

RISKUTREDNING C W BORGS VÄG, STENUNGSUND

RISKANALYS MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS

ADRESSE COWI AB

Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sweden

TLF +46 10 850 10 00

FAX +46 10 850 10 10

WWW cowi.com

RISKUTREDNING C W BORGS VÄG, STENUNGSUND

RISKANALYS MED AVSEENDE PÅ FARLIGT GODS

PROJEKTNR.

A208819

DOKUMENTNR.

A208819-4-02-RAP001

VERSION

4.0

UTGIVNINGSDATUM

2020-10-08

BESKRIVNING

Riskutredning farligt gods

UTARBETAD

Viktor Sturegård

GRANSKAD

Christoffer Käck

GODKÄND

Stefan Bylin

Sammanfattning

Riksbyggen arbetar med att utveckla ett område intill CW Borgs väg i Stenungsund. Syftet är att utveckla området med centrumbebyggelse genom att möjliggöra nya bostäder, kontorsytor, publika verksamheter och parkering. Området är beläget i Stenungsund tätort strax väster om Stenungstorg och angränsar till Bohusbanan där transporter med farligt gods förekommer. Mellan studerat planområde och Bohusbanan löper Göteborgsvägen, väg 770, vilket inte är en utpekad transportled för farligt godsled. Med anledning av detta har väg 770 ej beaktats i denna riskutredning då endast enstaka mindre transporter av farligt gods kan förväntas passera förbi området och att dessa utgör ett försumbart riskbidrag jämfört med Bohusbanan.

Riksbyggen och Stenungsunds kommun har efterfrågat COWI att genomföra en riskanalys för det kommande planområdet baserad på rådande förutsättningar.

Syftet med uppdraget är att genomföra en riskutredning¹ i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till närliggande led för farligt gods - Bohusbanan. Uppdraget innebär också att föreslå riskreducerande åtgärder så att sannolikheten för att en olycka inträffar, samt konsekvenserna av en sådan, kan minimeras.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning, se figur 1. Enligt dessa riktlinjer ska kontor placeras i zon B. Bostäder, handel och centrum ska placeras i zon C. Detaljplanen bedöms följa dessa riktlinjer då ny bebyggelse som närmast planeras ca 30 meter från Bohusbanan samt att mindre känslig verksamhet (kontor) placeras framför övrig bebyggelse.

Inom 25-50 från Bohusbanan, vilket är det minsta avstånd som bebyggelse planeras inom, hamnar individrisken på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nytta synpunkt. När föreslagna skyddsåtgärder beaktas minskar individrisken inomhus och hamnar på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga när riskreducerande åtgärder ej beaktas. På större avstånd än 50 meter hamnar individrisken både inomhus och utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga när riskreducerande åtgärder ej beaktas. När både individrisken med avseende på farligt gods på Bohusbanan och individrisken från 'Säkerhetsstudie Stenungsund' beaktas hamnar den sammanlagda individrisken mellan gränsen för tolerabel nyetablering och gränsen där riskerna kan ses som försumbara enligt de kriterier som föreslås i säkerhetsstudien.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsrisken för både fall 1 och fall 2 över DNV's undre kriterie och tangerar DNV's övre kriterie. När hänsyn tas till

¹ Med risk avses i detta anbud risk för att människor omkommer på grund av olycka med farligt godstransport på närliggande farligt godsled

rekommenderade skyddsåtgärder minskar samhällsriskerna för både fall 1 och fall 2 och hamnar över DNV's undre kriterie men under DNV's övre kriterie, dvs inom ALARP-området där rimliga säkerhetshöjande åtgärder ska värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Samhällsriskbidraget från studerad detaljplan leder till en marginell höjning av den totala samhällsrisk som beräknats i 'Säkerhetsstudie Stenungsund' och medför ingen förändring gentemot kriterierna som föreslås i säkerhetsstudien då den totala samhällsriskerna fortsatt hamnar inom området där åtgärder bör övervägas.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering för både fall 1 och fall 2 med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av Bohusbanan möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

I samtal med kommunen lyftes möjligheten att framförvarande kontorsbyggnad (kvarter B-F i figur 5) eventuellt kan komma att uppföras i ett senare skede än övrig bebyggelse inom planområdet. COWI bedömer att inga ytterligare skyddsåtgärder än vad som föreslås i avsnitt 7.1 är nödvändiga även i händelse av byggnader D-F uppförs i ett senare skede. Detta beror dels på att det är de personer som vistas närmast godsleden i byggnader D-F som bidrar mest till risknivån, dels då kontorsbebyggelsen inom kvarter B-F står för en stor del av den uppskattade personintensiteten. Med anledning av detta bedöms inga tillfälliga skyddsåtgärder vara nödvändig för övrig bebyggelse i händelse av att byggnader D-F uppförs i ett senare skede.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar föreslås följande skyddsåtgärder för planerad bebyggelse för både fall 1 och fall 2 med avseende på närhet till Bohusbanan:

- > Ett bebyggelsefritt område skall bevaras inom 0-30 meter från Bohusbanan. Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det bebyggelsefria området kan användas för ytparkering, lokalväg eller GC-bana.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och Bohusbanan skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Befintligt område mellan Bohusbanan och väg 770 bedöms uppfylla denna funktion.
- > Inom 50 meter från Bohusbanan skall utrymning bort från Bohusbanan vara möjlig.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot Bohusbanan inom 0-50 meter från Bohusbanan): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster ska vara EI30-klassade.
- > Ventilationsintag skall placeras högt och vetta bort från Bohusbanan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 50 meter från Bohusbanan.

- > Ny bebyggelse inom 0-50 meter från Bohusbanan skall utformas så att den kan motstå en gasolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det spår som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.
- > Fönster/glaspartier i fasaden för första radens bebyggelse som vetter mot Bohusbanan skall ej vara öppningsbara. Vidare ska fönster/glaspartier i fasad för första radens bebyggelse som vetter mot Bohusbanan förstärkas så att större splitterskador motverkas vid en explosion. Exempel på en åtgärd som bedöms uppfylla detta krav är att förse fönster/glaspartier med plastfilm.

Inga ytterligare skyddsåtgärder anses erforderliga för varken fall 1 eller fall 2 för planerad bebyggelse vid studerat område intill C W Borgs väg.

Ovanstående bedömning gäller den användning och omfattning som presenteras i kapitel 3 och risknivån kan påverkas om omfattningen ändras.

INNEHÅLL

Sammanfattning	I
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Omfattning - Avgränsning	1
2 Beskrivning av risk och kriterier	2
2.1 Risk	2
2.2 Relevanta riktlinjer	2
2.3 Riskacceptans	3
2.4 Acceptanskriterier avseende farligt gods	4
3 Förutsättningar	7
3.1 Planområdet	7
3.2 Närliggande befintlig bebyggelse och verksamheter	12
3.3 Personintensitet	13
4 Trafik och transporter med farligt gods	15
4.1 Bohusbanan	15
5 Faror vid olycka med farligt gods	18
6 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods	21
6.1 Individrisk för studerat område	21
6.2 Samhällsrisk för studerat område	23
6.3 Säkerhetsstudie Stenungsund	25
6.4 Diskussion kring resultat	26
6.5 Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta	29
6.6 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	32
7 Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder	33
7.1 Rekommendationer och skyddsåtgärder	34
8 Referenser	36
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	38
A.1 Olycka med massexplosivt ämne	40

A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	42
A.3	Olycka med giftig gas	44
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	45
A.5	Olycka med oxiderande ämne	47
A.6	Riskreducerande faktorer	47
A.7	Resultat av beräkningar	48
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser		49
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	52
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	57
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	61
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	63
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	67
Bilaga C - Indata för beräkningar		68
Bilaga D - Känslighetsanalys		69
D.1	Diskussion kring skadade personer	71
Bilaga E – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet		73
Bilaga F – Möjliga säkerhetshöjande åtgärder		76
F.1	Dike	76
F.2	Vall	77
F.3	Mur/plank	78
F.4	Skyddsavstånd	79
F.5	Disposition av planområde	79
F.6	Disposition av byggnad	80
F.7	Placering av friskluftsintag	81
F.8	Förstärkning av stomme/fasad	82
F.9	Begränsning av fönsterarea	83
F.10	Ej öppningsbara fönster	84
F.11	Brandskyddad fasad	85

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Riksbyggen arbetar med att utveckla ett område intill CW Borgs väg i Stenungssund. Syftet är att utveckla området med centrumbebyggelse genom att möjliggöra nya bostäder, kontorsytor, publika verksamheter och parkering. Området är beläget i Stenungssund tätort strax väster om Stenungstorg och angränsar till Bohusbanan där transporter med farligt gods förekommer. Mellan studerat planområde och Bohusbanan löper Göteborgsvägen, väg 770, vilket inte är en utpekad transportled för farligt godsled. Med anledning av detta har väg 770 ej beaktats i denna riskutredning då endast enstaka mindre transporter av farligt gods kan förväntas passera förbi området och att dessa utgör ett försumbart riskbidrag jämfört med Bohusbanan.

Riksbyggen och Stenungssunds kommun har efterfrågat COWI att genomföra en riskanalys för det kommande planområdet baserad på rådande förutsättningar.

1.2 Omfattning - Avgränsning

Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning² i syfte att klarlägga möjlig exploatering avseende mängd och geografisk placering i förhållande till närliggande led för farligt gods - Bohusbanan.

Uppdraget innebär också att föreslå riskreducerande åtgärder så att sannolikheten för att en olycka inträffar, samt konsekvenserna av en sådan, kan minimeras. Fokus i uppdraget är att göra spridningsberäkningar och konsekvensberäkningar samt ange lämpliga riskreducerande åtgärder.

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

² Med risk avses risk för att människor omkommer på grund av olycka med farlig godstransport på närliggande farligt godsled.

2 Beskrivning av risk och kriterier

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp för risk och gällande riktlinjer för det aktuella området

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 kan vara svåra att ta 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.

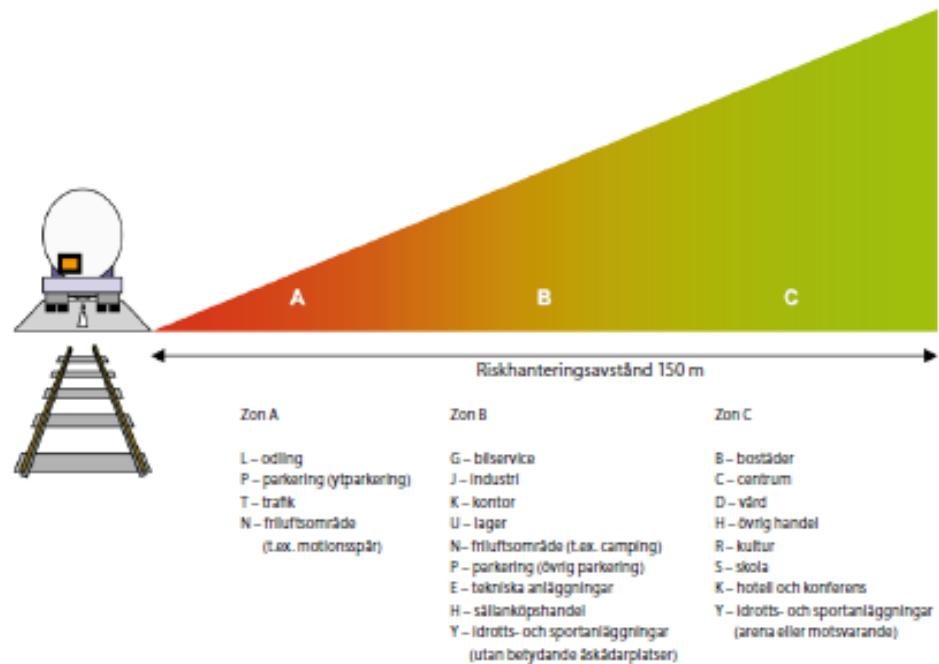
Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av risknivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

2.2 Relevanta riktlinjer

2.2.1 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, se figur 1. 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.



Figur 1. Zonindelning där zonerna representerar föreslagen markanvändning utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län.

2.3 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.

2.4 Acceptanskriterier 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.

2.4.1 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

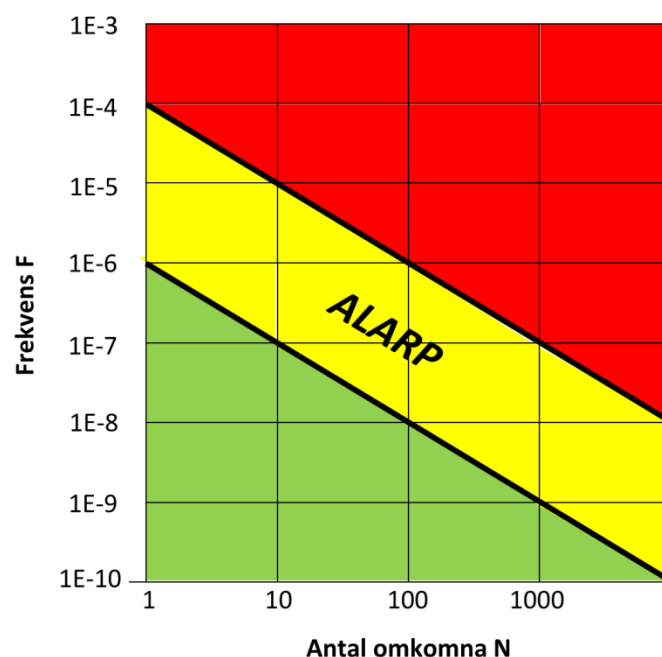
Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisken presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 2. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att 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 2).
- > 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 2).

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 2.



Figur 2. 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.

2.4.2 Säkerhetsstudie Stenungsund

För Stenungsund har det tagits fram en säkerhetsstudie (AJ Risk Engineering AB, 2015) med syfte att belysa en total kartläggning av riskerna kopplat till Stenungsundsindustrin och transporter med farligt gods på väg, järnväg och sjö. Denna säkerhetsstudie används som ett beslutsunderlag för kommunal planering av översiktsplaner och detaljplaner, särskilt för frågor om skydds- och

säkerhetsavstånd från industrier och transportleder inom Stenungsunds kommun.

I säkerhetsstudien presenteras kriterier för individ- och samhällsrisk inom Stenungsunds kommun med avseende på den samlade riskbilden kopplat till Stenungsundsindustrin och transporter med farligt gods på väg, järnväg och sjö.

Individriskkriterier

För individuell risk för omgivningen, där människor kan varaktigt uppehålla sig, har följande kriterier angetts som maximalt tolerabel risknivå:

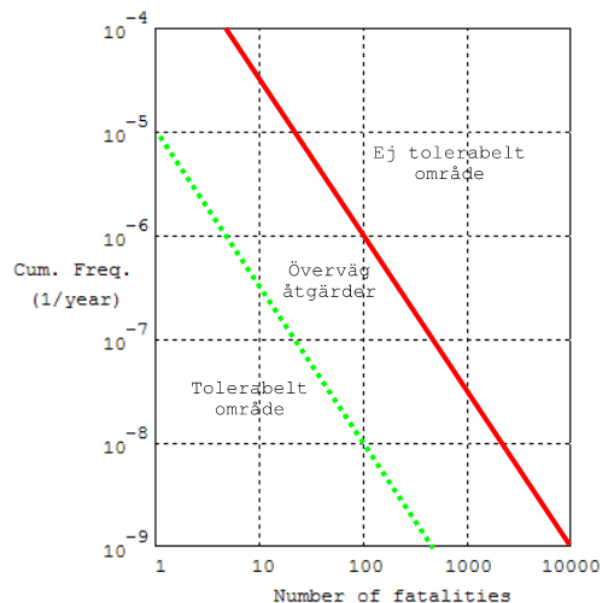
- > För existerande verksamhet; 10⁻⁵ per år
- > För nyetablering; 10⁻⁶ per år
- > Gräns där riskerna kan ses som försumbara; 10⁻⁷ per år

Samhällsriskkriterier

Riskkriteriet för samhällsrisk (FN-kurva) utgår från:

- > En övre gräns för vad som maximalt kan tolereras för omgivningen är olyckor som ger 1 dödsfall per 1000 år och 100 dödsfall på 1 000 000 år, se figur 3 nedan.
- > En gräns under vilka risker kan anses vara små och där ytterligare åtgärder ej krävs är olyckor som ger 1 dödsfall per 100 000 år och 100 dödsfall på 100 000 000 år, se figur 3 nedan.

