



RISKUTREDNING – PLANPROGRAM FÖR SLAKTHUSOMRÅDET I GAMLESTADEN

RISKUTREDNING – PLANPROGRAM FÖR SLAKTHUSOMRÅDET I GAMLESTADEN

PROJEKTNR.

A132803

DOKUMENTNR.

A132803-4-02-RAP001

VERSION

2.0

UTGIVNINGSDATUM

2020-04-16

BESKRIVNING

Riskutredning farligt gods

UTARBETAD

Viktor Sturegård

GRANSKAD

Christoffer Käck

GODKÄND

Tomislav Susic

Sammanfattning

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att ta ett planprogram för Slakthusområdet som syftar till att studera områdets framtida utveckling utifrån rådande förutsättningar. Planprogrammet syftar till att visa på en framtida utveckling av Slakthusområdet som en integrerad stadsdel med blandstadskaraktär genom att utreda lämpligheten i en omvandling till blandstad med en ökad andel av mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje samt bostäder och parkmiljöer.

Planområdet ligger i Gamlestaden i anslutning till Gamlestadens resecentrum. I väster avgränsas planområdet av E45, i öster av Norge/Vänerbanan, i söder av Säveån och i norr av Göteborgs Energis område. Totalt omfattar planområdet cirka 19 hektar där marken ägs av Klöver, Profood, HIGAB, Göteborg Energi samt staden och Trafikverket. I dagsläget nyttjas marken för industri, framförallt inom livsmedel, kontor och lager. Göteborg Energi har anläggningar och kontor inom sin fastighet. I övrigt utgörs marken av trafikområden.

Programområdet är omgärdat av riskkällor, både väg och järnväg, där farligt gods transporteras. Samtliga leder ligger på en högre nivå än befintlig marknivå. Väster om E45 ligger Marieholms industriområde med en blandning av verksamheter. I höjd med programområdets norra del finns en Seveso-klassad anläggning. Med anledning av detta har Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, efterfrågat en riskanalys.

Individrisken närmast studerade farligt godsleder hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad-nyttasynpunkt, dvs. att kostnaden av åtgärden ska vägas mot dess nytta och om nyttan är tillräckligt stor i förhållande till kostnaden ska åtgärden vidtas. Med ökat avstånd från studerade farligt godsleder eller med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder minskar individrisken och hamnar för stora delar av området på en nivå där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Detta vid en jämförelse med Det Norske Veritas (DNV's) förslag till individ- och samhällsriskkriterier i *Värdering av risk* (SRV, 1997).

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsrisken, med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå mellan DNV's övre och undre kriterie. Jämfört med Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods (GÖP) som ger förslag på kriterier för samhällsrisk för bostäder och arbetsplatser inom Göteborg hamnar samhällsrisken mellan kriteriet för kontor och bostäder med undantag för några enskilda punkter. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV's kriterie.

Det bör noteras att det huvudsakligen är händelsen BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapour Explosion) som bidrar till den relativt höga samhällsrisken som kvarstår även när hänsyn tagits till rekommenderade skyddsåtgärder. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nyttasynpunkt. Att skydda människor utomhus mot effekterna av en BLEVE bedöms inte heller rimligt.

COWI bedömer att beräknade individ- och samhällsrisker sammantaget visar att blandstadsbebyggelse med mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje och parkmiljöer i den omfattning som presenteras i planprogrammet är möjligt inom planområdet. Detta givet att skyddsåtgärder med avseende på farligt gods vidtas. Skyddsåtgärderna syftar till att:

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

I Figur 21 nedan redovisas inom vilka avstånd från studerade farligt godsleder som COWI anser att nedanstående skyddsåtgärder ska/bör appliceras. Röd zon anger 0-30 meter, blå zon anger 30-50 meter och grön zon anger 50-150 meter från studerade farligt godsleder. Notera att skyddsåtgärd som rekommenderats 0-50 meter från farligt godsled därmed gäller i både röd och blå zon i figuren ovan. För föreslagna skyddsåtgärder har det angetts inom vilken/vilka zoner COWI anser att de ska/bör appliceras, dock ej för skyddsåtgärder som gäller den vägnära miljö eller första radens bebyggelse då dess lokalisering ej är känd.

De skyddsåtgärder som föreslås i denna riskutredning är baserade på de förutsättningar som legat till grund för planprogrammet. Kommande riskanalyser i samband med framtida detaljplaner kan dock komma att visa mer eller mindre omfattande behov av skyddsåtgärder eller föreslå andra skyddsåtgärder än vad COWI föreslagit i denna riskutredning. För att uppnå en tolerabel risknivå i denna riskanalys har COWI använt följande skyddsåtgärder. Dessa har beaktats för att uppnå de risknivåer som presenteras i rapporten och kan därmed även väntas bli aktuella i kommande detaljplaner:

- > Fasadkrav för ny bebyggelse som vetter mot studerade farligt godsleder inom 0-50 meter från studerade farligt godsleder: Alla fasader inklusive tak bör utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster bör vara E30-klassade (vädringsläge är tillåtet). Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > Ventilationsintag bör placeras högt och vetta bort från studerade farligt godsleder. Ventilationen behövs dock ej placeras högre än den tionde våningen räknat från markplan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 150 meter från studerade farligt godsleder. Skyddsåtgärden gäller i röd, blå och grön zon i Figur 21.
- > Ny bebyggelse (0-50 meter från studerade farligt godsleder) bör utformas så att de kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.

Vidare föreslår COWI även att följande skyddsåtgärder värderas i kommande detaljplanearbeten:

- > Ett bebyggelsefritt område skall där så är möjligt eftersträvas 0-30 meter från studerade farligt godsleder, detta gäller särskilt de mest bidragande lederna men även för befintliga vägbroar inom området. Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse och bör utformas i enlighet med vad som anges för zon A i riskpolicyn från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län. Det bebyggelsefria området kan t.ex. användas för ytparkering, lokalväg, GC-bana, promenadstråk eller grönområden. Skyddsåtgärden gäller i röd zon i Figur 21.
- > Barriär/skydd mellan studerat område och studerade farligt godsleder bör 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.
- > Entréer/varuintag skall där så är möjligt inte vetta mot de mest bidragande farligt godslederna, kravet gäller första radens bebyggelse.
- > Inom 50 meter från studerade farligt godsleder bör utrymning bort från studerade farligt godsleder vara möjlig. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > Balkonger bör där så är möjligt ej uppföras på fasad som vetter farligt godsleder för första radens bebyggelse 0-50 meter från studerade farligt godsleder. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > För första radens bebyggelse bör fönster/glaspartier i fasad som vetter mot studerade farligt godsleder 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.

