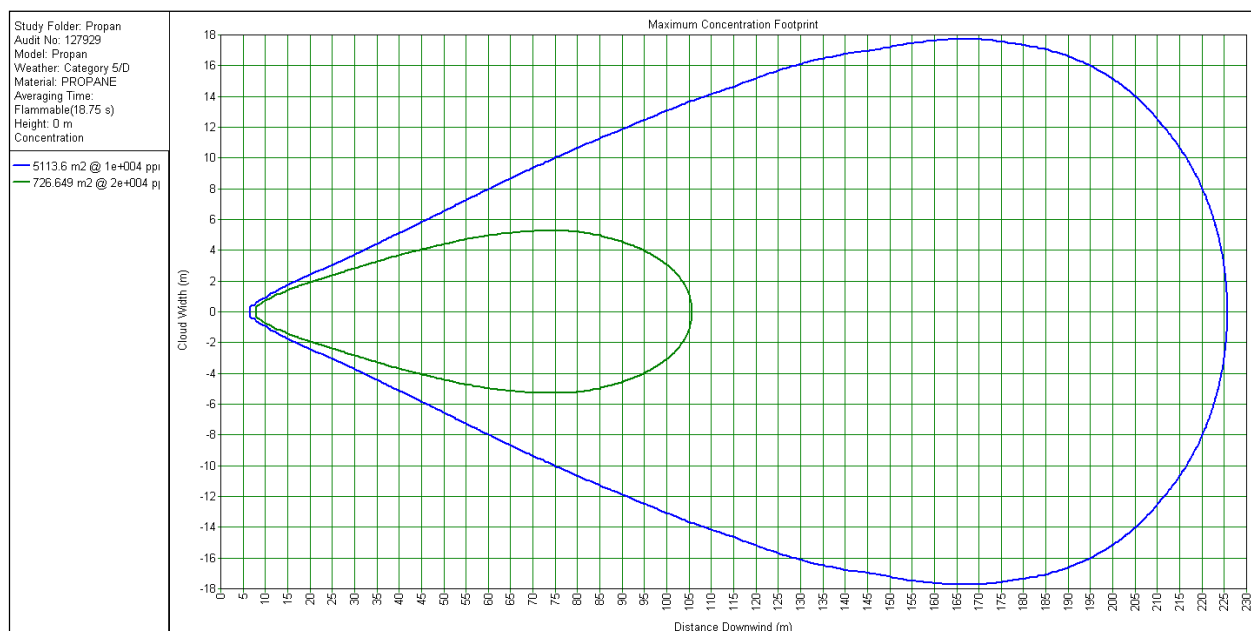
Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m² antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus

(TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå.

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

Gasmolnsbrand

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



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

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

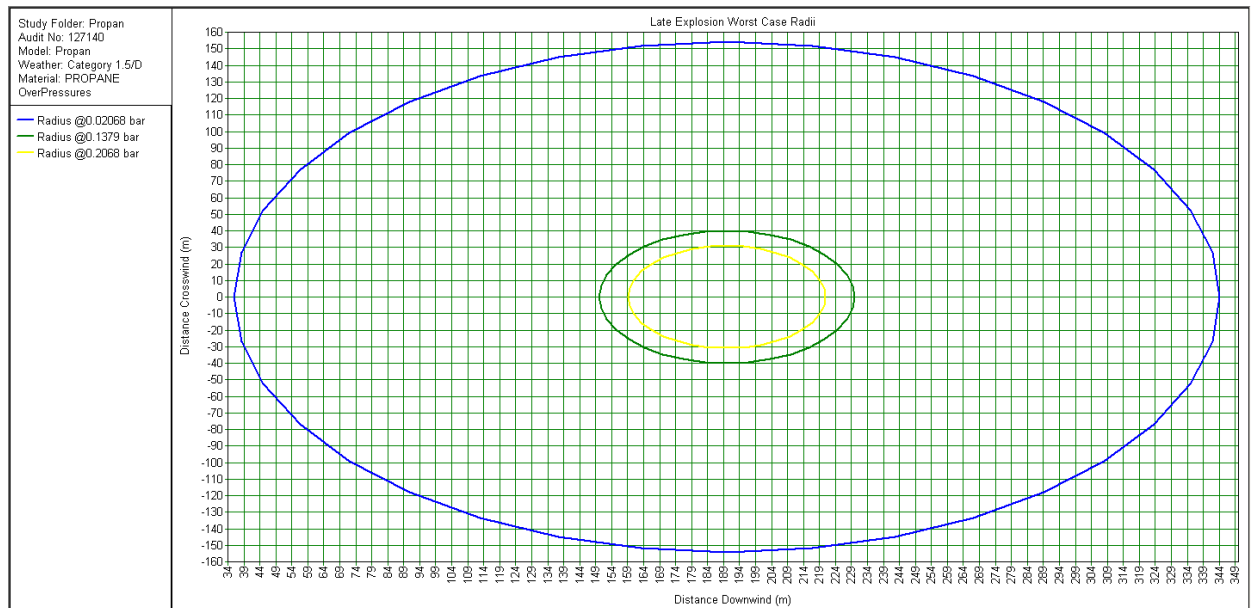
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