I zonen mellan dessa kriterier bör åtgärder övervägas, se figur 3 nedan.



Figur 3. Kriterium för samhällsrisk 'Säkerhetsstudie Stenungsund' (AJ Risk Engineering AB, 2015).

3 Förutsättningar

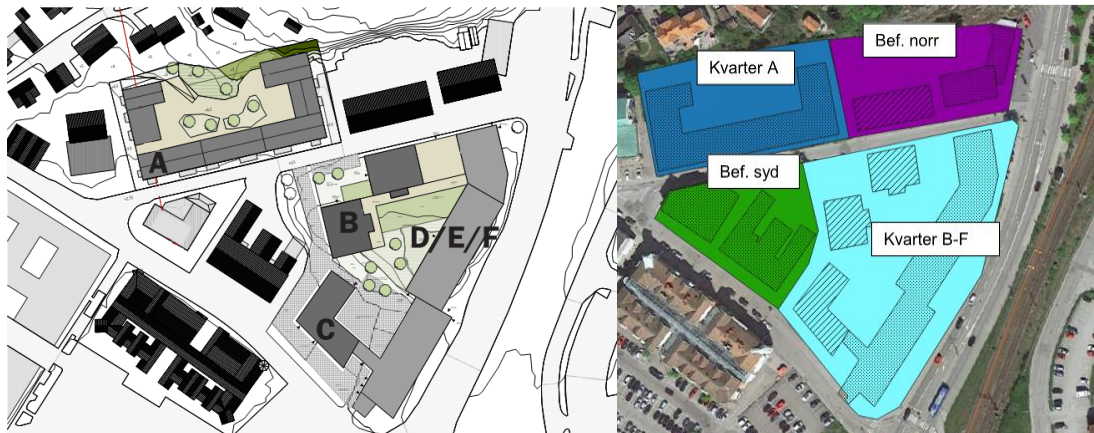
3.1 Planområdet

Riksbyggen arbetar med att utveckla ett område intill CW Borgs väg i Stenungsund. Området är beläget i Stenungsund tätort strax väster om Stenungstorg. Området är i dagsläget bebyggt i mindre omfattning och bebyggelsen utgörs i huvudsak av handel, verksamheter och ytparkering. Den östra delen av området utgörs av ett obebyggt bergsparti, i övrigt är planområdet relativt plant, se figur 4 nedan.



Figur 4. Studerat område (röd markering) intill väg 770 och Bohusbanan.

Syftet är att utveckla området med centrumbebyggelse genom att möjliggöra nya bostäder, kontorsytor, publika verksamheter och parkering, se figur 5 nedan.



Figur 5. Utformningsförslag av planerad bebyggelse (t.v.) samt områdesindelning som använts i riskanalysen (t.h.).

COWI har erhållit följande värden för planerad bebyggelse inom området, se tabell 1.

Tabell 1. Planerad bebyggelse inom området (fall 1).

	Kvarter A	Kvarter B	Kvarter C	Kvarter D-F
Bostäder	Ca 60 lägenheter	Ca 60 lägenheter	30 lägenheter	-
Lokaler	Ca 100 m ²	Ca 100 m ²	100 m ²	-
Kontor	-	-	-	Ca 5000 m ²
Parkering	p-tal 1,0	p-tal 0,5	p-tal 1,0	Ca 2600 m ²

I denna riskanalys har två stycken fall studerats:

- > I **fall 1** har förutsättningarna baserats på figurer och tabellen ovan.
- > I **fall 2** har befintliga bebyggelse inom det grönmarkerade området benämnt 'Bef. syd' i figur 5 ovan ersatts av ett höghus i 6 våningar med plats för ca 150 boende och verksamhetsyta i bottenplan.

Området angränsar till Bohusbanan där transporter med farligt gods förekommer. Som närmast ligger området ca 30 meter från Bohusbanan. Mellan studerat planområde och Bohusbanan löper Göteborgsvägen, väg 770, vilket inte är en utpekad transportled för farligt godsled. Med anledning av detta har väg 770 ej beaktats i denna riskutredning då endast enstaka mindre transporter av farligt gods kan förväntas passera förbi området och att dessa utgör ett försumbart riskbidrag jämfört med Bohusbanan. I figur 6 nedan redovisas planerad respektive befintlig bebyggelses avstånd från Bohusbanan baserat på

olika avståndsintervall. Denna indelning har legat till grund för beräkningar av personintensitet och konsekvensberäkningar. Avstånden har baserats på närmsta spår, vilket innebär att riskutredningen gjort ett konservativt antagande om att allt farligt gods transporterats på spåret närmast planerad bebyggelse.



Figur 6. Illustration över olika avståndsintervall mellan Bohusbanan och planerad och befintlig bebyggelse

Inom Stenungsund pågår planer för ett nytt resecentrum vilket skulle innebära att dagens stationsområde skulle flyttas söderut och hamna strax söder om studerat planområde, se figur 7 nedan.



Figur 7. Illustrationskarta över planförslaget för nytt resecentrum (Stenungsund, 2020). Gränsen till studerat planområde anges i rött i figuren ovan.

Enligt de uppgifter som COWI erhållit från Stenungsunds kommun så finns i dagsläget inga planer på att spårläget kommer att förändras i samband med etableringen av det nya resecentrumet eller att nya växlar skulle tillkomma.

I framtiden kan eventuellt en dubbelspårsutbyggnad vid det nya stationsområdet komma att bli aktuellt. Enligt den information som COWI kunnat erhålla så skulle det nya spåret i så fall bli aktuellt öster om befintligt spår (Trafikverket, 2016). Detta innebär att det minsta avståndet mellan studerat planområde och Bohusbanan skulle vara oförändrat även vid en framtida dubbelspårsutbyggnad.

En eventuell dubbelspårsutbyggnad skulle även medföra nya växlar i studerat planområdes närområde. Detta skulle i sin tur kunna leda till en något högre urspårningsfrekvens. Det värde COWI använder avseende initierande risk för urspårning bedöms vara något konservativt jämfört med andra källor, se bilaga A. Ökat antal växlar förbi studerat område skulle kunna leda till något högre risknivåer, men bedöms inte påverka slutsatserna i rapporten.

3.2 Närliggande befintlig bebyggelse och verksamheter

Närliggande befintlig bebyggelse utgörs huvudsakligen av handel och övriga publika verksamheter, bostäder samt ytparkering och vägytor.

Befintlig bebyggelse inom studerat område har utgjorts av områdena 'Bef. syd' och 'Bef. norr', villabebyggelse samt delar av fastigheterna söder om Strandvägen. Samtlig befintlig bebyggelse som ryms inom det rödmarkerade området i figur 6 har beaktats vid beräkning av personintensiteten som sedan legat till grund för beräkningar av risknivåer. Nedan beskrivs den befintliga bebyggelse som beaktats mer ingående:

'Bef. norr'

Området utgörs av handel, kontor och lägenheter. Enligt en tidigare inventering som COWI erhållit från Stenungsunds kommun så har personintensiteten dagtid skattats till 24 personer inomhus och 2 personer utomhus och nattetid har personintensiteten skattats till 30 personer inomhus och 0 personer utomhus. COWI bedömer att denna skattning av personintensitet är rimlig.

'Bef. syd'

Området utgörs av handel och lägenheter. Enligt en tidigare inventering som COWI erhållit från Stenungsunds kommun så har personintensiteten dagtid skattats till 28 personer inomhus och 2 personer utomhus och nattetid har personintensiteten skattats till 30 personer inomhus och 0 personer utomhus. COWI bedömer att denna skattning av personintensitet är rimlig.

Villabebyggelse

Inom studerat område uppskattas antalet befintliga villor till 5 stycken.

Fastigheter söder om Strandvägen

Fastigheten närmast Bohusbanan utgörs av handel i bottenplan samt två våningar med bostadsbebyggelse. Den totala ytan i bottenplan som inryms inom studerat område uppskattas till ca 1000 m² och det totala antalet lägenheter har uppskattats vara 7 stycken per våningsplan. Notera att samtlig yta i bottenplan ej nyttjas till bostäder för våningarna över då delar utgörs av glasgård, trapphus etc. Den bakomvarande fastigheten utgörs av handel i bottenplan och kontorsbebyggelse på plan två. Den totala ytan som ryms inom studerat område har uppskattats vara ca 700 m² per plan.

De antaganden som använts vid beräkning av personintensitet presenteras i bilaga E.

Ingen närliggande verksamhet bedöms påverka riskbilden för det studerade området.

3.3 Personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms utifrån de beskrivningar och figurer som presenteras i Kapitel 3. Uppskattning av personintensitet har gjorts medvetet konservativ för att inte låsa exploitören i sitt utförande samt för att ta höjd för osäkerheter i beräkningar och antaganden.

De antaganden som gjorts avseende personintensitet för olika verksamhetstyper presenteras och motiveras i bilaga E.

I Tabell 2 redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån Bohusbanan för **fall 1**.

Tabell 2. Antagen personintensitet för fall 1 för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat område längsmed Bohusbanan.

Avstånd	Dagtid (10 h)		Natt (14 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	9	178	0	9
50-100	13	86	12	244
100-150	6	43	5	125
150-200	3	15	3	63

I Tabell 3 redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd ifrån Bohusbanan för **fall 2**.

Tabell 3. Antagen personintensitet för fall 2 för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat område längsmed Bohusbanan.

Avstånd	Dagtid (10 h)		Natt (14 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	9	178	0	9
50-100	19	89	14	254
100-150	11	70	11	209
150-200	4	19	4	74

Ovanstående värden bedöms vara konservativa och ligger till grund för beräkningarna avseende risknivån.

4 Trafik och transporter med farligt gods

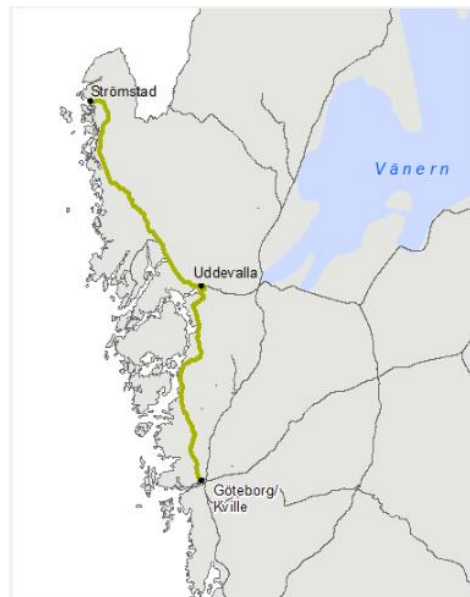
Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-³ och RID-klasser⁴ beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse 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 Massexplösiva 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 Bohusbanan

Bohusbanan löper mellan Göteborg och Strömstad, se figur 8 nedan. Sträckan Göteborg/Kville – Uddevalla är knappt 9 mil lång och enkelspårig med mötesspår på driftplatserna. Bohusbanan är elektrifierad i hela sin längd och är idag fjärrstyrd (Trafikverket, 2018).



Figur 8. Bohusbanans sträckning mellan Göteborg och Strömstad (Trafikverket, 2018).

³ ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

⁴ RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

4.1.1 Farligt gods på Bohusbanan

Bohusbanan trafikeras främst av persontåg men betydande transporter av farligt gods förekommer också främst på grund av transporterna mellan Göteborg och Stenungsundsfabrikerna.

Vid en tidigare riskutredning (COWI, 2011) har frågan kring framtida transporter av klor samt LNG transporter på Bohusbanan diskuterats. Frågan gällande transporter av LNG besvarades då med att den föreslagna LNG terminalen i Göteborg inte har planer på att använda Bohusbanan för transporter. Enligt ansökan sker deras transporter på fartyg och lastbil varför denna inte bedöms generera några transporter av farligt gods på järnvägen.

Enligt tidigare uppgifter från Räddningstjänsten i Stenungsund skulle transporter av klor på Bohusbanan eventuellt kunna bli aktuellt i framtiden ifall Inovyn (tidigare Ineos) inte byggde en ny kloranläggning i Stenungsund. Vid tidpunkten för denna riskutredning har Inovyn anlagt en egen kloranläggning varför det i denna riskutredning antas att det i framtiden inte kommer att gå några klortransporter härrörande från Inovyns verksamhet på järnvägen.

4.1.2 Generella antaganden

Vid uppskattning av transporterat farligt gods på Bohusbanan förbi studerat område görs följande antaganden:

- > 10 % av klass 1 varor antas utgöras av massexplösiva ämnen.
- > För järnväg antas samtliga transporter av klass 1 utgöras av större transporter med 16 ton.
- > För övriga godsklasser antas i beräkningarna att en genomsnittlig vagnslast är 25 ton med undantag från vagnslaster av brandfarliga gaser som antas vara 60 ton.

4.1.3 Uppgifter från Trafikverket

COWI har i samband med tidigare projekt längs med Bohusbanan varit i kontakt med Trafikverket och erhållit uppgifter om antal vagnar farligt gods på Bohusbanan fördelat på olika RID-klasser. Dessa uppgifter har baserats på uppgifter mellan 2013-2018. Då uppgifterna för 2018 inte varit fullständiga har COWI valt att inte inkludera dessa uppgifter. Följaktligen har underlaget baserats på uppgifter mellan 2013-2017, se bilaga C.

Uppskattade mängder transporterat farligt gods har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040. Vid uppräknigen antas antalet transporter med farligt gods öka i samma takt som antalet godstransporter på järnväg. Uppräkningen baseras på prognosvärden för år 2040 för godstransporter på järnväg från Trafikverket (2018) och innebär en ökning med 1,4 % per år. COWI bedömer antagandet som mycket konservativt. Då indata avseende farligt gods utgår ifrån statistik från 2013-2017 i den här

riskbedömningen innebär en ökning med 1,4%/år en total ökning på 32,2% från år 2017 till år 2040.

I tabell 4 presenteras uppskattat antal vagnar på Bohusbanan förbi studerat område år 2040 baserat på de generella antaganden som presenteras i kapitel 4.1.1. samt den indata för beräkningar som presenteras i bilaga C.

Tabell 4. Uppskattat antal transporter av farligt gods per RID-klass på Bohusbanan (vagnar/år) år. Värdena har räknats upp med totalt 32.2% för att gälla år 2040 (1,4%/år).