Notera att angivna avstånd i ovan listade skyddsåtgärder avser avstånd från närmsta vägkant/spår om inget annat anges. Notera även att samtliga rekommenderade skyddsåtgärder inte kvantifierats, vilka skyddsåtgärder som rekommenderats återfinns i kapitel 9.1 och vilka som kvantifierats återfinns i bilaga A, avsnitt A.6. Notera även att skyddsåtgärder i beräkningarna endast har applicerats på ny bebyggelse.

COWI vill även ge följande medskick avseende risk till kommande arbete med detaljplaner inom området:

- > Även om riskanalysen visat att blandstadsbebyggelse är möjligt inom planområdet kan förändringar gällande omfattning, lokalisering och typ av bebyggelse leda till en förändrad riskbild i detaljplaneskedet. Det är därför nödvändigt att nya riskanalyser genomförs i samband med framtida detaljplaner som visar på acceptabla risknivåer utifrån de faktiska förutsättningarna. Dessa riskanalyser kan komma att visa mer eller mindre omfattande behov av skyddsåtgärder än vad som föreslås i denna riskutredning. Tex. skulle sammanhållen första radens bebyggelse kunna användas i detaljplaneskedet för att minska risknivå med avseende på vissa olyckor för bakomliggande bebyggelse.
- > Då COWI inte har haft tillräckliga uppgifter om konsekvensavstånd från den närliggande Seveso-anläggningen har riskbidraget från denna verksamhet

inte beaktat i riskutredningen. Det kan dock förväntas att anläggningen kommer ge en märkbar riskpåverkan på den norra delen av planområdet och viss påverkan på den södra delen av planområdet. Riskbidraget från närliggande Seveso-verksamhet och eventuellt behov av skyddsåtgärder skall beaktas i kommande detaljplanarbeten inom planområdet när mer detaljerad information om specifika konsekvensavstånd för den aktuella Seveso-verksamheten fastställs.

- > Bergslagernas Järnvägssällskap har ej beaktats i riskutredningen då de endast har ett fåtal större evenemang per år samt att de då ofta bedriver trafik med veteranåtgång och därmed kan betraktas som resenärer vilket ej brukar beaktas i farligt godsanalyser. Vidare bedöms det eventuella riskbidraget i form av ökad personintensitet ge mycket litet utslag utspjutt över ett år och inte påverka slutsatserna i rapporten.
- > Bostäder så som tex. studentbostäder har ej prövats i riskutredningen. Utifrån beräknade risknivåer i denna rapport överskrider kriteriet för bostäder enligt GÖP. COWI bedömer dock att bostäder kan vara möjligt inom området beroende på val av omfattning, lokalisering och skyddsåtgärder givet att riskutredningar i kommande detaljplanarbete visar på en tolerabel risknivå. Om bostäder ska studeras bedömer COWI att dessa bör placeras inom planområdets centrala delar där risknivåerna är lägre.
- > COWI bedömer att det den främsta skyddsåtgärden mot olyckor med farligt gods inom planområdet är ökat avstånd från de mest bidragande farligt godslederna. Där så är möjligt skall man överväga att planlägga ny bebyggelse inom områdets enligt de principer som redovisas i riskpolicyn från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län. Bebyggelse närmast farligt godsleder bör där så är möjligt planläggas med mindre personintensiv verksamhet.

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	4
2.4 Acceptanskriterier avseende farligt gods	5
3 Förutsättningar	8
3.1 Planområdet	8
3.2 Närliggande befintlig bebyggelse	13
3.3 Personintensitet	13
4 Trafik och transporter med farligt gods	15
4.1 Generella antaganden	15
4.2 Studerade farligt godsleder	16
5 Faror vid olycka med farligt gods	19
6 Bedömning av risknivå avseende transporter av farligt gods	22
6.1 Individrisk för studerat område	22
6.2 Samhällsrisk för studerat område	26
6.3 Diskussion kring resultat	29
6.4 Genomgång av möjliga säkerhetshöjande åtgärder avseende kostnad-nytta	32
6.5 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	35
7 Närliggande Seveso-verksamhet	36
8 Diskussion, rekommendationer och förslag på skyddsåtgärder	38
9 Referenser	43
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	45
A.1 Olycka med massexplosivt ämne	47

A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	49
A.3	Olycka med giftig gas	51
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	52
A.5	Olycka med oxiderande ämne	54
A.6	Riskreducerande faktorer	54
A.7	Resultat av beräkningar	55
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser		61
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	64
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	69
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	73
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	75
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	79
Bilaga C - Indata för övriga farligt godsleder beräkningar		80
C.1	Personintensitet	80
C.2	Farligt gods	82
Bilaga D – Individrisk för samtliga farligt godsleder		84
Bilaga E - Känslighetsanalys		88
E.1	Diskussion kring skadade personer	92
Bilaga F – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet		94
Bilaga G – Möjliga säkerhetshöjande åtgärder		96
G.1	Dike	96
G.2	Vall	97
G.3	Mur/plank	98
G.4	Skyddsavstånd	99
G.5	Disposition av planområde	99
G.6	Disposition av byggnad	100
G.7	Placering av friskluftsintag	101
G.8	Förstärkning av stomme/fasad	102
G.9	Begränsning av fönsterarea	103
G.10	Ej öppningsbara fönster	104
G.11	Brandskyddad fasad	105

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, arbetar med att ta ett planprogram för Slakthusområdet som syftar till att studera områdets framtida utveckling utifrån rådande förutsättningar. Planprogrammet syftar till att visa på en framtida utveckling av Slakthusområdet som en integrerad stadsdel med blandstadskaraktär genom att utreda lämpligheten i en omvandling till blandstad med en ökad andel av mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje samt bostäder och parkmiljöer.