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

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

Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Figur B.3 visar explosionövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.



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

Från figur ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

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

Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

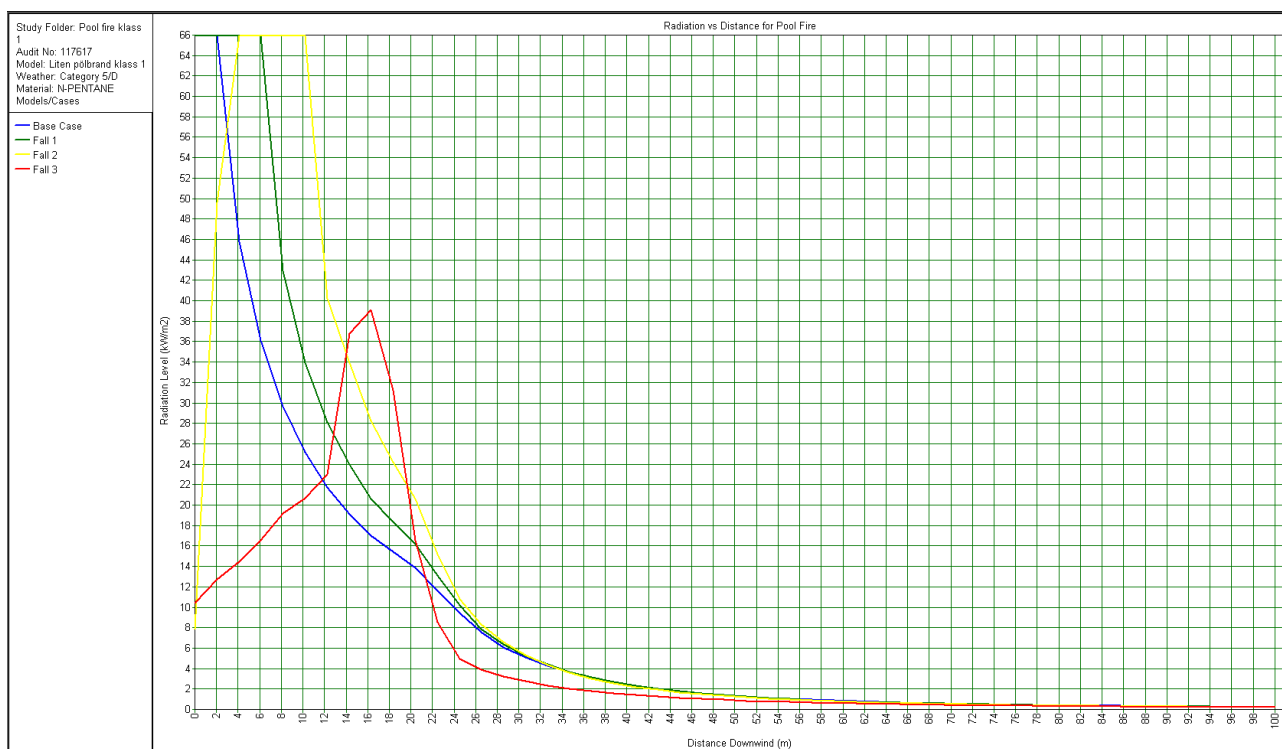
Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