RID-klass	Uppskattat antal vagnar farligt gods/år på Bohusbanan intill planområdet år 2040
1.1 Massexplosiva ämnen - stora	0
2.1. Brandfarliga Gaser	7791
2.3 Giftiga gaser	477
3. Brandfarlig vätska klass 1	88
5. Oxiderande ämnen	2

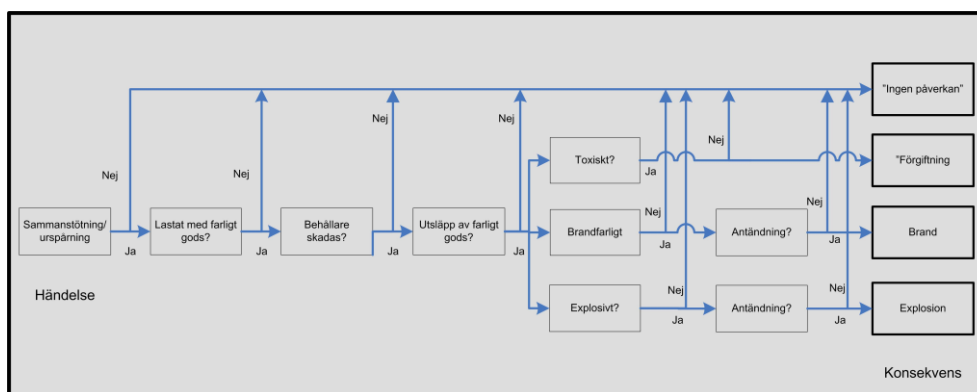
5 Faror vid olycka med farligt gods

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

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

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

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 9.



Figur 9. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 5 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID/ADR-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

Tabell 5. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods.

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

De typer av gods som förväntas transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är RID/ADR-klass:

- > 1 – Masseexplosiva ämnen (explosion)
- > 2.1 – Brännbara gaser (jetbrand, gasmolnsbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE)
- > 2.3 – Giftiga gaser (toxiska effekter)
- > 3 – Brännbara vätskor (brand/värmestrålning)
- > 5.1 – Oxiderande ämnen (explosion/brand)

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

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). En mer utförlig beskrivning av de olika konsekvenserna redovisas i Bilaga B.

6 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå. För beräknad risk redovisas först individrisken och därefter presenteras samhällsrisk.

6.1 Individrisk för studerat område

I tabell 6 och tabell 7 nedan redovisas individrisken med avseende på Bohusbanan, baserat på identifierade olyckshändelser, utan respektive med föreslagna riskreducerande åtgärder.

Gula siffror i tabellerna indikerar att risknivån ligger inom ALARP-området, dvs. 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.

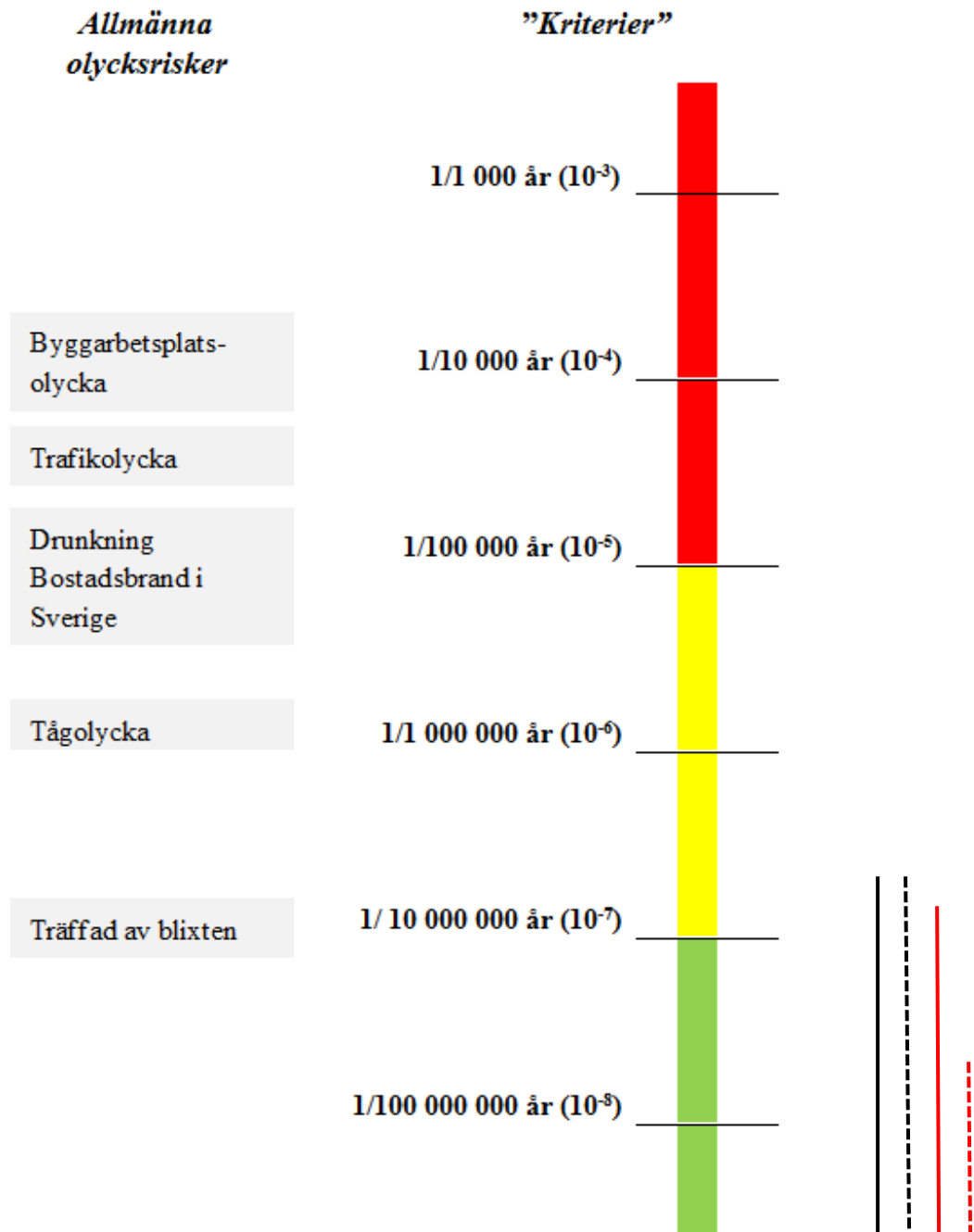
Tabell 6. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Bohusbanan, **utan** hänsyn till riskreducerande åtgärder. Avstånd är mätta från närmsta spår.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	3,02E-07	3,01E-07
25-50	1,84E-07	1,13E-07
50-100	9,15E-08	3,21E-08
100-150	1,60E-08	<1,0E-10
150-200	6,48E-09	<1,0E-10

Tabell 7. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på Bohusbanan, **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder. Avstånd är mätta från närmsta spår.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
	Ute	Inne
0-25	3,02E-07	2,02E-07
25-50	1,84E-07	1,96E-08
50-100	9,15E-08	9,92E-09
100-150	1,60E-08	<1,0E-10
150-200	6,48E-09	<1,0E-10

I figur 10 jämförs individrisken för platsen med andra risker som finns i samhället. Risknivån i figur 10 visar individrisken vid 25-50 m från närmsta spår på Bohusbanan då det minsta avstånd mellan planerad bebyggelse och Bohusbanan ligger inom detta intervall.

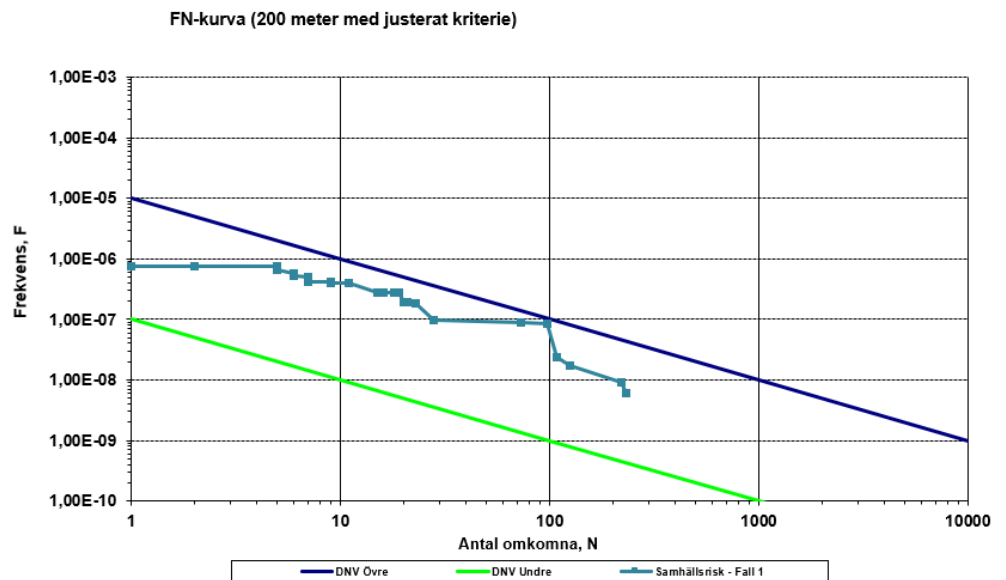


Figur 10. Individrisknivå för några andra risker samt DNV's individriskkriterier. Svart linje=Individrisk utomhus, röd linje=Individrisk inomhus. Helt dragen linje=Individrisk utan skyddsåtgärder, streckad linje=Individrisk med skyddsåtgärder. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och 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 studerat område

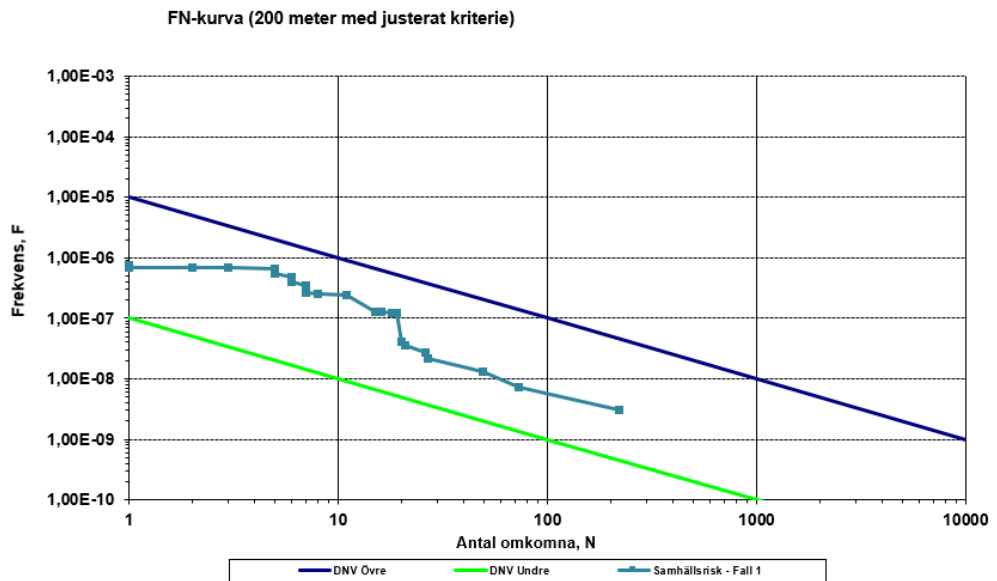
I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade området efter att planerad bebyggelse tillkommit. Samhällsrisk presenteras tillsammans med DNV's kriterier. Ursprungligen gäller DNV:s kriterier ett område på 1 km (båda sidor av järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 200 meter på en sida av järnvägen vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,1 (200 meter). Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

I figur 11 presenteras samhällsrisk för fall 1 för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området utan hänsyn till studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området.



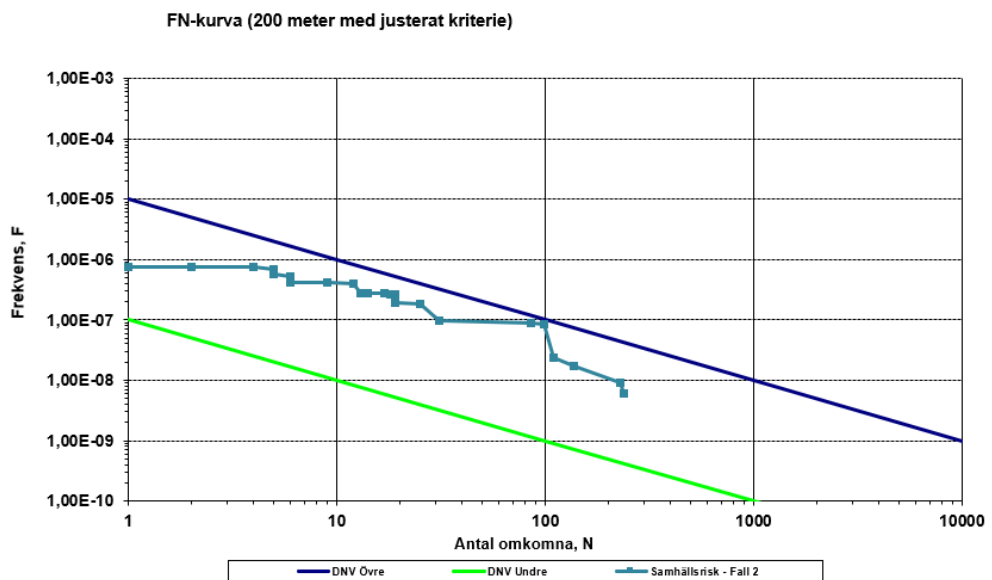
Figur 11. Samhällsrisk för fall 1 efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder.

I figur 12 presenteras samhällsrisk för fall 1 för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området när hänsyn tas till säkerhetshöjande åtgärder för ny bebyggelsen på området, se avsnitt 7.1.



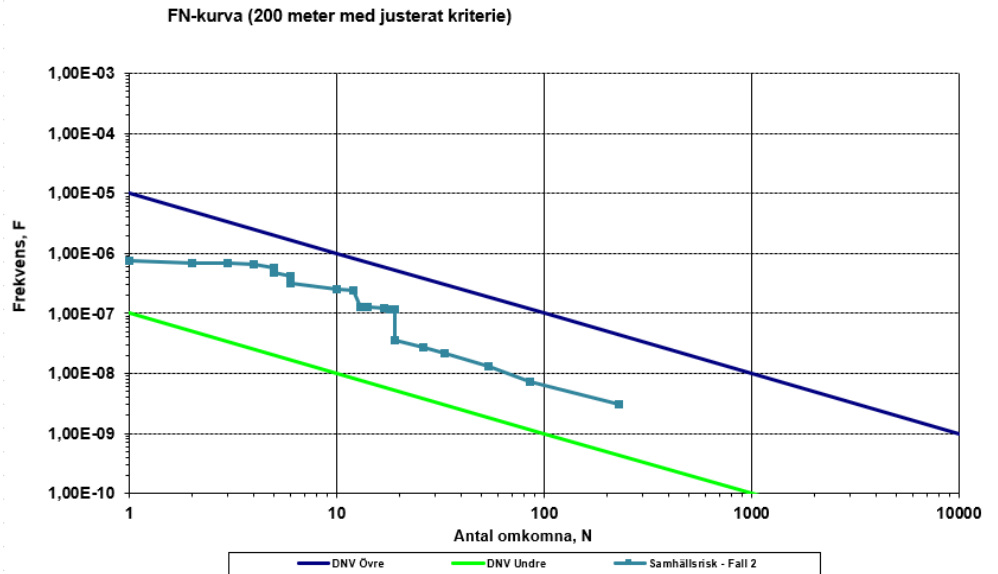
Figur 12. Samhällsrisken för fall 1 efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, med hänsyn till riskreducerande åtgärder för planerad bebyggelse.

I figur 13 presenteras samhällsrisken för fall 2 för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området utan hänsyn till studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området.