Planområdet ligger i Gamlestaden i anslutning till Gamlestadens resecentrum. I väster avgränsas planområdet av E45, i öster av Norge/Vänerbanan, i söder av Säveån och i norr av Göteborgs Energis område. Totalt omfattar planområdet cirka 19 hektar där marken ägs av Klöver, Profood, HIGAB, Göteborg Energi samt staden och Trafikverket. I dagsläget nyttjas marken för industri, framförallt inom livsmedel, kontor och lager. Göteborg Energi har anläggningar och kontor inom sin fastighet. I övrigt utgörs marken av trafikområden.

Programområdet är omgärdat av riskkällor, både väg och järnväg, där farligt gods transporteras. Samtliga leder ligger på en högre nivå än befintlig marknivå. Väster om E45 ligger Marieholms industriområde med en blandning av verksamheter. I höjd med programområdets norra del finns en Seveso-klassad anläggning. Med anledning av detta har Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad, efterfrågat en riskanalys.

1.2 Omfattning - Avgränsning

Uppdraget innebär att genomföra en riskutredning i syfte att klarlägga vilka möjligheter som finns att utveckla området med en ökad karaktär av blandstad avseende mängd och geografisk placering i förhållande till leder för farligt gods och närliggande Seveso-verksamhet samt vad som i så fall krävs i form av riskreducerande åtgärder. I uppdraget ingår även att ta ställning till eventuella nödvändiga rekommendationer till kommande arbete med detaljplan.

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. Riskanalysen kommer även att utgöra ett underlag för fortsatta diskussioner om hur önskad exploatering kan realiseras och arbete med kommande detaljplaner.

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

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

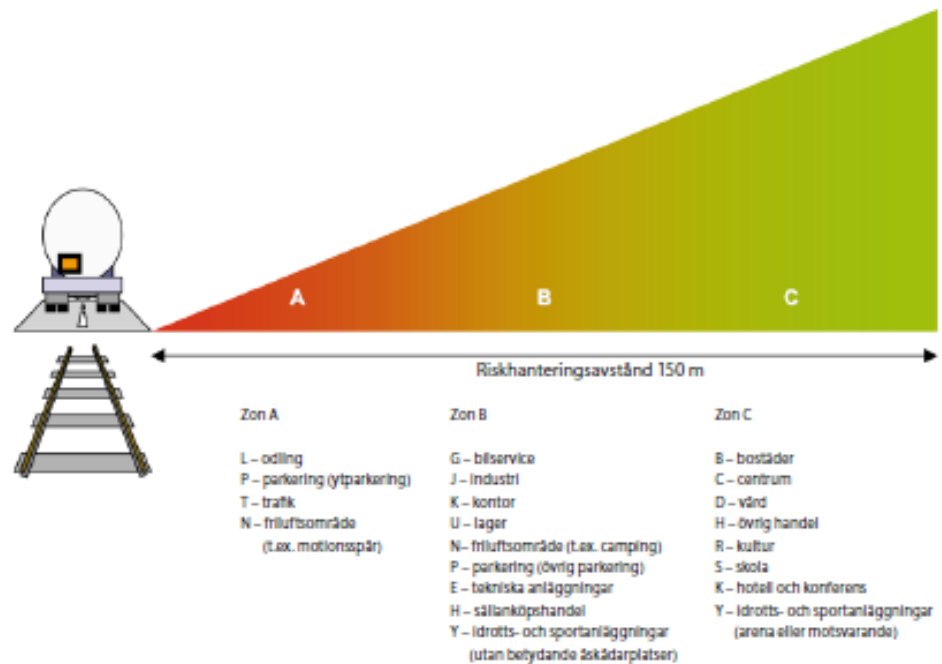
Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av risknivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

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

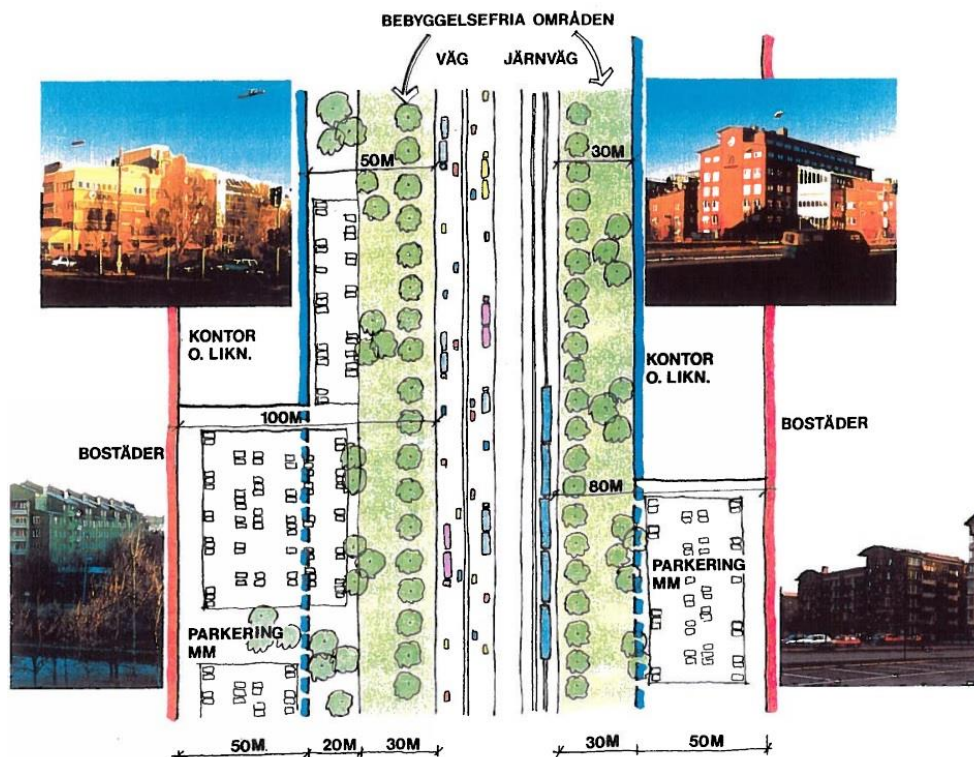
markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens.