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

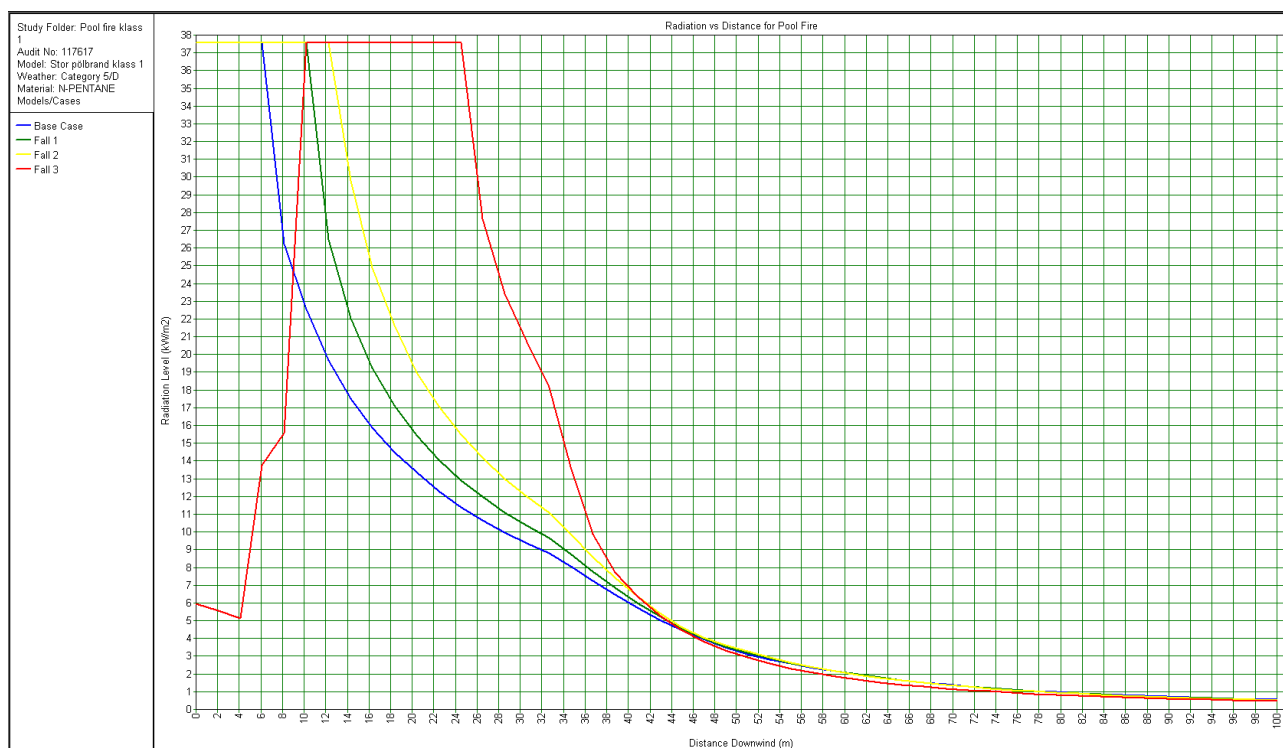
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m²
- › Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m²

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m² pölbrand i figur B.4 och B.5.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m², bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



Figur B.5. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m², bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

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

Tabell B.13. Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m²) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m².

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

Nedan följer en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

Tabell B.14 Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

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

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m².

Långvarig strålning mot utrymmade personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

För byggnader finns följande gränsvärden beträffande strålning mot trä/brännbart material.

Tabell B.15. Gränsvärden beträffande strålning.

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

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m² i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad.

Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m² innan kollaps.

B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

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

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

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

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

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

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

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

Bilaga C – Indata för beräkningar

Bilaga C Indata för beräkningar

I följande kapitel sammanställs indata gällande farligt gods.

C.1 Indata farligt gods – Väg E6/E20

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

Genomsnittlig last

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

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

Detta ger en medellast av ca 16 ton.