Figur 13. Samhällsrisken för fall 2 efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder.

I figur 14 presenteras samhällsrisken för fall 2 för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse på området när hänsyn tas till säkerhetshöjande åtgärder för ny bebyggelsen på området, se avsnitt 7.1.



Figur 14. Samhällsrisken för fall 2 efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, med hänsyn till riskreducerande åtgärder för planerad bebyggelse.

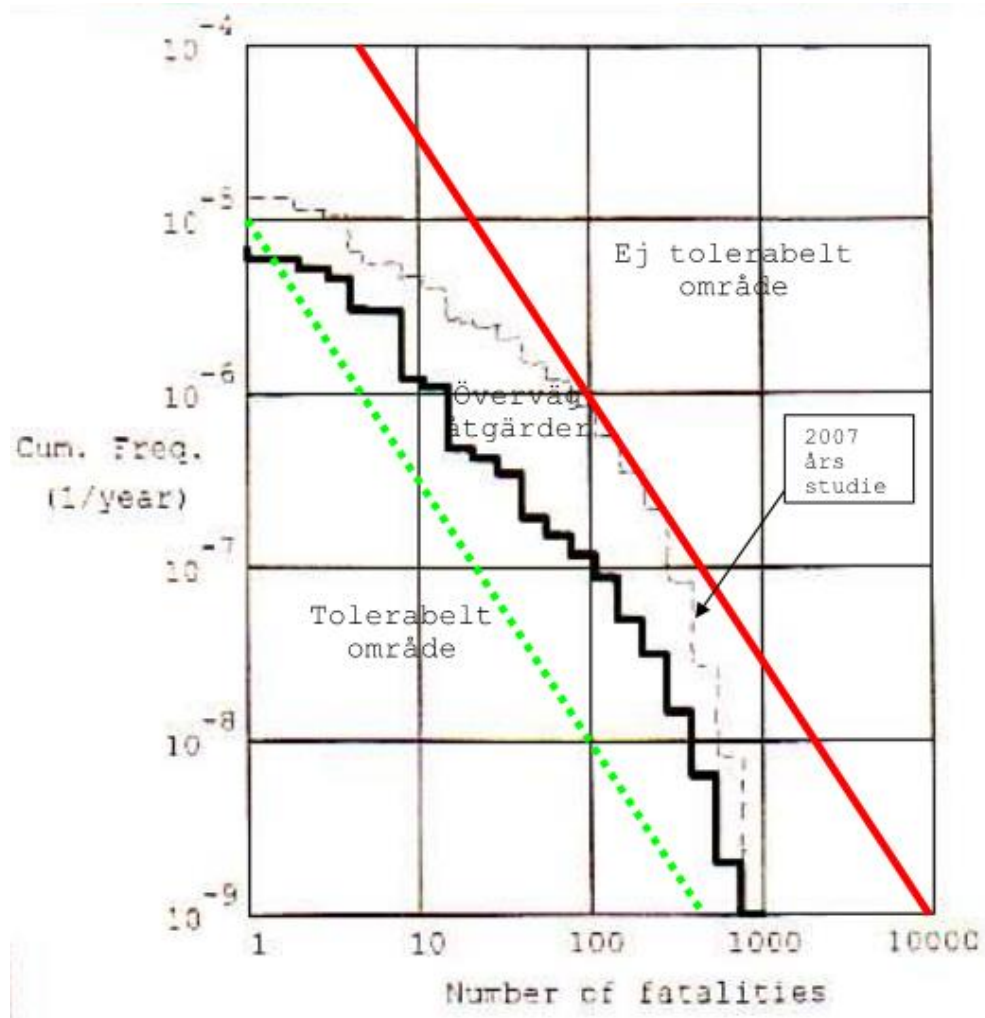
6.3 Säkerhetsstudie Stenungsund

I 'Säkerhetsstudie - Stenungsund' har den totala individrisken med avseende på Stenungsundsindustrin och transporter med farligt gods på väg, järnväg och sjö beräknats för Stenungsunds kommun och presenterats i form utav riskkonturer, se figur 15 nedan. Enligt säkerhetsstudien är individrisken vid studerat område i storleksordningen $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-8}$.



Figur 15. Riskkonturer för total individrisk enligt Säkerhetsstudie Stenungsund (AJ Risk Engineering AB, 2015). Studerat planområdes lokalisering anges med röd markering.

I 'Säkerhetsstudie - Stenungsund' har även den totala samhällsriskerna med avseende på Stenungsundsindustrin och transporter med farligt gods på väg, järnväg och sjö beräknats för Stenungsunds kommun och presenterats i form av en FN-kurva för samtliga studerade scenarion, se figur 16 nedan.



Figur 16. Den totala samhällsriskerna för Stenungsund för samtliga studerade scenarion (AJ Risk Engineering AB, 2015).

6.4 Diskussion kring resultat

6.4.1 Individrisk

Individriska minskar med ökat avstånd ifrån Bohusbanan. Jämfört med DNV's kriterier hamnar individriska både inomhus och utomhus 0-50 från Bohusbanan på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nytta synpunkt när riskreducerande åtgärder ej beaktas. På större avstånd än 50 meter hamnar individriska både inomhus och utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga när riskreducerande åtgärder ej beaktas.

När riskreducerande åtgärder beaktas minskar individrisken inomhus och hamnar på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga på större avstånd är 25 meter från Bohusleden.

Planerad bebyggelse ligger som närmast ca 30 meter från Bohusbanan vilket medför att individrisken inomhus hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads nytta synpunkt när riskreducerande åtgärder beaktas.

6.4.2 Samhällsrisk

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsrisken för både fall 1 och fall 2 över DNV's undre kriterie och tangerar DNV's övre kriterie. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder minskar samhällsrisken för både fall 1 och fall 2 och hamnar över DNV's undre kriterie men under DNV's övre kriterie, dvs inom ALARP-området där rimliga säkerhetshöjande åtgärder ska värderas ur kostnads-nytta synpunkt.

Skillnaden med avseende på samhällsrisk blir marginell för de två studerade fallen vilket till stor del beror på att den bebyggelse som skiljer de två fallen åt är placerad på ett så pass stort avstånd från Bohusbanan att dess riskbidrag blir relativt litet.

6.4.3 Säkerhetsstudie Stenungsund

Nedan beskrivs hur risknivåerna med avseende på individ- och samhällsrisk påverkas när riskbidrag och acceptanskriterier från '*Säkerhetsstudie - Stenungsund*' beaktas i kombination med framräknade individ- och samhällsrisiker avseende farligt gods på Bohusbanan.

Individerisk

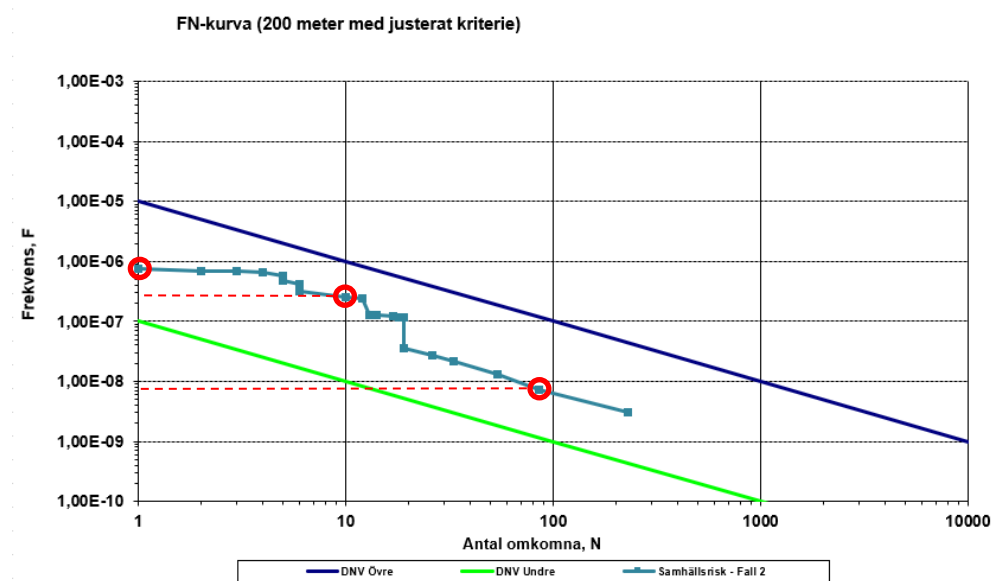
Enligt säkerhetsstudien är individrisken vid studerat område i storleksordningen $1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-8}$. Om det konservativt skulle antas att individrisken är $1 \cdot 10^{-7}$, skulle detta medföra att individrisken inom hela området 0-200 meter från Bohusbanan skulle öka och hamna i storleksordningen $4 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-7}$ när individriskerna från säkerhetsstudien och beräkningarna i denna rapport, se kapitel 6.2. Detta skulle innebära att hela området hamnar inom ALARP-området där rimliga säkerhetshöjande åtgärder ska värderas ur kostnads-nytta synpunkt enligt DNV's kriterier. Det ska dock noteras att majoriteten av detta riskbidrag härrör till Stenungsundsindustrin varför ytterligare åtgärder med avseende på farligt gods på Bohusbanan ej hade reducerat risknivåerna ytterligare. Jämfört med kriterierna i '*Säkerhetsstudie Stenungsund*' skulle den sammanlagda individrisken hamna mellan gränsen för tolerabel nyetablering och gränsen där riskerna kan ses som försumbara.

Samhällsrisk

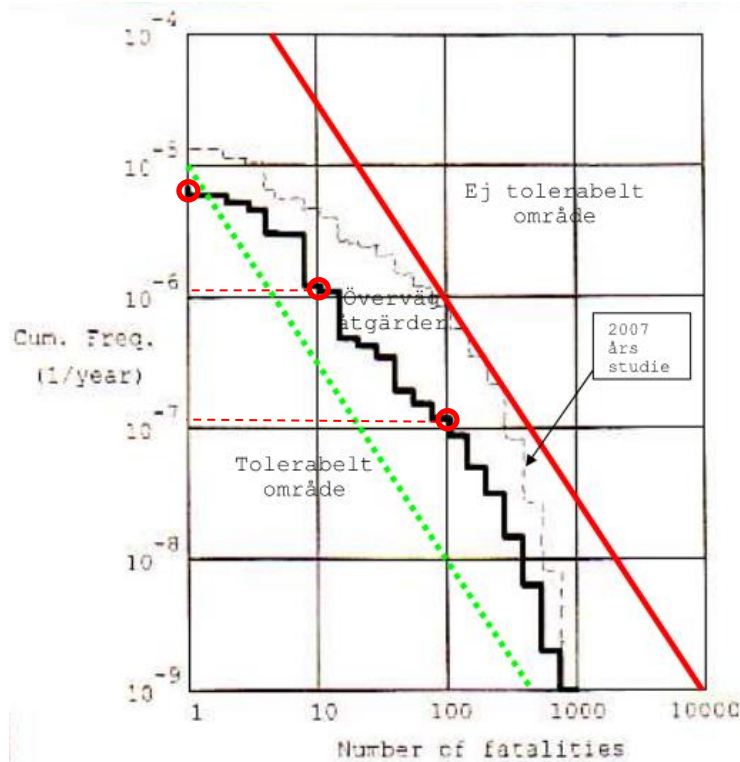
När man studerar samhällsrisken från beräkningarna i denna rapport, se kapitel 6.3, i relation till den totala samhällsrisken med avseende på Stenungsundsindustrin och transporter med farligt gods på väg, järnväg och sjö

från 'Säkerhetsstudie Stenungsund' framgår att beräknade farligt godsolyckor har en avsevärt lägre frekvens när man studerar en olycka med ett specifikt antal omkomna. I figur 17 och 18 nedan studeras frekvensen för olyckor med 1, 10 respektive ungefär 100 omkomna för denna riskutredning respektive säkerhetsstudien. Frekvensen för olyckorna i denna riskutredning är lägre med nästan en faktor 10 för samtliga tre fall. Notera att acceptanskriterierna skiljer sig åt då de i figur 17 kommer från DNV och i figur 18 från 'Säkerhetsstudie Stenungsund'.

Detta innebär att om samhällsrisksbidraget med avseende på farligt gods för studerat planområde skulle adderas till den totala samhällsrisken för Stenungsund från 'Säkerhetsstudie Stenungsund' skulle frekvensen öka med ca 10%. Vidare skulle troligtvis även skalan förskjutas något åt höger avseende antal omkomna då bebyggelsen troligtvis skulle medföra fler boende i Stenungsund. Givet att skalorna är logaritmiska skulle dessa förändringar innebära en mycket begränsad ökning i FN-kurvan och därmed inte leda till någon förändrad bedömning gentemot de kriterier som ansatts för samhällsrisk i säkerhetsstudien.



Figur 17. Samhällsrisken för fall 2 efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, med hänsyn till riskreducerande åtgärder för planerad bebyggelse. Olycka som resulterar i 1, 10 och 100 personer markerats (notera att för olycka med 100 personer har närmsta olycksscenario valts).



Figur 18. Den totala samhällsrisk för Stenungsund för samtliga studerade scenarion där olycka som resulterar i 1, 10 och 100 personer markerats (AJ Risk Engineering AB, 2015).

6.5 Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta

COWIs genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder utgår framförallt ifrån den skrift som Räddningsverket (idag MSB) gavs ut år 2006, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. I detta kapitel presenteras en genomgång av de åtgärder som COWI övervägt i samband med denna riskutredning.

Identifieringen av säkerhetshöjande åtgärder i Räddningsverkets (2006) skrift har utgått från identifierade skadehändelser. Skadehändelserna som identifierats är de konsekvenser som fordonsolyckor, översvämning, explosioner, ras, väderfenomen, spridning i luft/mark/vatten, fall (till lägre plan) och bränder orsakar. Skadehändelserna omfattar därför fler skadehändelser än de som kan uppstå till följd av en olycka med farligt gods. I tabell 8 presenteras den tabell som återfinns i Räddningsverkets (2006) skrift) över säkerhetshöjande åtgärder. Tabell 8 ska läsas så att man går in vid en viss riskkälla, t.ex. avåkning av vägfordon för att hitta de identifierade åtgärder som eventuellt kan vara lämpliga för att öka säkerheten. Följande åtgärder har i den här riskutredningen värderats ur kostnad-nytta synpunkt:

- 1 Dike
- 2 Vall
- 3 Mur/plank
- 4 Skyddsavstånd

- 5 Disposition av planområde
- 6 Disposition av byggnad
- 7 Placering av friskluftsintag
- 8 Förstärkning av stomme/fasad
- 9 Begränsning av fönsterarea (t.ex. max 15 %, även "inga fönster")
- 10 Ej öppningsbara fönster
- 11 Brandskyddad fasad

Respektive åtgärd som listats ovan beskrivs mer utförligt i bilaga F, *Möjliga säkerhetshöjande åtgärder*. Notera att beskrivningarna till stor del är direkt tagna ut Räddningsverkets skrift, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. Notera även att de åtgärder som rekommenderas i den här riskutredningen presenteras i kapitel 7.1 samt att de åtgärder som kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga A, avsnitt A.6.