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

2.2.2 Göteborgs översiktsplan

Enligt Göteborgs översiktsplan (ÖP99) skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. Det bebyggelsefria området kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan kan kontor och liknande verksamheter placeras på avstånd längre än 30 meter ifrån järnväg med farligt gods och 50 meter ifrån väg med farligt gods. Enligt översiktsplanen skall bostäder placeras 80 meter ifrån järnväg med farligt gods och 100 meter ifrån väg med farligt gods. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med ÖP99 redovisas i figur 2. Notera att dessa avstånd anger avstånd mätt från vägkant/banvall.



Figur 2. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan. (ÖP, 1999)

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

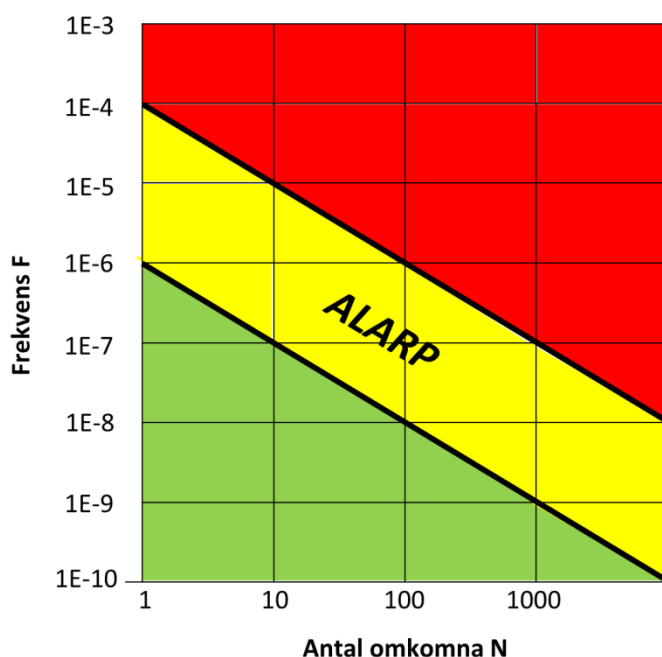
Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisken presenteras i FN-diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N), se figur 3. Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att 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 3).
- > 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 3).

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 3.

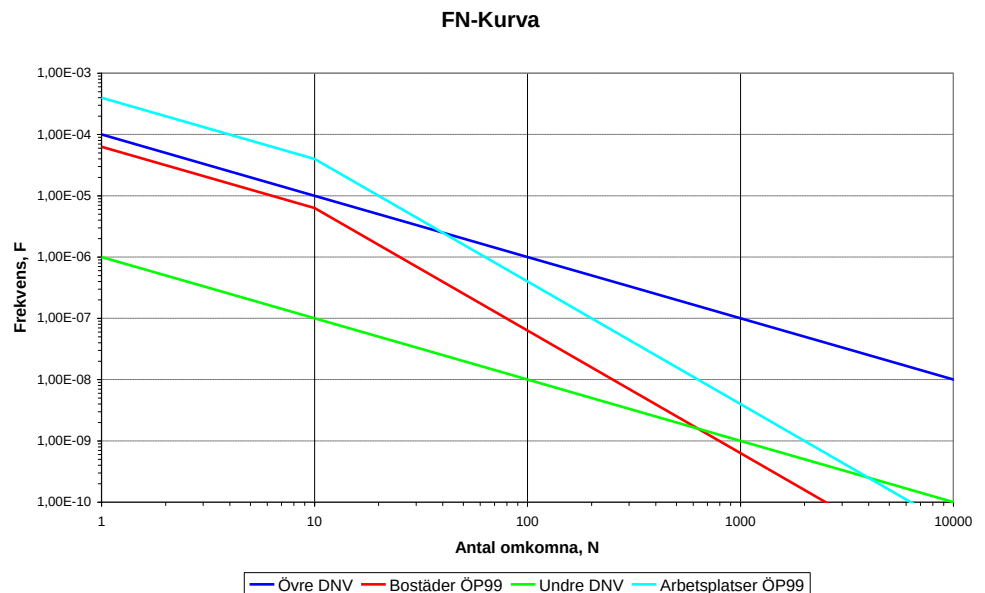


Figur 3. Kriterium för samhällsrisk Värdering av risk (SRV, 1997).
Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$. Kriteriet gäller 2 sidor om transportleden på en sträcka om 1000 m.

2.4.2 Göteborgs Översiktsplan fördjupad för farligt gods (ÖP99)

I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods (ÖP99) finns även förslag på kriterier för samhällsrisk för bostäder och arbetsplatser. I figur 4 presenteras ett FN- diagram med DNV's kriterier samt kriterier för arbetsplatser och bostäder som tillämpas i Göteborg och kommer ifrån ÖP99.

DNV's förslag (grön och blå linje i figur 4) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör värderas. Kriterier enligt Göteborgs översiktsplan presenteras som röd linje (kriteriet för bostäder) och turkos linje (kriteriet för arbetsplatser). Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på 1 km (båda sidor av leden) medan Göteborgs kriterier baseras på ett typområde på 2 km (båda sidor av leden).