Andel farligt godstrafik av tung trafik

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

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

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

SRV kartläggning av farligt gods:

Mängder (maxvärden) transporterade klasser sammanställs i tabell C.1.

Tabell C.1. *Mängder farligt gods på väg E6/E20 (maxvärden) enligt SRV:s kartläggning år 2006.*

Farligt godsklass	SRV maxvärde * 12 månader (ton/år)
1. Explosiva ämnen	840
2.1. Brandfarliga gaser	21600
2.2. Icke brandfarliga gaser/ icke giftiga gaser	52800
2.3. Giftiga gaser	300
3. Brandfarliga vätskor	396000
4. Brandfarliga fasta ämnen, självantändande, ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten	17880
5.1. Oxiderande ämnen	5880
5.2. Organiska peroxider	24
6. Giftiga och smittsamma ämnen	3720
7. Radioaktiva ämnen	-
8. Frätande ämnen	139200
9. Övriga ämnen och föremål	138000
TOTALT (summerat)	776832

Bilaga D - Känslighetsanalys

Bilaga D Känslighetsanalys

D.1. Analys

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

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

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

Farligt gods:

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. I beräkningar antas att transporter ökar med 20 % för att representera ett framtidsscenario (år 2030). Det finns inga prognoser som bekräftar en ökning av godstransporterna varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

En detaljerad riskbedömning för fördjupad översiktsplan har tidigare tagits fram (koncepthandling) där trafikprognoser redovisats för väg-/tåg-trafik. För att beräkna antalet farligt godstransporter från dessa uppgifter behöver ett antal antaganden göras vilket innebär osäkerheter. Istället för att utgå ifrån dessa uppgifter har COWI istället kontaktat Trafikverket och erhållit uppgifter gällande transporterat farligt gods på studerade järnvägssträckor. Dessa uppgifter har sedan räknats upp enligt ovan. Gällande transporter av farligt gods på väg har COWI utgått ifrån tidigare riskutredningar för närliggande områden (COWI, 2011; ÅF, 2012, ÅF, 2013 COWI, 2013, COWI, 2014).

Olycksfrekvens:

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

Beräkningar för vägtransporter bygger på att enbart brandfarlig vara klass 1, t.ex. bensin, kan medföra personskador och utgöra en risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andel bensin 40 % av den totala andelen petroleumprodukter. Av den totala mängden transportad brandfarlig vätska antas därmed klass 1 utgöra 40 %. För vägtransporter kan detta antagande diskuteras eftersom en och samma transport kan innehålla olika produkter. För det aktuella fallet där avståndet till väg E6/E20 är mer än 50 meter även för befintlig bebyggelse har detta antagande dock inte en betydande påverkan på resultatet.

För järnvägstransporter har beräkningarna utgått från information från Trafikverket gällande brandfarlig vätska (Trafikverket, 2015).

Konsekvenser:

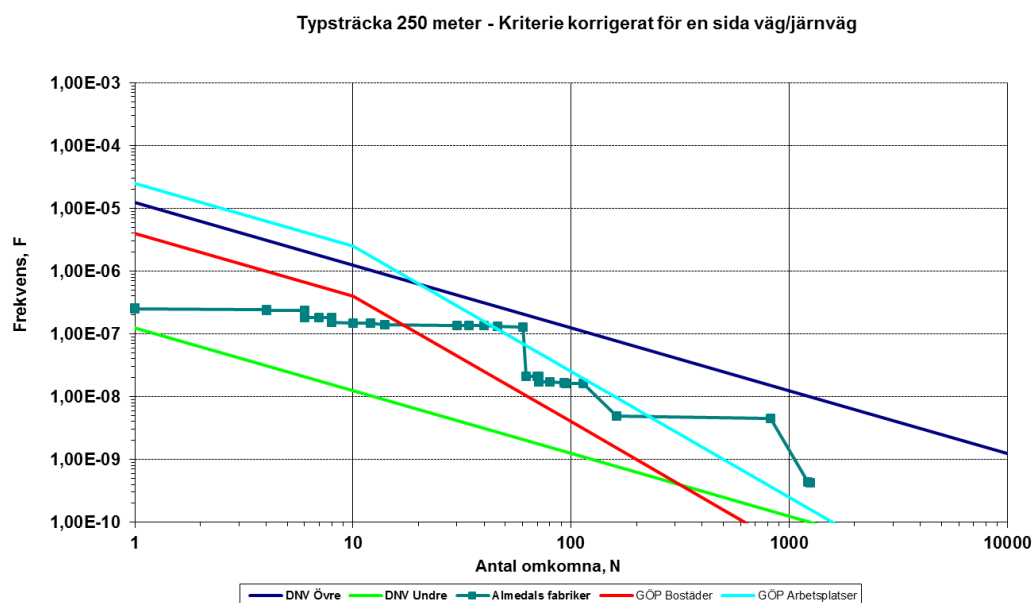
Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln, etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa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