Tabell 5. Kategorisering av skadehändelser och riskreducerande åtgärder. (Räddningsverket, 2006)

Kategori (skadehändelse)	Delkategori (skydd mot)	A-1	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	D-1	D-2	D-3	
		Markbeläggning porös	Markbeläggning tät	Bassäng/invallning	Dike	Erosionsskydd	Stödfyllning	Avschaktning	Avlastning/begränsad ytlast	Skyddsavstånd	Vegetation träd	Vegetation buskar	Vall	Tråg	Mur - plank	Stängsel	Konstgjort grund	Disp. av planområde	Disp. inne i byggnad	Plac. av friskluftsintag	EJ Källare	Plushöjd	Nedgrävning av riskkälla	Byggnadshöjd	Forstärkning av stomme	Begr. av fönsterarea	EJ öppningsbara fönster	Brandskyddad fasad	
Ras	Jord					X	X	X	X	X			X					X											
	Berg						X	X		X			X					X							X				
Skred	Skred					X	X	X	X	X								X											
Erosion	Stranderosion					X												X											
Fall (till lägre plan)	Stup									X					X	X													
	Kajkant									X					X	X													
	Damm, vattendrag		X							X					X	X													
	Föremål (nedfallande)									X																		X	
Översvämning	Långsam stigning			X						X			X	X	X			X			X	X							
	Flodvåg/störtflod/dammbrott									X			X	X				X			X	X							
	Kraftig nederbörd	X	-	X	X								X	X	X			X			X	X							
Väderfenomen	Vindpåverkan										X		X	X															
Bränder	Pölbrand (flyter ut/iväg)	X	-	X	X					X	X		X	X	X			X											X
-Strålning	Vegetationsbrand		X							X	X				X														X
-Konvektion	Byggnadsbrand									X	X		X		X			X	X										X
-Ledning	Jetflamma									X			X	X	X			X	X					X					X
Explosioner	Tryckvåg			X						X	X		X	X	X			X					X						
	Splitter			X						X	X		X	X	X			X					X		X	X			
	Konstruktionsdelar/föremål									X	X		X	X	X			X					X		X	X			
Spridning i luft	Giftiga gaser									X	X	X	X	X	X			X		X							X	X	
	Brännbara gaser									X	X	X	X	X	X			X		X							X	X	
	Brandgaser (rök)									X	X	X	X	X	X			X		X							X	X	
	Damm, aerosoler									X	X	X	X	X	X			X		X							X	X	
Spridning i mark/vatten	Kemikalieutsläpp, släckvatten	-	X	X	X					X			X	X	X														
Fordonsolyckor	Påsegling, fartyg									X							X												
	Urspårning, tåg									X			X	X	X			X	X						X				
	Avakning, vägfordon									X			X	X	X			X	X						X				
	Kollision, flygplan									X														X					
Bygglovplikt eller möjlighet till utökad lovplikt, se resp. åtg.								(X)		(X)		(X)	(X)	X				(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Regleras eller kan regleras av annan lagstiftning		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X			(X)	(X)	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)

Förklaringar till tabell 1

- X Betyder att åtgärden har identifierats som möjlig säkerhetshöjande åtgärd.
- (X) Betyder att detta gäller under vissa förutsättningar, se vidare i beskrivningen för åtgärden
- Betyder att åtgärden kan innebära förstärkta negativa konsekvenser eller ökad risk

6.6 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

Riskanalyser 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 konservativa framförallt till följd av den uppräkningsmetod med 1,4%/år som gjorts, se resonemang i kapitel 4.1.3. Det bedöms att beräkningarna 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 en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga D.

7 Diskussion, rekommendationer och skyddsåtgärder

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

Enligt flera riktlinjer i Sverige anges att området inom 30 meter från farligt godsleder skall utgöras av ett bebyggelsefritt område. Syftet med ett bebyggelsefritt område (0-30 meter) 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.

Avståndet utgör dessutom en reduktion av buller och möjliggör för eventuella kompletteringar av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation. Som närmast planeras ny bebyggelse ca 30 meter från Bohusbanan vilket medför att ett bebyggelsefritt område 0-30 meter från Bohusbanan uppfylls.

I den riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006) som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län gemensamt har tagit fram framgår hur olika verksamheter bör placeras i relation till farligt godsled. Skalan anger inga avstånd utan endast en principiell zon-indelning, se figur 1. Enligt dessa riktlinjer ska kontor placeras i zon B. Bostäder, handel och centrum ska placeras i zon C. Detaljplanen bedöms följa dessa riktlinjer då ny bebyggelse som närmast planeras ca 30 meter från Bohusbanan samt att mindre känslig verksamhet (kontor) placeras framför övrig bebyggelse.

Inom 25-50 från Bohusbanan, vilket är det minsta avstånd som bebyggelse planeras inom, hamnar individrisken på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nyttas synpunkt. När föreslagna skyddsåtgärder beaktas minskar individrisken inomhus och hamnar på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga när riskreducerande åtgärder ej beaktas. På större avstånd än 50 meter hamnar individrisken både inomhus och utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga när riskreducerande åtgärder ej beaktas. När både individrisken med avseende på farligt gods på Bohusbanan och individrisken från 'Säkerhetsstudie Stenungssund' beaktas hamnar den sammanlagda individrisken mellan gränsen för tolerabel nyetablering och

gränsen där riskerna kan ses som försumbara enligt de kriterier som föreslås i säkerhetsstudien.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsriskerna för både fall 1 och fall 2 över DNV's undre kriterie och tangerar DNV's övre kriterie. När hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder minskar samhällsriskerna för både fall 1 och fall 2 och hamnar över DNV's undre kriterie men under DNV's övre kriterie, dvs inom ALARP-området där rimliga säkerhetshöjande åtgärder ska värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Samhällsriskbidraget från studerad detaljplan leder till en marginell höjning av den totala samhällsrisk som beräknats i 'Säkerhetsstudie Stenungsund' och medför ingen förändring gentemot kriterierna som föreslås i säkerhetsstudien då den totala samhällsriskerna fortsatt hamnar inom området där åtgärder bör övervägas.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering för både fall 1 och fall 2 med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av Bohusbanan möjlig förutsatt att föreslagna skyddsåtgärder/skyddsavstånd beaktas vid ny bebyggelse. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning som presenteras under kapitel 3.

I samtal med kommunen lyftes möjligheten att framförvarande kontorsbyggnad (kvarter B-F i figur 5) eventuellt kan komma att uppföras i ett senare skede än övrig bebyggelse inom planområdet. COWI bedömer att inga ytterligare skyddsåtgärder än vad som föreslås i avsnitt 7.1 är nödvändiga även i händelse av byggnader D-F uppförs i ett senare skede. Detta beror dels på att det är de personer som vistas närmast godsleden i byggnader D-F som bidrar mest till risknivån, dels då kontorsbebyggelsen inom kvarter B-F står för en stor del av den uppskattade personintensiteten. Med anledning av detta bedöms inga tillfälliga skyddsåtgärder vara nödvändig för övrig bebyggelse i händelse av att byggnader D-F uppförs i ett senare skede.

7.1 Rekommendationer och skyddsåtgärder

De skyddsåtgärder som föreslås syftar till att:

- > Reducera/motverka möjliga olyckslaster i form av strålningseffekter.
- > Begränsa antalet människor som kan bli utsatta för en viss olyckseffekt.
- > Säkerställa möjligheter till insats i händelse av olycka.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar föreslås följande skyddsåtgärder för planerad bebyggelse för både fall 1 och fall 2 med avseende på närhet till Bohusbanan:

- > Ett bebyggelsefritt område skall bevaras inom 0-30 meter från Bohusbanan. Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det bebyggelsefria området kan användas för ytparkering, lokalväg eller GC-bana.

- > Barriär/skydd mellan studerat område och Bohusbanan skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nedkant. Befintligt område mellan Bohusbanan och väg 770 bedöms uppfylla denna funktion.
- > Inom 50 meter från Bohusbanan skall utrymning bort från Bohusbanan vara möjlig.
- > Fasadkrav för ny bebyggelse (som vetter mot Bohusbanan inom 0-50 meter från Bohusbanan): Alla fasader inklusive tak skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster ska vara EI30-klassade.
- > Ventilationsintag skall placeras högt och vetta bort från Bohusbanan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 50 meter från Bohusbanan.
- > Ny bebyggelse inom 0-50 meter från Bohusbanan skall utformas så att den kan motstå en gasmolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det spår som ligger närmast byggnaden. Detta krav syftar till att byggnaden ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras.
- > Fönster/glaspartier i fasaden för första radens bebyggelse inom 50 meter från Bohusbanan som vetter mot Bohusbanan skall ej vara öppningsbara. Vidare ska fönster/glaspartier i fasad för första radens bebyggelse inom 50 meter från Bohusbanan som vetter mot Bohusbanan förstärkas så att större splitterskador motverkas vid en explosion. Exempel på en åtgärd som bedöms uppfylla detta krav är att förse fönster/glaspartier med plastfilm.

Inga ytterligare skyddsåtgärder anses erforderliga för varken fall 1 eller fall 2 för planerad bebyggelse vid studerat område intill C W Borgs väg.

Ovanstående bedömning gäller den användning och omfattning som presenteras i kapitel 3 och risknivån kan påverkas om omfattningen ändras.

8 Referenser

AJ Risk Engineering AB (2015), *Säkerhetsstudie – Stenungsund: En kvantitativ analys av riskerna för Stenungsunds samhälle från hantering av kemikalier vid industrianläggningarna och i samband med järnvägs-, väg- och sjötransporter*, 2015-01-25

Arbetsmiljöverket (2006), Arbetsmiljöverkets PM *Hur trångt får det vara?*, URL: <http://docplayer.se/65678-Hur-trangt-far-det-vara.html>, Hämtad 2018-06-18

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

COWI (2011), *Riskutredning för detaljplan – Lillhagsparken*

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

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.

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

Ineos (2011), *Muntliga uppgifter om Ineos planer avseende klorfabrik, samtal med Lars Josefsson*

Länsstyrelsen Hallands län (2014), *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län*

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)

Räddningsverket (2006), *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*

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

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

Stenungsund (2007), *Säkerhetsstudie för Stenungsund- Järnvägstransporter 2004 och 2007*

Stenungsund (2020), *Detaljplan för Stenung 3:57 m.fl. – Stenungsunds resecentrum*, Samrådshandling 2020-08-14

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

Trafikverket (2016), *Stenungsund RC, statlig medf., R-O40*, Objektnummer: 2016/59617, R-O40

Trafikverket (2018), *Reviderade prognoser för person- och godstransporter 2040*, ISBN: 978-91-7725-376-1, 2018-1115

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

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

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

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

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

Frekvens för vägolycka med farligt gods

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

Olycksfrekvens som används för grundberäkningar kommer ifrån en bedömning av material som inrapporterats till MSB. Det finns olika uppgifter om antalet inrapporterade olyckor till MSB och sammanställningar visar på allt från 13 olyckor per år till upp mot 80 inrapporterade händelser per år där farligt 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, 2011). Ansatt värde används även i *Risikanalys av farligt gods i Hallands län* (2014) som är granskad av såväl Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Hallands län samt publicerad av Länsstyrelsen i Hallands län.

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 transportererna 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 sammanstötningensfrekvenser 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 vägolycka/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.

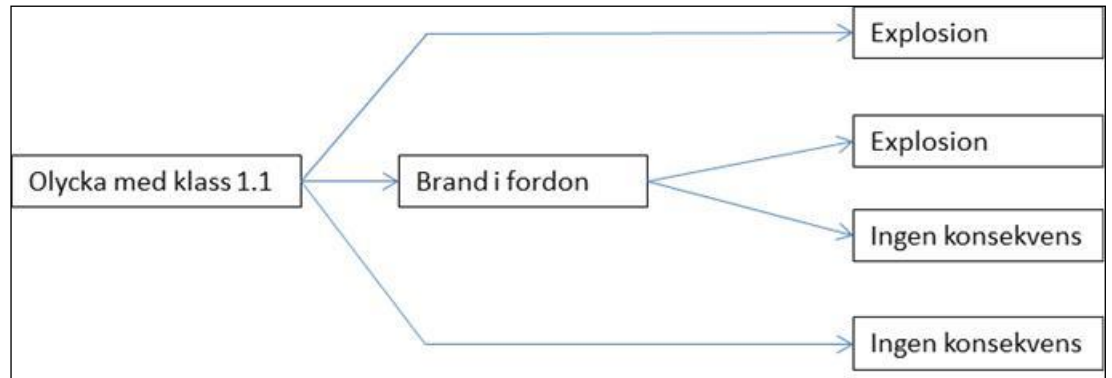
Vid beräkning av samhällsrisik reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplodivt ämne

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

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

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



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen

Vägolycka

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

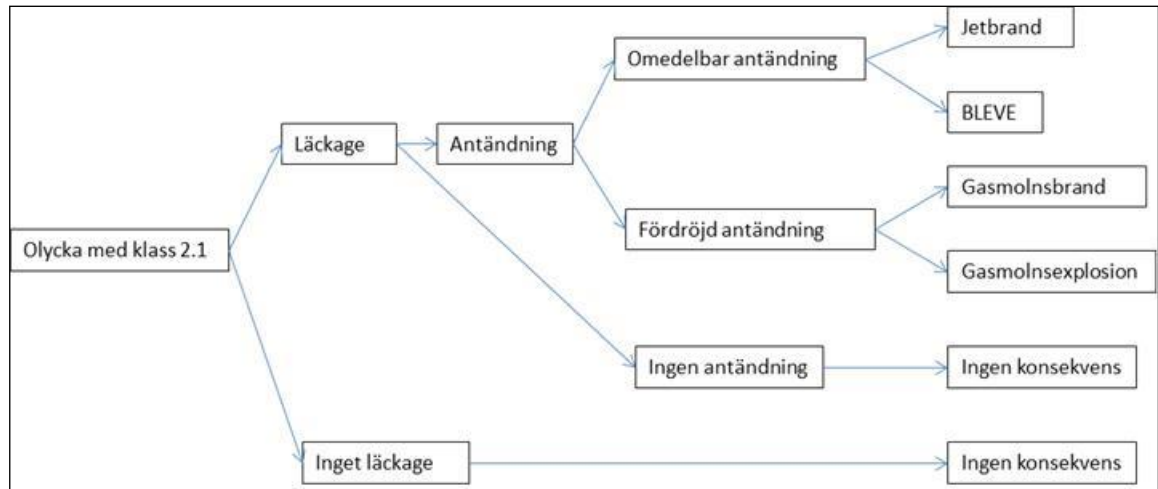
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplosivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexplosion 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 (Boiling Liquid Expanding 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. COWI bedömer att valt scenario är ett representativt scenario. Risk för fullständigt haveri hanteras genom att en andel av scenarierna antas kunna utvecklas till BLEVE. Metoden har använts i ett flertal tidigare analyser i Göteborg och andra kommuner utan att ha ifrågasatts.

Vägoolycka

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. Enligt SRV (1996) gäller följande:

"För transporter skyltade med farligt gods och där det farliga ämnet transporteras under tryck i tank har sannolikheten för farligt godsolycka antagits vara 30 ggr lägre, på grund av de krav som gäller för dessa tankar när det gäller tjocklek m.m., jämfört med vanliga bensintankar. Detta antagande bygger på erfarenhet från utländska studier."