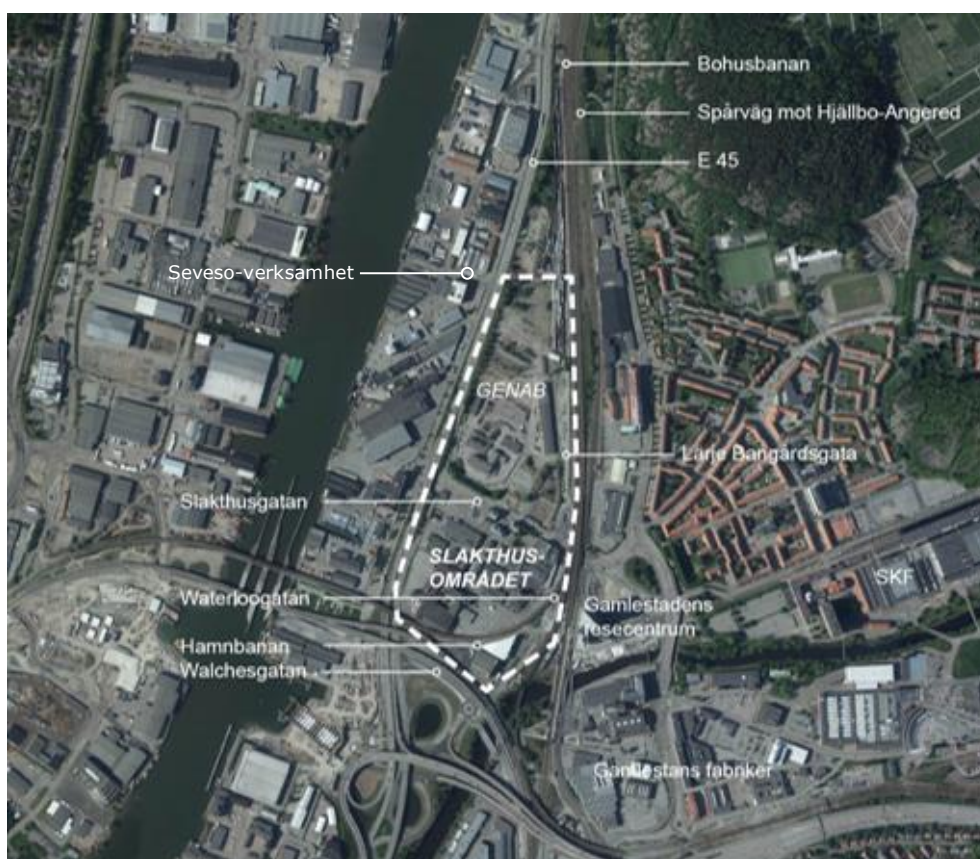


Figur 4. FN-kurva med föreslagna riskkriterier enligt Göteborgs översiktsplan och DNV. DNV's förslag (grön och blå linje) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör diskuteras. Från Göteborg översiktsplan fördjupad för farligt gods kommer de andra två kriterierna som beskriver kriterier för arbetsplatser och bostäder (röd och turkos linje).

3 Förutsättningar

3.1 Planområdet

Studerat planområde ligger i Gamlestaden i anslutning till Gamlestadens resecentrum. I väster avgränsas planområdet av E45, i öster av Norge/Vänerbanan, i söder av Sävveån och i norr av Göteborgs Energis område. Programområdet är omgärdat av riskkällor, både väg och järnväg, där farligt gods transporteras. Samtliga leder ligger på en högre nivå än befintlig marknivå. Väster om E45 ligger Mariefholms industriområde med en blandning av verksamheter. I höjd med programområdets norra del finns en Seveso-klassad anläggning. I figur 5 är föreslaget planområde markerat.



Figur 5. Studerat planområde.

I rapporten refereras till två olika delar av planområdet, den norra delen av planområdet samt den södra delen av planområdet. Gränsdragningen mellan dessa två områden går i höjd med Slakthusgatans nya dragning med tillhörande cirkulationsplats, området norr om Slakthusgatan utgör det norra området och området söder om Slakthusgatan utgör det södra området, se Figur 7 där den södra delen av planområdet illustreras.

Totalt omfattar planområdet cirka 19 hektar och marken ägs av:

- > Klöver
- > Profood
- > HIGAB
- > Göteborg Energi
- > Trafikverket.
- > Göteborgs Stad

I dagsläget nyttjas marken för industri, framförallt inom livsmedel, kontor och lager. Göteborg Energi har anläggningar och kontor inom sin fastighet. I övrigt utgörs marken av trafikområden.

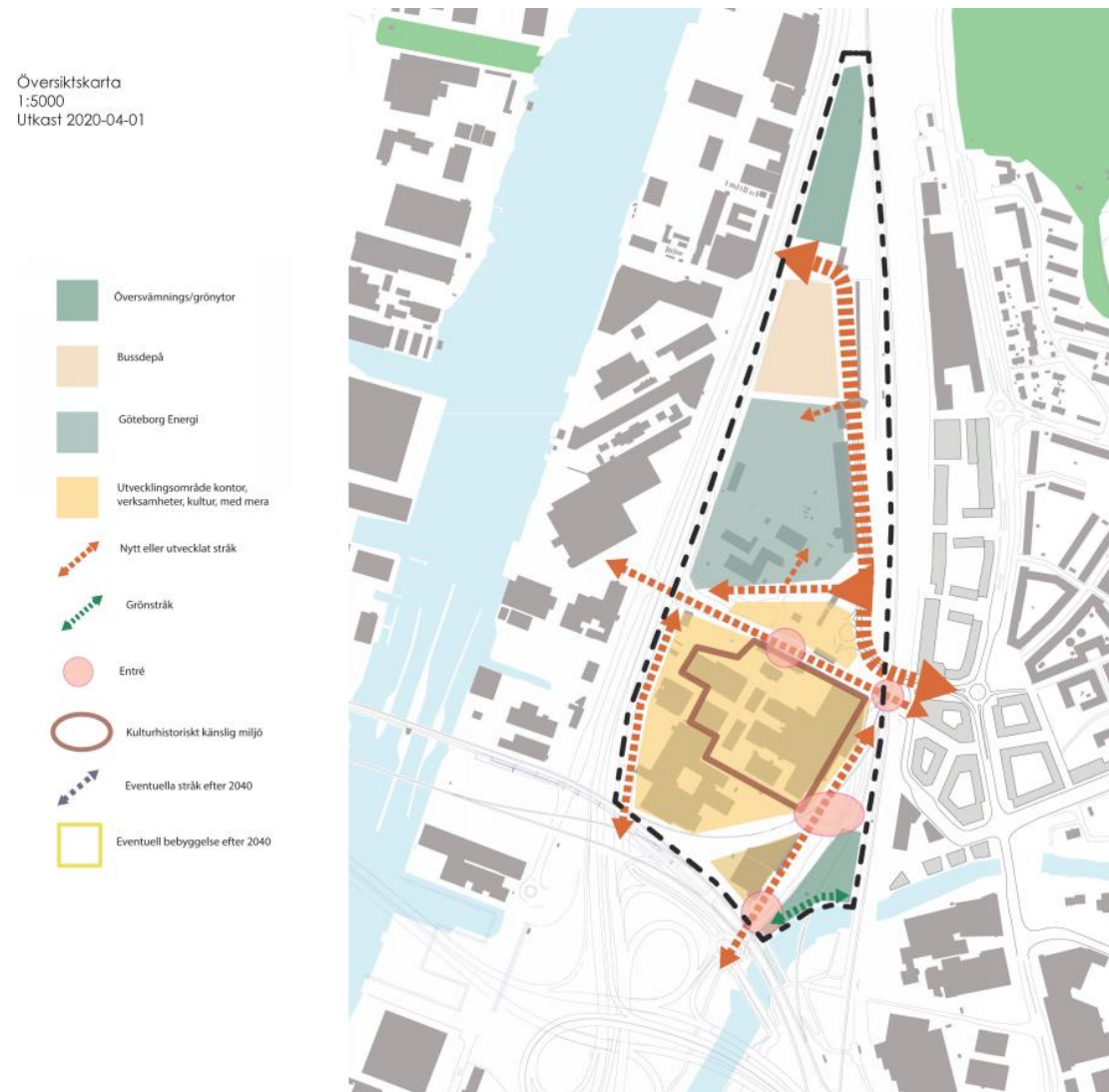
Planprogrammet syftar till att visa på en framtida utveckling av Slakthusområdet som en integrerad stadsdel med blandstadskaraktär genom att utreda lämpligheten i en omvandling till blandstad med en ökad andel av mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje samt bostäder och parkmiljöer. I den norra delen av planområdet finns det även eventuella planer på att etablera en bussdepå.