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

Reducering av konsekvens från BLEVE vid införande av skyddsåtgärder:

I figur D.1 redovisas beräknad samhällsrisk för case 1 där hänsyn tagits till införda skyddsåtgärder och där 100% av personerna som visas inomhus 51-100 meter från farligt godsled omkommer vid en BLEVE.

Det kan konstateras att FN-kurvan (samhällsrisk) höjs till höger i figuren (se punkten näst längst till höger i figur D.1). Oavsett om 100 % eller 25 % av personerna 51-100 meter från studerade farligt godsleder omkommer hamnar samhällsriskerna på en nivå inom ALARP-området enligt DNV:s kriterier och över kriterier för kontor enligt GÖP.



Figur D.1. Samhällsrisk (case 1), med skyddsåtgärder på enbart ny bebyggelse för det studerade området (punktad mörkröd linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 250 meter.

Metod för beräkning av risk:

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

Indelning i analysområde

Vid beräkning av olycksfrekvenser har antagits att en olycka ska inträffa inom det studerade området för att påverka detta område. För händelser med stora konsekvensavstånd, t ex olycka med giftig gas, har frekvensfaktorn multiplicerats upp för att ta hänsyn till att det studerade området kan påverkas även av händelser utanför området.

Antagen placering av ”olyckscentrum”

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

Scenarieutveckling

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

Bilaga E - Illustrationsskisser

Semrén+
Månsson



ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

platzer **Wallenstam** **SVENSKA HUS**



- Handel/Kontor/Verksamhet
- Garage/P-hus
- Bostäder
- Befintliga byggnader Svenska Hus
I planarbetet önskas en blandning av kontor och handel
- Befintliga byggnader Platzer
I planarbetet önskas en blandning av kontor, handel och bostäder

Semrén+Månsson

SVENSKA HUS

AREA	
Kontor och Verksamheter	ca 22654 kvm BTA
Befintlig husvolym	ca 3100 kvm BTA
Parkeringsbehov	
Kontor (8,8/1000kvm)	227 st.
Parkering	
P-garage i två plan	170 st.
På mark (kontor/verksamhet)	32 st.
Summa:	202 st.

PLATZER

AREA	
Kontor och Verksamheter	ca 22 076 kvm BTA
Befintliga husvolym	ca 10 620 kvm BTA
Parkeringsbehov	
Kontor (8,8/1000kvm)	288 st.
Parkering	
P-hus	216 st.
P-garage under kontor	92 st.
På mark (kontor/verksamhet)	32 st.
Summa:	340 st.
(Bef. bestånd parkering idag)	130st.)

WALLENSTAM

AREA	
Bostäder	ca 16 775kvm BTA
Parkeringsbehov	
Bostäder (0,6/1gh)	125 st.
Parkering	
P-garage under bostäder	105 st.
På mark (bostäder)	6 st.
Summa:	111 st.