För trycksatta tankar reduceras därför värdet med en faktor 30. Med ett genomsnittligt index av 0,3 och en reduktion 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

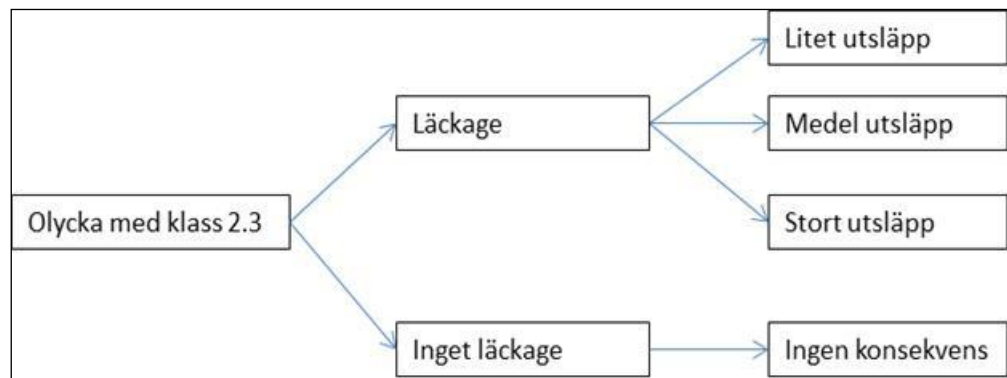
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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.

Vägolycka

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

$$4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.3 \cdot (1/30) \cdot N_{\text{klass 2,3}} \cdot 0,5$$

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

Järnvägsolycka

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

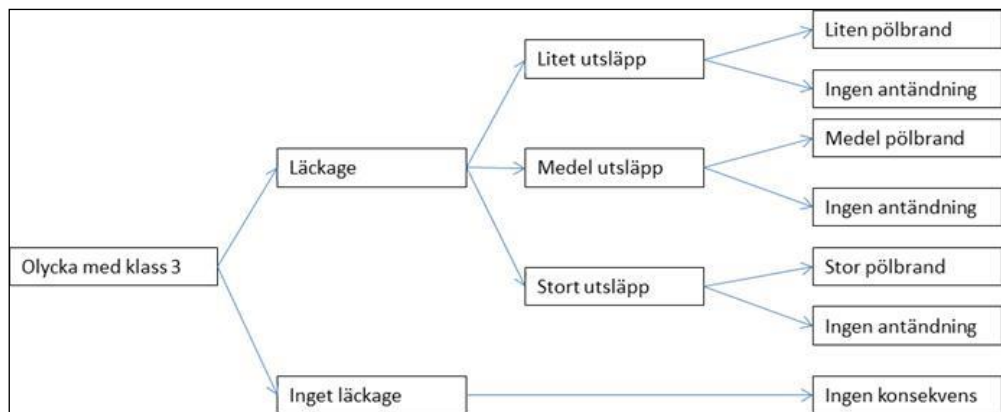
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

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



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

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

Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

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

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

Vägolycka

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

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

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

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

Järnvägsolycka

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

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

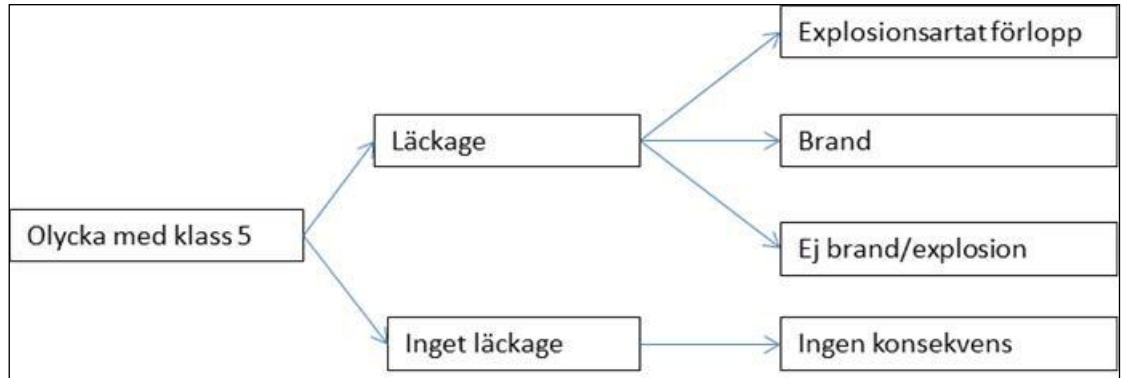
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.2 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0.1 \cdot 0.05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

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.

Vägolycka

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

Inga riskreducerande faktorer har använts vid beräkning av individ- och samhällsrisk.

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 Bohusbanan.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (liten)	0,00E+00
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	2,75E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	5,80E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	1,45E-07
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	7,25E-09
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	4,29E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	4,29E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	5,32E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,66E-09
Olycka med klass 5 – Explosion	4,00E-12

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. Vid val av scenarion att studera har scenarion valts utifrån principen att de ska vara rimliga att studera, detta innebär att de inte nödvändigtvis är "worst case"-scenarion. Det bör noteras att en modell som baseras på "worst case"-scenarion skulle kunna resultera i en lägre risknivå då sannolikheten för "worst case"-scenarion ofta är mycket låg även om konsekvensen är värre och risken är en funktion av både konsekvens och sannolikhet.

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 BLEVE	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 raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några

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
		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. Respektive scenario har valts att studeras med utgångspunkt i att det ska vara ett rimligt, representativt scenario som tillsammans med övriga scenarion ger en robust analys. COWI är medveten om att de olycksscenario som studerats inte är "worst case"-scenarion vilket enligt COWIs bedömning vore extremt konservativt att utgå från. Notera även att värden i tabell B.2 bygger på värden som presenteras i övriga tabeller och figurer i Bilaga B men att de inte alltid är direkt överensstämmande. Anledningen till detta är främst att det gjorts en kvalitativ bedömning av det totala antalet omkomna inom respektive avståndsintervall från olyckspunkten i förhållande till respektive dimensionerande scenario. Värdena i tabell B.2 bedöms vara i linje med övriga uppgifter i bilaga B.

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.

Antaganden avseende personintensitet inomhus och utomhus i den här riskbedömningen presenteras i bilaga E och bygger på det planförslag som presenteras i kapitel 3 tillsammans med de illustrationer som återfinns i bilaga F.

Tabell B.2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndintervall från en eventuell olycka på väg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

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 (16 ton)	1/0,25	1/0,1	1/0,05	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
	Gasmolns- explosion	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

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 massexplсивt ämne (klass 1.1)

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

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.

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, 1972) 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 massexplodivt ämne

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

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

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

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

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

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

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

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i tabell B.6 och 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	
	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 avståndintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
	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 massexplodivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

Tabell B.8. Andel omkomna vid olycka med massexplodivt 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:

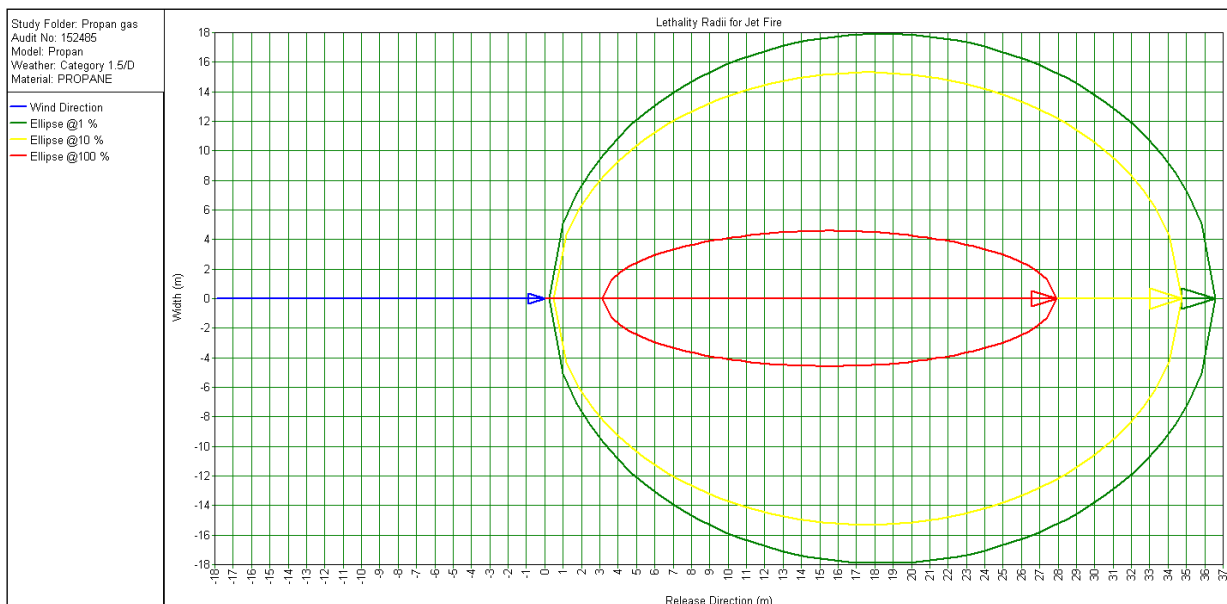
- > Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- > Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expansion Vapour Explosion).
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. 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 B.1 visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter. COWI bedömer att använd ansats ger en rimlig bedömning eftersom beräkningarna dels baseras på att samtliga personer inom angivet avstånd exponeras samt att det skydd som kommer att utgöras av byggnader inte tas hänsyn till.



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.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomna på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka.

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 en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. 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 närliggande tank.

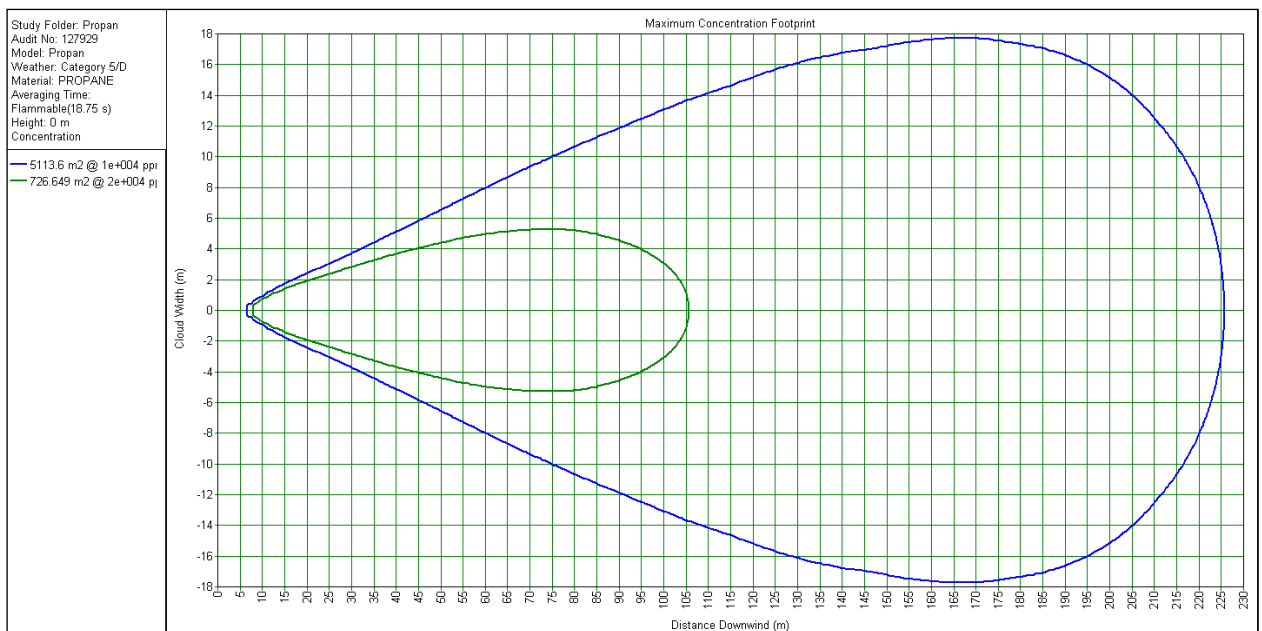
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av BLEVE.

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. Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3. I figur nedan redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnsbrand. Vindstyrka och atmosfärisk stabilitet framgår av figur B.2 (5 m/s och stabilitetsklass: D). Avseende topografi och hinder bör det noteras att genomförda beräkningar inte baseras på detaljerad analys, t ex CFD modellering av aktuell topografi och aktuella byggnader. Detta är inte praxis i denna typ av analyser.



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. Då ett gasmoln inte har en "rektangulär" utbredning där alla personer på ett visst avstånd exponeras på samma sätt har värdena i tabell B.2 justerats för att vara mer representativt för studerat scenario.

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.

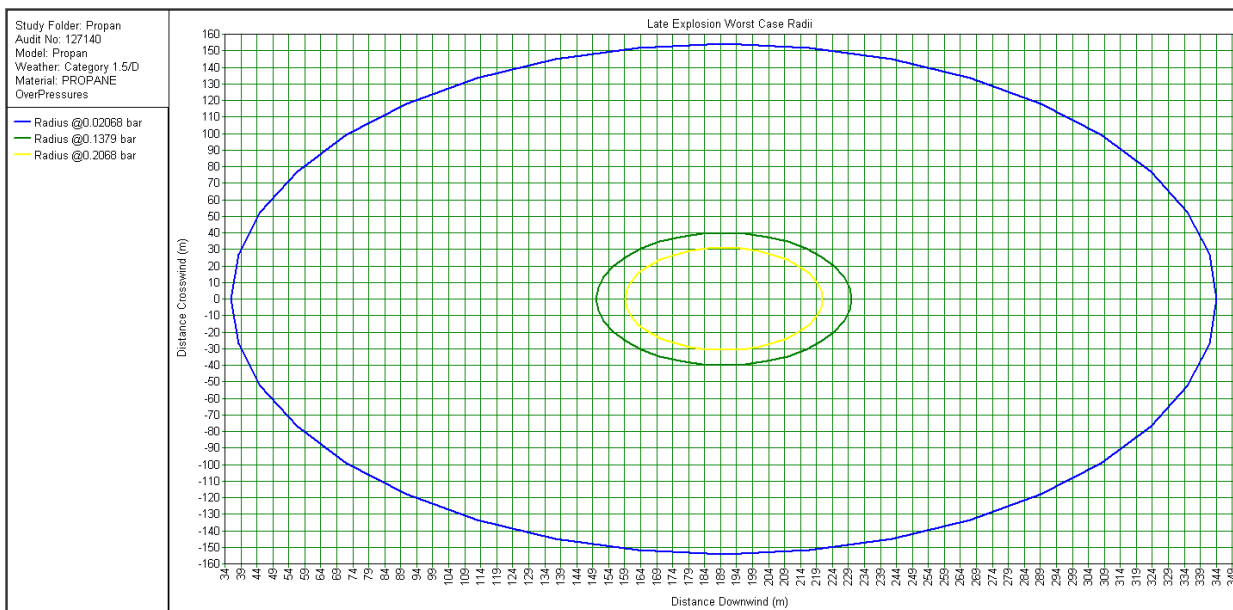
Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens

brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

Gasmolnexplosion

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

Figur B.3 visar explosionsövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas. I tabell B2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av gasmolnexplosion.



Figur B.3. Explosionsövertryck 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

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.

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 höjded samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts. Ammoniak bedöms vara en rimlig gas att studera då den bedöms utgöra den vanligaste gasen av de som ger allvarliga konsekvenser. Användandet av klor fasas ut i industrin och bedöms därför inte rimligt att beakta. Aktuell ansats har använts i ett flertal tidigare analyser.

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. Notera att riskanalysen enbart baseras på antal omkomna även om antalet skadade presenteras i detta avsnitt. Praxis i farligt gods analyser är att studera antalet omkomna och aktuella kriterier baseras också enbart på antal omkomna.

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)

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.