I den norra delen av planområdet ligger även Bergslagens Järnvägssällskap vilket är en ideell förening som bevarar äldre järnvägsmateriel och bedriver trafik med veteranåtgång. Denna verksamhet har ej beaktats i riskutredningen då de endast har ett fåtal större evenemang per år samt att de då ofta bedriver trafik med veteranåtgång och därmed kan betraktas som resenärer vilket ej brukar beaktas i farligt godsanalyser.

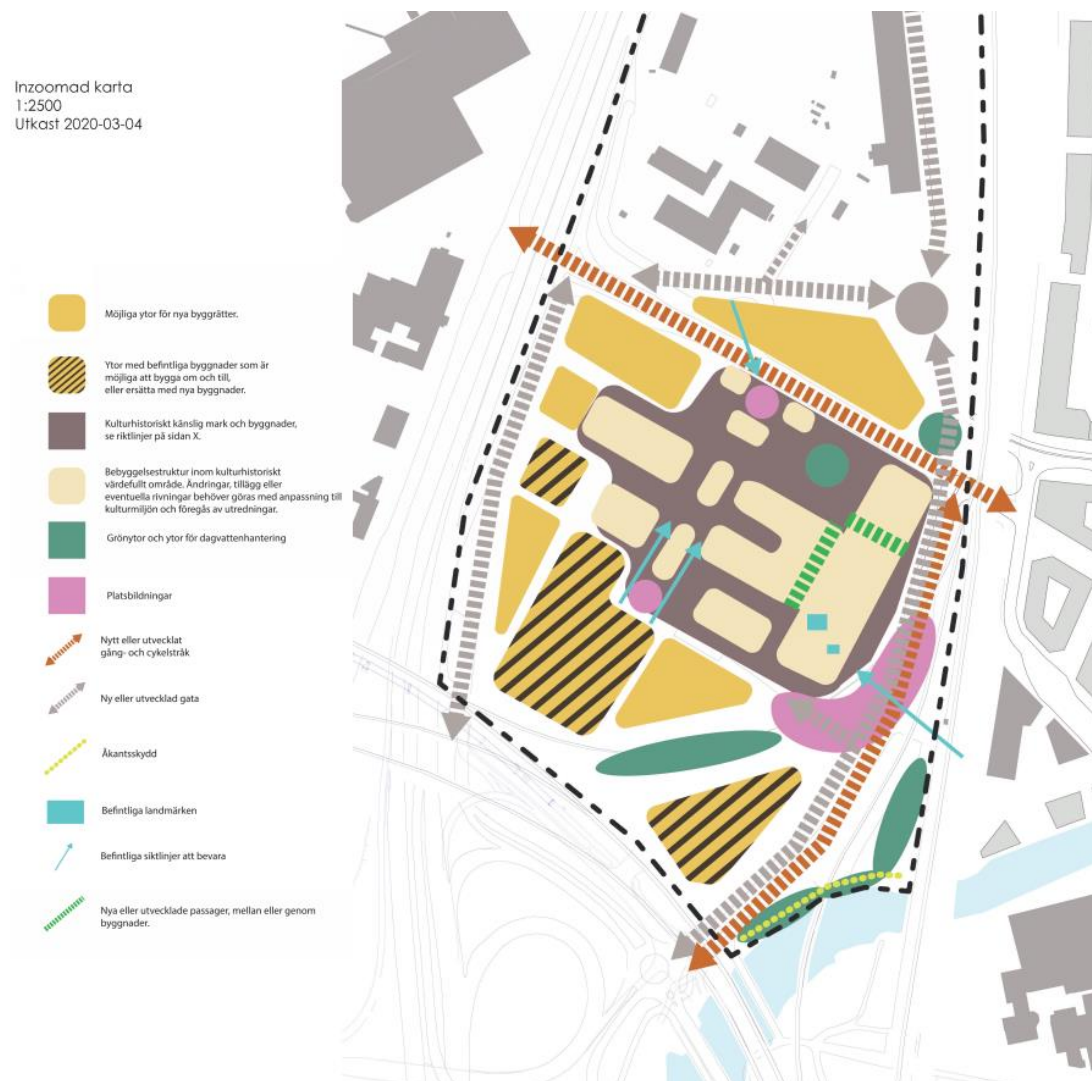
Som underlag för riskutredningen har översiktskartorna i figur 6 och 7 använts för att uppskatta omfattning, lokalisering och typ av bebyggelse som kan komma att bli aktuell i kommande detaljplanarbeten. Det ska förtydligas att stora förändringar kan komma att ske gentemot vad som legat till grund för denna riskanalys varför risknivåerna för kommande detaljplaner måste verifieras i ett senare skede. I riskutredningen har det antagits att bebyggelsen har utgjorts av en kombination av befintlig bebyggelse samt tillkommande bebyggelse då flera av byggnaderna inom planområdet är av kulturhistoriskt intresse. För befintlig bebyggelse har inga skyddsåtgärder antagits eller applicerats i beräkningarna.