HANDEL

Om halva entréplan planläggs för handel, så ökar parkeringsbehovet med 22 platser
(P-norm handel 22,5/1000kvm)



ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÄDSHANDLING
[KONCEPT]

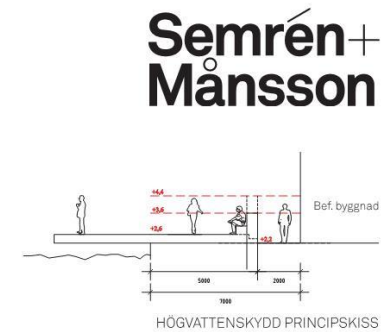
2015-08-27

2 / 13

BAGERI - EN MÖTESPLATS LÄNGS MED KAJSTRÅK VID MÖLNDALSÅN



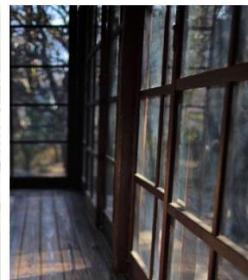
MÖJLIGHET ATT KOMMA NÄRMA VATTNET SAMTIDIGT SOM DET SKAPAS ETT HÖGVATTENSKYDD (VY 1)



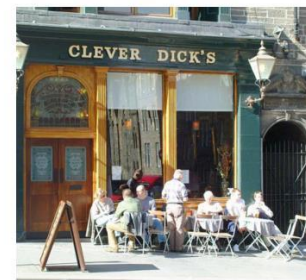
UTESERVERING UTANFÖR BAGERI



MÖNSTERSÄTTNING MED NEUTRALT SANDFÄRGAT TEGEL



MÖRKA TEAKTRÄDETALJER



"LUGNT" FOLKLIV



TRAPPOR MED SITTMÖJLIGHETER



ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

3 / 13

BOSTADSKVARTER - MODERNA BOSTÄDER MED BRUKSKARAKTÄR



BOSTADSKVARTER



BALKONGER I GALVAT STÅL



TAK I ALUZINK



MÖNSTERSÄTTNING



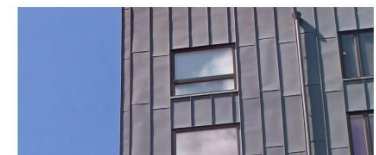
PLÅTFASAD



PERGOLA PÅ INNEGÅRD



PUTSADE FASADER



REFERENS KV MASTEN



PLATS FÖR LIV MELLAN HUS PÅ INNEGÅRDARNA



SANDFÄRGAT TEGEL I TRE NYANSER

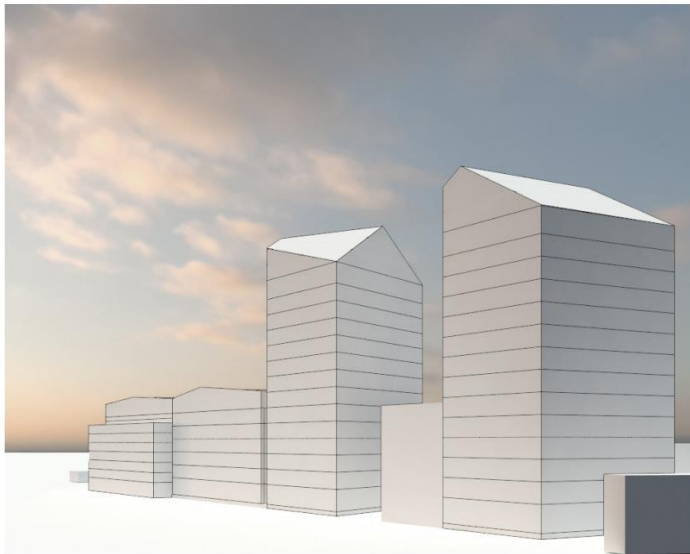


ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÄDSHANDLING
[KONCEPT]

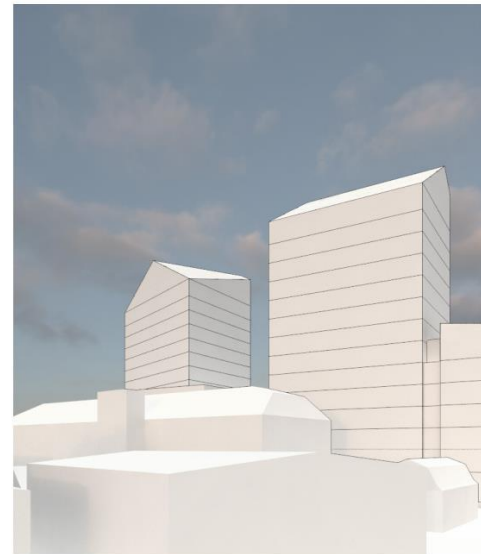
2015-08-27

4 / 13

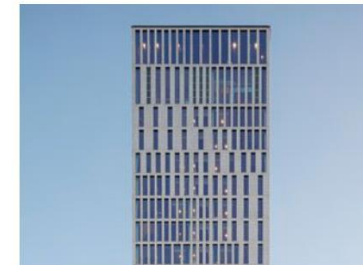
KONTORSHUS - SKIFTANDE FORM FRÅN OLIKA VINKLAR