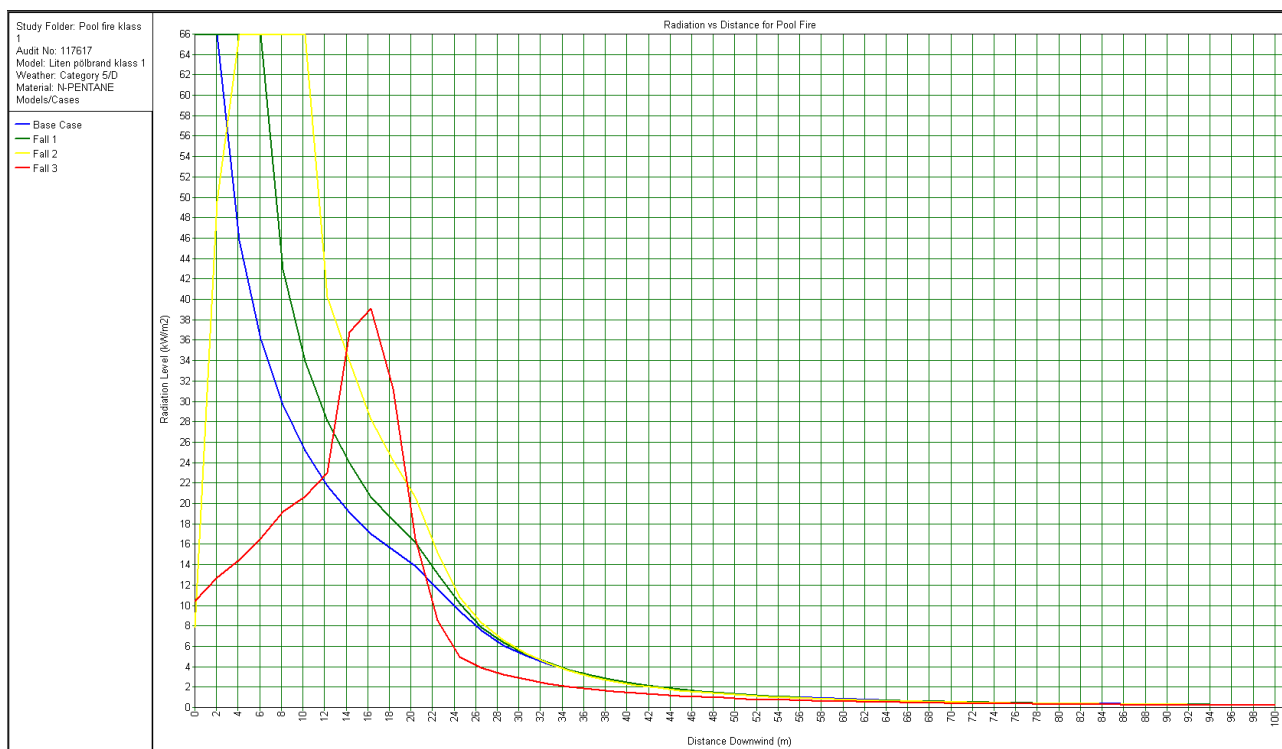
Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselloja, har högre

flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

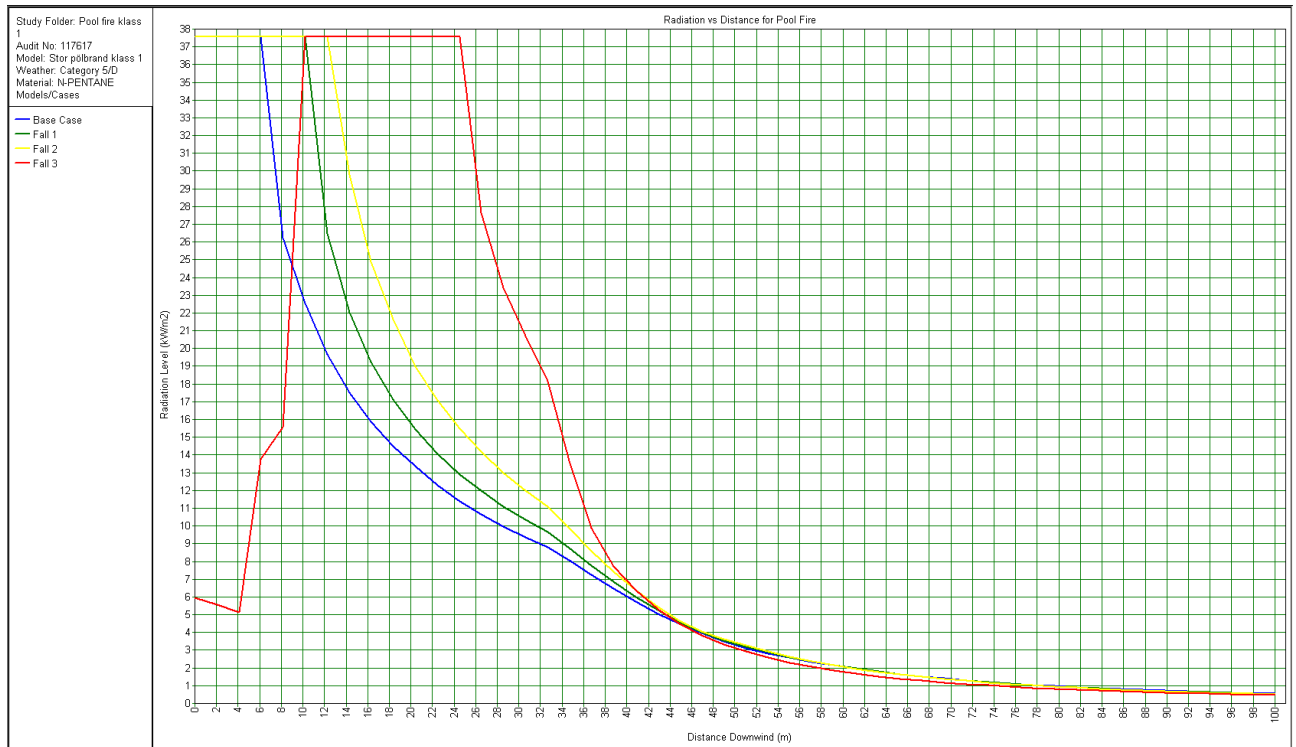
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- > 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. I tabell B.2 framgår andel omkomna inomhus och utomhus på olika avstånd i händelse av pölbrand.



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. 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

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	14-66	1-14	<1
	10-40	1-18	<1
200	>14	4-14	<4
	5-38	4-38	<4

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

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.

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

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.

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 avståndintervaller 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

Nedan följer det material och de uppgifter för antaganden i beräkningar för antal transporter på Bohusbanan förbi studerat område.

Från Trafikverket har erhållits uppgifter gällande antal vagnar med farligt gods förbi studerat planområde fördelat mellan studerade RID-klasser mellan 2013-2018. Dessa presenteras inte explicit då uppgifterna under vissa omständigheter kan vara konfidentiella. Nedanstående redovisning av antalet farligt godstransporter förbi området baseras dock i stort på dessa uppgifter. Då uppgifterna för 2018 inte varit fullständiga har COWI valt att inte inkludera dessa uppgifter i bedömning av antalet farligt godstransport förbi området. Följaktligen har underlaget baserats på uppgifter mellan 2013-2017. Beräkningarna har baserats på ett genomsnittligt värde under denna tidsperiod.

Fördelningen inom klass 2 mellan brandfarliga och giftiga gaser har baserats på det tidigare underlaget i säkerhetsstudien för Stenungsund (2007) dvs samtliga gaser bedöms vara brännbara och ca 6% bedöms vara giftiga. Detta bedöms vara konservativt då det troligtvis transporteras icke brandfarliga och icke giftiga gaser som inte ingått i säkerhetsstudien för Stenungsund (2007). Tillsammans med de övriga antaganden som presenteras i kapitel 4.1.2 och den uppräknig som presenteras i 4.1.3 erhålls följande uppskattning av antal vagnar med farligt gods på Bohusbanan för ett framtidsscenario år 2040, se tabell C.1.

Tabell C.1 Uppskattat antal transporter av farligt gods per RID-klass på Bohusbanan (vagnar/år) år. Värdena har räknats upp med totalt 32.2% för att gälla år 2040 (1,4%/år).

RID-klass	Uppskattat antal vagnar farligt gods/år på Bohusbanan intill planområdet år 2040
1.1 Massexplosiva ämnen - stora	0
2.1. Brandfarliga Gaser	7791
2.3 Giftiga gaser	477
3. Brandfarlig vätska klass 1	88
5. Oxiderande ämnen	2

Bilaga D - Känslighetsanalys

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

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

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

Farligt gods:

Beräkningarna utgår ifrån uppgifter från Trafikverket vilka har räknats upp med 1,4%/år för att representera antalet transporter år 2040. Uppräkningen av transporterat farligt bedöms som mycket konservativ, se resonemang i kapitel 4.1.3.

Omgivning:

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisk. Störst påverkan har antaganden om människor som befinner sig utomhus nära vägområdet. Bedömningen är att uppskattningar om personintensiteten är robust och speglar föreslaget användningsområde.

Olycksfrekvens:

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

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.

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 mitt framför det studerade området om inget annat anges. Syftet med detta är att inte underskatta risken och antalet omkomna vilket skulle kunna vara fallet om olyckscentrum placeras i utkanten av studerat område.

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.

D.1 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.

Bilaga E – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet

Generella antaganden

- > Dag ansätts till 10 h.
Kommentar: Antagandet bedöms bidra till en konservativ riskbedömning då detta innebär att kontor och handel antas vara befolkade under 10 h vilket är en överskattning då en arbetsdag normalt är 9 h.
- > Natt ansätts till 14 h.
Kommentar: Antagandet bedöms som ett rimligt antagande för denna riskbedömning.

Parkering

- > Antal personer per bil: 2
Kommentar: Antagandet bedöms som ett rimligt antagande för denna riskbedömning.
- > Belägningsgrad dag: 80 %
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för den här riskbedömningen.
- > Antal bilar per p-plats under dag: 2
Kommentar: Antagandet bedöms som ett rimligt antagande för denna riskbedömning.
- > Belägningsgrad dag: 60 %
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för den här riskbedömningen.
- > Antal bilar per p-plats under natten: 1
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för den här riskbedömningen då personer som väljer att nyttja parkeringen nattetid kan antas nyttja den hela natten.
- > Tid som spenderas på parkeringen: 10 minuter/person
Kommentar: Antagandet innebär att varje person som parkerar befinner sig totalt 10 minuter på parkeringen (5 minuter när de anländer och 5 minuter när de lämnar). Antagandet bedöms som rimligt i den här riskbedömningen.

Kontor

- > Antal personer per BTA: 0,04
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning. Värdet är hämtat ur *Risikanalyser av farligt gods i Hallands län (2014)* som är granskad av såväl Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Hallands län samt publicerad av Länsstyrelsen i Hallands län. Ansatt värde stämmer även väl överens med vad Arbetsmiljöverket förespråkar. I Arbetsmiljöverkets PM *Hur trångt får det vara?* från 2006 står följande:

"För hela lokalytan kan man vid överslagsberäkning av ytbehovet räkna ca 25 m² per arbetsplats totalt, inkl andra utrymmen för arbetet som mötesrum, samtalsrum, arkiv och förråd, och inkl biutrymmen som entré, trappor och korridorer, kapprum, matrum, städrum och toaletter, men exkl hissar, trappor, ytterväggar, pelare mm."

I GÖP (1999) ansätts 30 m²/arbetsplats för kontor. Det finns exempel på mindre kontorsplatser dock anses det värde som ansatts här rimligt för denna riskbedömning i förhållande till planerad bebyggelse samt de övriga värden som ansatts avseende kontor, exempelvis beläggningsgrad.

- > Andel personer dag (beläggning): 1
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dag (av de som är på kontoret): 0,05
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som är på kontoret): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer natt: 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute natt (av de som är på kontoret): 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne natt (av de som är på kontoret): 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.

Lokaler

- > Antal personer per BTA: 0,04
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer dagtid (beläggning): 1
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dagtid (av de som vistas i lokalerna): 0,05
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som vistas i lokalerna): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer natt: 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute natt (av de som vistas i lokalerna): 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne natt (av de som vistas i lokalerna): 0
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.

Lägenheter

- > Antal personer per lägenhet: 2,7
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning och är baserat på uppgifter från SCB.
- > Andel personer hemma dagtid (beläggning): 0,2
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dagtid (av de som vistas hemma): 0,2
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som vistas hemma): 0,8
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer hemma natt (beläggning): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute natt (av de som vistas hemma): 0,05
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne natt (av de som vistas hemma): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.

Villor

- > Antal personer per villa: 4
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning och är baserat på uppgifter från SCB.
- > Andel personer hemma dagtid (beläggning): 0,2
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dagtid (av de som vistas hemma): 0,2
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som vistas hemma): 0,8
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer hemma natt (beläggning): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute natt (av de som vistas hemma): 0,05
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne natt (av de som vistas hemma): 0,95
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.

Bilaga F – Möjliga säkerhetshöjande åtgärder

COWIs genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder utgår framförallt ifrån den skrift som Räddningsverket (idag MSB) gavs ut år 2006, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport 2006*. I denna bilaga presenteras en mer utförlig beskrivning av respektive åtgärd som presenteras i kapitel 8.4. Notera att de åtgärder som rekommenderas i den här riskutredningen presenteras i kapitel 9.1 samt att de åtgärder som kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga A, avsnitt A.6.

F.1 Dike

Åtgärden innebär att ett dike anordnas för att samla upp utsläpp eller dagvatten. Diket anordnas vanligen i anslutning till vägar och järnvägar, men kan även finnas i åkermark och runt industrier. Genom att diket samlar upp utsläppta vätskor har åtgärden effekt även mot pölbränder.

Säkerhetspåverkan

- > Åtgärden reducerar även konsekvensen av ett vätskeutsläpp som kan ge en pölbrand, då pölens utbredning koncentreras till diket.
- > Åtgärden är till viss del oberoende av insats från räddningstjänsten. Vid stora utsläpp kan räddningstjänstens insats i form av pumpning av vätska dock vara nödvändig
- > Åtgärden har hög tillförlitlighet och ett mycket lågt behov av kontroll och nyinvesteringar. Åtgärden kan kräva underhåll i form av rensning av diken, då de lätt växer igen.

Andra aspekter

- > Åtgärden kan innebära en merkostnad.
- > Åtgärden innebär små begränsningar vid utformning av detaljplaneområdet. Osäkerheten ligger i omfattningen av exempelvis den utflytande volymen.

Kommentarer

- > Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd för att minska utbredning av vätskeutsläpp och reducera storleken på de pölbränder som kan uppkomma.
- > Generellt lämplig att reglera med detaljplan främst inom allmän plats.

F.2 Vall

Åtgärden innebär att jordmassor placeras så att en vall bildas som en fysisk barriär mellan ett risk- och skyddsobjekt.

Säkerhetspåverkan

- > Vall innebär en fysisk barriär som kan förhindra fordon, bränder eller vatten att passera. Vallen leder till "mjukare" kollision, och förhindrar påkörning av byggnad/personer vid en eventuell avåkning. Detta gäller både väg och järnväg. Vallen tjänar även som en avgränsning vid eventuella utsläpp av vätskor och därmed begränsas både storlek och bildandet av pölar. Detta innebär begränsade bränder. I händelse av olycka nära marken med utsläpp som sprids i luften kan i vissa fall koncentrationerna förväntas minska till cirka hälften på andra sidan vallen.
- > Åtgärden kan minska konsekvenser vid fordonsolyckor.
- > Utsläpp till följd av avåkning blir relativt enkla att ta hand om, brand-spridning från eventuella pölbränder kan sannolikt förhindras.
- > Åtgärden kan skydda mot tryckvåg vid explosion.
- > Åtgärden kräver ingen skötsel för att den säkerhetshöjande effekten ska bestå.
- > Kan ge räddningstjänsten problem med tillgängligheten till t.ex. spår område.
- > Hög tillförlitlighet. Väl genomförd är det sannolikt att åtgärden finns kvar och fungerar över en längre tidsperiod.