Totalt har ca 138 700 m² bebyggelse beaktats i riskutredningen varav ca 90 000 m² utgörs av tillkommande bebyggelse och ca 49 000 m² utgörs befintlig bebyggelse. För befintlig bebyggelse har ca 31 000 m² antagits utgöras av kontor och ca 18 000 m² av industriverksamhet. Samtlig tillkommande bebyggelse har antagits utgöras av kontor.

Exakt hur blandstadskaraktären i området kommer att vara fördelat mellan mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje samt bostäder och parkmiljöer är i dagsläget osäkert varför beräkningarna huvudsakligen har baserats på kontorsbebyggelse vilket bedöms generera en hög persontäthet och därför utgöra ett rimligt beräkningsunderlag. Vissa användningsområden så som t.ex. biografer, teater eller samlingslokaler kan leda tidvis leda till mycket högre personintensitet än kontor men nyttjas vanligtvis under en mindre del av dygnet, det anses inte heller rimligt att anta att detta kommer att utgöra betydande delar av planområdet. Bostäder, verksamheter och restauranger nyttjas vanligtvis huvudsakligen vid andra tider på dygnet än kontor men leder ofta till en lägre personintensitet. Andra användningsområden så som t.ex. industri, parker eller parkeringsytor genererar vanligtvis avsevärt lägre personintensitet än kontor. Sammantaget bedömer COWI man genom att mestadels ansätta kontorsbebyggelse får rimliga resultat för den blandstadsbebyggelse som avses inom planområdet. COWI vill dock förtydliga att risknivåerna för respektive detaljplan ska verifieras genom riskanalys vid kommande detaljplaner för respektive detaljplan då de faktiska förutsättningarna för planerad bebyggelse är kända.



Figur 6. Översiktskarta för hela planområdet.



Figur 7. Inzoomad översiktskarta för den södra delen av planområdet.

3.2 Närliggande befintlig bebyggelse

Närliggande bebyggelse runt planområdet består huvudsakligen av industri, lager och kontor samt flera stora trafik- och järnvägsleder. Nordväst om planområdet ligger en närliggande Seveso-verksamhet som utgör en riskkälla, se Figur 5 samt kapitel 7.

3.3 Personintensitet

Vi uppskattning av personintensitet har de uppgifter som presenteras i kapitel 3.1 använts tillsammans med antaganden som presenteras i bilaga F. Personintensiteten har beräknats med avseende på avstånd för samtliga farligt godsleder.

Då planprogrammet syftar till att utveckla Slakthusområdet till en integrerad stadsdel med blandstadskaraktär och en viktig knypunkt för staden kan det förväntas en större genomströmning av folk i och genom området samt att området lockar många besökare under kvällar och helger. Med anledning av detta har personintensiteten utökats med 20 personer dagtid och 5 personer nattetid som antagits vistas utomhus inom områdets mer centrala delar. Notera att detta gäller under hela dagen/natten under årets samtliga dagar. I bilaga E har COWI genomfört en känslighetsanalys där antalet personer inom området utökats med 50 personer dagtid och 15 personer nattetid.

I tabell 1 presenteras beräknad personintensiteten för studerat planområde med avseende på **E45 (1)**. Personintensiteten tar hänsyn till såväl ny som befintlig bebyggelse inom det studerade planområdet. Studerat planområde sträcker sig ca 850 meter längs **E45 (1)**.

Beräknad personintensitet med avseende på övriga farligt godsleder finns presenterade i bilaga C.

Tabell 1. *Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **E45 (1)**.*

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	18	876	0	4
50-100	13	650	0	18
100-150	32	831	5	6
150-200	36	823	6	5

Sammantaget bedöms beräknad personintensitet vara konservativ då majoriteten av bebyggelse har ansatts till kontor, vilket har en hög personintensitet och beläggning över dagen jämfört med många andra typer av blandstadsbebyggelse. Utöver detta har alla dagar under året även behandlats

som vardagar vid beräkningarna, dvs. bebyggelsen har antagits ha beläggning även under helger, semesterperioder och under annan ledighet.

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 ADR¹ och RID-klasser² beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

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

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

4.1 Generella antaganden

Vid uppskattning av transporterat farligt gods på studerade farligt godsleder förbi studerat område har följande antaganden gjorts:

- > 10 % av klass 1 varor antas utgöras av massexplosiva ämnen.
- > 20 % av klass 1 produkterna på väg transporteras i större lastbilar med max last på 16 ton medan 80 % av klass 1 produkterna transporteras i mindre bilar med last <1 ton. För järnvägstransporter antas samtliga transporter med klass 1 utgöras av stora transporter.
- > För övriga kategorier av farligt gods på väg antas fulla transporter vilket motsvarar ca 16 ton.
- > 7% av det totala antalet godsvagnar antas innehålla farligt gods (WSP, 2012)
- > Ett godståg antas bestå av i snitt 25 vagnar³
- > Uppskattade mängder transporterat farligt gods har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040.