VY FRÅN MOTORVÄGEN / NORDÖST



VY FRÅN BOSTÄDERNA / SYDVÄST



VARMT ENTRÉ



LEVANDE GATUMILJÖ



DJUP I FASADEN



STRIKT MEN VARIATIONSRIK FASAD



ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

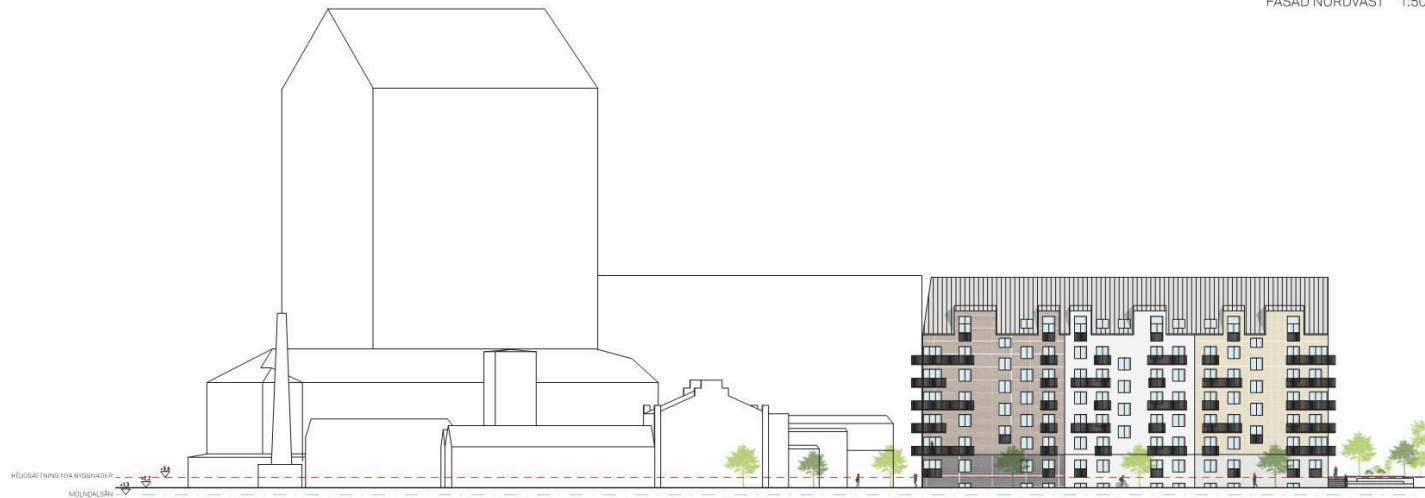
2015-08-27

5 / 13

Semrén+
Månsson



FASAD NORDVÄST 1:500



FASAD SYDVÄST 1:500

platzer arkitekter Wallenstam SVENSKA HUS

ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

6 / 13

**Semrén+
Månsson**

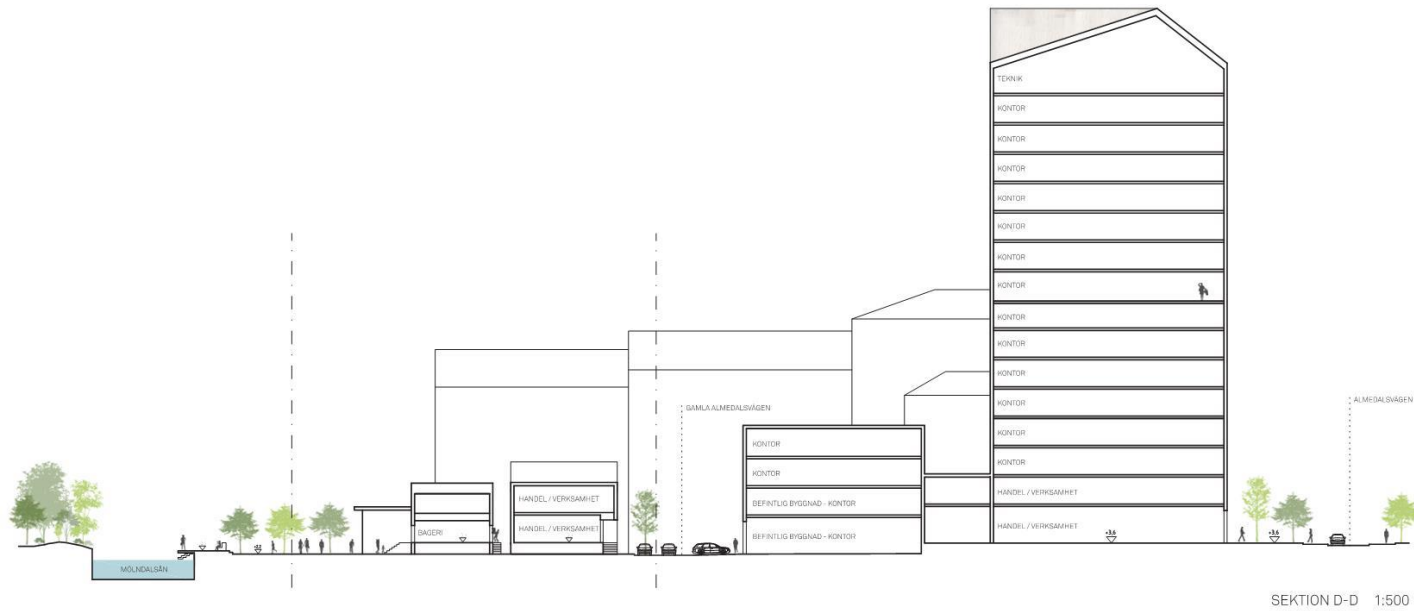


platzer **Wallenstam** **SVENSKA HUS**

ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

7 / 13



SEKTION D-D 1:500

Semrén+
Månsson



FASAD VÄSTER - KONTORSHUS 1:500

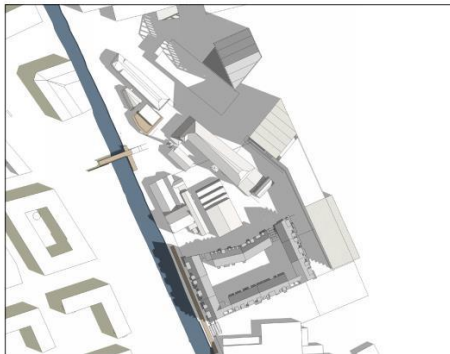
platz **Wallenstam** **SVENSKA HUS**

ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

9 / 13

**Semrén+
Månsson**



SOLSTUDIE 09:00 21 JUNI



SOLSTUDIE 12:00 21 JUNI



SOLSTUDIE 15:00 21 JUNI



SOLSTUDIE 09:00 21 MARS



SOLSTUDIE 12:00 21 MARS



SOLSTUDIE 15:00 21 MARS

platzer **Wallenstam** **SVENSKA HUS**

ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

11 / 13



VY 2 - ÖVER TORG FRÅN GAMLA ALMEDALSVÄGEN



GEMYTLIG MILJÖ MED UTESERVERING



ÖPPET ENTRÉPLAN



TYDLIG ÖVERGÅNG FÖR FOTGÅNGARE

Semrén+
Månsson



VY 1 - ÖVER NYTT PROMENADSTRÅK LÅNGS MED MÖLNDALSÅN



TRÄRÅSTER



TRÄPPSTEG OCH SITTMÖJLIGHETER



INTEGRERAD GRÖNSKA

platzer **Wallenstam** **SVENSKA HUS**

ALMEDALS FABRIKER
UNDERLAG TILL SAMRÅDSHANDLING
[KONCEPT]

2015-08-27

13 / 13