Andra aspekter

- > Priset för en vall kan vara ca 5 000-20 000 kr/löpmeter beroende på tillgänglighet av massor.
- > Yta måste avsättas till vallen. Vallen påverkar landskapsbilden.
- > Åtgärden har även andra effekter, t.ex. bullerdämpande och insynsskyddande.
- > Åtgärden kan kombineras med plantering för att förhindra att den används på olämpligt sätt som t.ex. pulkabacke.
- > Ansvar: få inblandade aktörer.

Kommentarer

- > Åtgärden är generellt sett lämplig som säkerhetsåtgärd eftersom vallens utformning är enkel att beskriva. Vallens höjd och utbredning bör anges för att säkerställa effekterna.
- > Generellt sett lämplig att reglera med detaljplan främst inom allmän plats.
- > Om åtgärden införs längs väg eller järnväg bör det beaktas vem som får ansvar för uppförande och underhåll.
- > Åtgärden innebär i praktiken alltid ett skyddsavstånd.

F.3 Mur/plank

Åtgärden innebär att en tät konstruktion uppförs som barriär mellan risk- och skyddsobjekt. Nedan beskrivs åtgärden med utgångspunkt från en mur/ett plank, cirka två meter hög. Åtgärden kan minska sannolikheten för fordonsolyckor. Den kan lindra konsekvenserna vid översvämning (försvarar utbredning av vätskor) och explosioner (absorberar splitter på låg höjd). Minskar exponeringen för strålning från bränder och utsläpp i luften.

Säkerhetspåverkan

- > I huvudsak passiv och tillförlitlig åtgärd.
- > Åtgärden kan vara lämplig som skydd vid t.ex. förhöjd risk för pölbrand.
- > Mur/plank ska utformas så att den inte lockar till klättring, balansgång eller annan lek för barn.
- > Kan behöva stöttning och förstärkt grundläggning för att fungera vid översvämning/hindra vätska att ta sig förbi barriären.
- > Kan reducera exponeringen till följd av olycka t.ex. tryckvåg.

Andra aspekter

- > Mur kan kosta mellan ca 1 000 och 3 000 kr per m². En två meter hög mur kostar då ca 2 000-6 000 kr/löpmeter. Bullerplank kan kosta mellan ca 1 000 och 3 000 kr per löpmeter (cirka två meter högt).
- > Vid placering på allmän plats utgör muren en begränsning av framkomligheten för allmänheten.
- > Bullerdämpande och kan hindra sikt beroende på utformning.
- > Få inblandade aktörer.

Kommentarer

- > Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd.
- > Generellt lämplig att reglera med detaljplan dels då plankets/murens utformning och utbredning är enkel att beskriva.

F.4 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsobjekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. En separering av riskkälla och skyddsobjekt erhålls. Detta innebär att sannolikheten för att en olycka ska leda till skada i händelse av brand, explosion eller utsläpp av giftiga ämnen reduceras. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas. Se avsnitt F.5 *Disposition av planområde* i denna bilaga.

Säkerhetspåverkan

- > Passiv åtgärd, fungerar oberoende av andra åtgärder.
- > Underlättar räddningstjänstens insats; är tydlig, skapar plats för räddningsarbete.
- > Hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att marken börjar användas till något den inte var avsedd för, men inte varaktigt eller omfattande som t.ex. bebyggelse.
- > Åtgärder reducerar konsekvensen kraftigt vid korta skyddsavstånd, men effekten avtar med avståndet.

Andra aspekter

- > Markpriset i exploateringsområden varierar mellan några hundra till tusentals kr/m². Vid förtätningar i redan exploaterade områden kan markpriset vara högt.
- > Begränsar användning av markområden vilket kan skapa "döda ytor" som i stor skala leder till en utglesning av samhällen.
- > Åtgärden leder också till reduktion av t.ex. buller och luftföroreningar.

F.5 Disposition av planområde

Åtgärden innebär att bestämma hur marken som omfattas av detaljplanen får användas och bebyggas. Dispositionen berör användning av mark och byggnader, placering av byggnader, planteringar, grönområden, gång- och cykelvägar, parkeringar, etc. Åtgärden är egentligen ingen "egen" säkerhetsåtgärd utan en kombination av enskilda åtgärder som t.ex. användning av mark och skyddsavstånd. Åtgärden kan även innebära att mindre

störningskänslig verksamhet placeras som en skärm framför ett skyddsobjekt, exempelvis kontorshus framför bostäder. Åtgärden karakteriseras av att genom god planering och ett väl disponerat område uppnås skyddseffekter utan att det medför några direkta kostnader eller begränsningar. Åtgärden kan skydda mot flertalet olyckor såsom explosion, brand, utsläpp till luft och trafikolyckor.

Säkerhetspåverkan

- > Effektiviteten av åtgärden är relaterad till vilka enskilda delåtgärder som disponeringen av planområdet innebär.
- > Byggnadernas användning och begränsning av byggnadsarean medverkar indirekt till hur många människor som kommer att vistas i området och påverkar därmed den maximala konsekvensen av en olycka.

Andra aspekter

- > Under förutsättning att planeringsfriheten är stor är kostnaden för åtgärderna låg.
- > Begränsar handlingsfriheten vid utformning av planområdet, exempelvis genom att en mindre del av området tillåts bebyggas, vilket i sin tur kan påverka hur lönsamt projektet blir för exploatören (exempelvis hur många bostäder som kan byggas och därefter säljas/hyras ut).
- > Åtgärden kan generellt användas när stor planeringsfrihet råder inom detaljplaneområdet.

Kommentarer

- > Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd eftersom den innebär god planering och medför ett naturligt skydd mot flera olyckor.
- > Åtgärden är lämplig att reglera med detaljplan, då precisering av användning av mark och byggnader, utformning och placering av byggnader och utformning av allmän plats och tomter är vanliga bestämmelser.

F.6 Disposition av byggnad

Åtgärden innebär hur lokaler inom en byggnad disponeras för att uppnå ett skydd mot olyckor. Det handlar t.ex. om placering av samlingslokaler och utrymningsvägar. Även balkonger räknas hit, trots att de ofta ligger utanför själva byggnaden. Disposition inom byggnad skyddar genom att styra hur många personer som exponeras och/eller möjliggöra säker utrymning efter en olycka.

Säkerhetspåverkan

- > Rätt använd, frigör åtgärden resurser för räddningstjänsten då skadefallet minskar och utrymning görs möjlig.
- > Åtgärden har hög tillförlitlighet, men kan "glömmas" bort vid ändring av byggnad. Inget behov av underhåll.
- > Åtgärden reducerar konsekvensen av olika typer av bränder då exempelvis utrymning möjliggörs till säker sida.
- > Skadefallet vid explosioner minskar om samlingslokaler inte placeras intill exponerad fasad.

Andra aspekter

- > Åtgärden innebär ofta ingen direkt kostnad.
- > Stor begränsning av en byggnads användning om lokalerna inte kan disponeras fritt.
- > Minskar möjlighet till optimalt/flexibelt utnyttjande av lokaler.

Kommentarer

- > Generellt lämplig som säkerhetsåtgärd i de fall det handlar om möjlighet till säker utrymning.
- > Generellt lämplig att reglera med detaljplan.

F.7 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligtvis bort från riskkällan och högt upp. Syftet med åtgärden är att, vid utsläpp, minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet.

Säkerhetspåverkan

- > Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser genom att gasens inträngning i byggnaden minskar.
- > Åtgärden minskar sannolikheten för explosion i en byggnad vid utsläpp av brandfarlig gas utomhus.
- > Det kan bildas högre gaskoncentrationer i lä för vinden på den ej exponerade sidan.
- > Effekten minskar om det finns öppningar, såsom fönster och dörrar, på den exponerade fasaden.

- > Underhållsbehovet är lågt och åtgärden förväntas fungera väl över tiden.

Andra aspekter

- > Kostnaden är generellt sett låg under förutsättning att ventilationssystemets utformning inte begränsas i övrigt.
- > Möjlighet ur ventilationssynpunkt till optimal placering av ventilationskanaler och fläktrum kan minska.
- > Kan även ge skydd mot kontinuerlig exponering av luftföroreningar orsakade av fordon om byggnaden är placerad i omedelbar närhet av väg.
- > Många inblandade aktörer, i olika skeden.
- > Fläktar på "oexponerad sida" kan komma i konflikt med "tyst sida" avseendebuller.

F.8 Förstärkning av stomme/fasad

Åtgärden innebär att byggnad, eller del av byggnad, utförs med fasad och stomme som ska kunna motstå tryckökningar motsvarande exempelvis viss explosion. Utförandet ska ge skydd mot fortskridande ras och stå emot påkörning (fordon mot byggnad).

Säkerhetspåverkan

- > Åtgärden är konsekvensreducerande. Vid tryck mindre än designtrycket är sannolikheten för fortskridande ras av byggnaden liten.
- > Åtgärden har genomsnittlig tillförlitlighet.
- > Mycket låga krav på kontroll.
- > Effektiviteten bedöms som genomsnittlig. Den kommer att minska sannolikheten för större byggnadsras med riktigt stora konsekvenser och risk till ytterligare olyckor.
- > Åtgärden är oberoende av insats från räddningstjänsten.

Andra aspekter

- > Tyngre konstruktion av stomme och fasad.
- > Dyrare utförande.
- > Skador kan trots åtgärden uppkomma på människor till följd av tryckstegring och splitter.

Kommentarer

- > Kan vara lämplig som säkerhetsåtgärd beroende på dimensionering av fasaden.
- > Generellt lämplig att reglera med detaljplan i de fall förutsättningarna är väl kända.

F.9 Begränsning av fönsterarea

Åtgärden innebär att fönsterarean (inklusive så kallad öppningskomplettering, t.ex. dörr, port, glasparti) i en fasad begränsas, t.ex. till 15 procent av fasadarean. Även fasad helt utan fönster/öppningar ingår.

Säkerhetspåverkan

- > Med färre öppningar minskas den svagaste konstruktionsdelen i fasad. Åtgärden är konsekvensreducerande.
- > Vid explosioner minskas exponeringen för såväl splitter som tryckvåg och föremål. Åtgärden är därför verksam såväl utanför som inuti byggnaden.
- > Vid utsläpp som sprids i luften förväntas det diffusa inläckaget i byggnader minska.
- > Effektiviteten bedöms som mycket låg. Mindre antal eller storlek på fönster utesluter inte öppna fönster som kan medföra att föroreningar tränger in, och skyddet mot explosioner innebär enbart en minskad sannolikhet för direkt påverkan av splitter eller föremål i eller utanför byggnaden.
- > Tillförlitligheten bedöms som hög. Åtgärden är oberoende av räddningstjänsten.

Andra aspekter

- > Begränsning av fönsterarea på en fasad kan innebära fler fönster på en annan fasad.
- > Åtgärden innebär begränsningar som kan ge sämre planlösningar då del av byggnad inte har dagsljus eller ett begränsat dagsljus och därmed sämre inomhusmiljö. Exempelvis kan det vara svårt att skapa genomgående lägenheter.
- > Tät fasad reducerar buller bättre än fasad med fönster.

Kommentarer

- > Kan vara tveksam som säkerhetsåtgärd, beroende på att effektiviteten bedöms som mycket låg.

- > Åtgärden kan komma i konflikt med önskemål om byggnadens yttre gestaltning.
- > Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

F.10 Ej öppningsbara fönster

Åtgärden innebär att fasad förses med icke öppningsbara fönster, dvs. att fönster utformas som fasta partier.

Säkerhetspåverkan

- > Åtgärden är verksam mot föroreningar som sprids i luft. Inläckaget i byggnaden förväntas minska, vilket medför lägre exponering och minskade konsekvenser.
- > Effektiviteten bedöms som låg i jämförelsen med öppningsbara fönster. Det är inte realistiskt att göra alla fönster i en byggnad icke öppningsbara, utan bara för en fasad eller två. Effektiviteten beror på skillnaden i inläckage i byggnad beroende på vindhastighet, vindriktning och, framför allt, hur byggnaden påverkar strömningen och eventuellt skapar turbulens.
- > Åtgärden har ganska hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att skyddet försämras om åtgärden "glöms bort", t.ex. vid renoveringar (byte av fönster-partier, fasadåtgärder etc.).

Andra aspekter

- > Inga kostnader beräknas tillkomma för projektering eller utförande avseende själva fönsterkostnaden.
- > Åtgärden medför stora begränsningar vad det gäller fönsterputsning framförallt i bostäder, men även i exempelvis kontor.
- > Om fönsterputsning ska vara möjlig måste fönster som öppnas med nyckel/verktyg jämföras med icke öppningsbara fönster för att kunna användas i bostäder. Åtgärdens tillförlitlighet blir då mycket lägre.
- > Åtgärden ses som begränsande utifrån perspektivet att personer gärna vill kunna öppna fönster för vädring och för att kunna kalla på hjälp i en nödsituation.
- > Åtgärden minskar exponeringsrisker mellan t.ex. kontor/bostäder och brandfarliga eller explosiva varor.

Kommentarer

- > Eventuellt lämplig som säkerhetsåtgärd, beroende på att effektiviteten bedöms som mycket låg. Ansvarsfrågan är otydlig och begränsningen är relativt stor.
- > Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

F.11 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster, utförs i brandteknisk klass exempelvis EI 30 samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. EI 30 innebär att fasaden är utformad på sådant sätt att brandspridning inte ska ske genom väggen inom 30 minuter om det inte brinner mycket intensivt på utsidan av väggen. EI 30 är dock ingen garanti för att fasaden inte antänds och att brandspridning därmed sker till exempelvis vinden. Av denna orsak kan krav på lägst brandteknisk klass i vissa fall behöva kompletteras med krav på svårantändlighet om andra material i fasadbeklädnader än murverk eller betong godtas. En fasad i obrännbart material, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller takfot, försedd med EI 30 klassade fönster, som inte kan öppnas utan särskilda verktyg, uppfyller normalt de krav som behöver ställas vad gäller brandskydd och brandmotstånd hos en fasad.

Säkerhetspåverkan

- > Passiv åtgärd, fungerar oberoende av räddningstjänstens eller annans åtgärder.
- > Hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att skyddet försämras om åtgärden "glöms bort", t.ex. vid renoveringar (byte av fönsterpartier, fasadåtgärder, ventilationsförändringar etc.).
- > Åtgärden minskar risken för, eller fördröjer, brandspridning till och vidare in i en byggnad vid brand utanför.
- > Åtgärden reducerar inträngning av giftiga gaser, brandrök, damm och aerosoler eftersom brandklassade fönster endast tillåts vara öppningsbara med nyckel eller specialverktyg. Exponering kan dock ske genom andra fönster eller via ventilationssystemet.

Andra aspekter

- > Kostnaden för brandklassade fönster är ca 5 000 kr/m².
- > Vissa begränsningar av utformningen av en byggnad.
- > Fönsterputsning försvåras (fördyras).

- > I bostäder eller kontor bör vid denna typ av lösning beaktas att de klassade fönstren inte betraktas som utrymningsvägar. Utrymning måste i stället ske via fönster åt annat håll eller via särskilda trapphus.

Kommentarer

- > Generellt lämplig att reglera med detaljplan. Åtgärden bör införas som en funktionsbaserad bestämmelse eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.