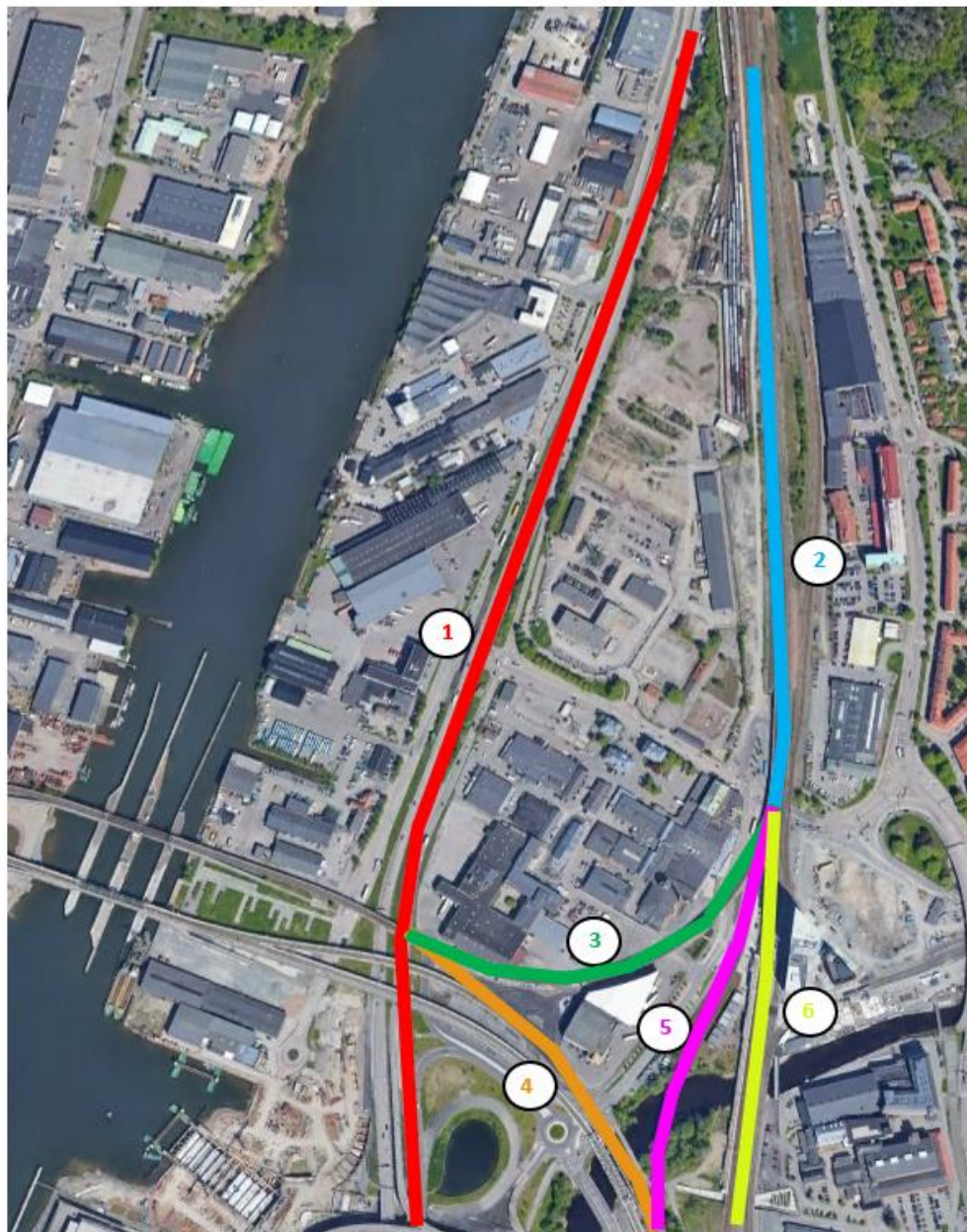
¹ ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

² RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

³ Baserat på generell begränsning av 630 meter tåglängd inom svenska järnvägssystemet och vagnslängd om 24 meter. Tåglängdsbegränsning om 630 meter gäller på merparten av Sveriges järnvägssträckor

4.2 Studerade farligt godsleder

Programområdet är omgärdat av riskkällor, både väg och järnväg, där farligt gods transporteras, se figur 8 nedan. Samtliga leder ligger på en högre nivå än befintlig marknivå.



Figur 8. Studerade farligt godsleder runt planområdet:

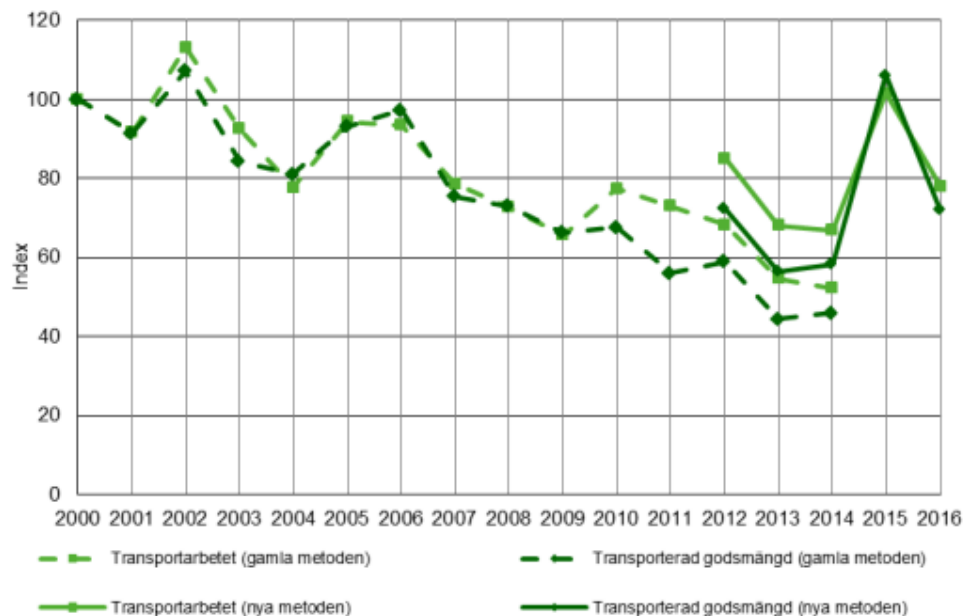
1) E45, 2) Norge-Vänerbanan – Norra delen, 3) Triangelspåret, 4) Skäran, 5) Hammaren, 6) Norge-Vänerbanan – Södra delen

4.2.1 Väg E45

År 2017 transporterades totalt 449 miljoner ton gods av svenskregistrerade lastbilar inom Sverige. Samma år transporterades 12 miljoner ton farligt gods på svenska vägar vilket motsvarar ca 2,7 % av den totala mängden gods som transporterades. I denna analys antas att andelen farligt gods utgör 3% av det

totala antalet transporter. Samtliga farligt godsklasser är representerade på E45 förbi området.

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med ett flertal projekt som syftar till att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend, se Figur 9. (Trafikanalys, 2017)



Figur 9. År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på landets vägar. Sedan dess har såväl transporterad godsmängd som transportarbete med denna typ av last uppvisat en minskande trend. I Figuren visas trenden med år 2000 som bas.

Uppskattade mängder transporterat farligt gods har räknats upp för att representera ett framtidsscenario år 2040. Vid uppräkningsen antas antalet transporter med farligt gods öka i samma takt som antalet transporter med tung trafik på väg. Uppräkningen baseras på prognosvärden för år 2040 för tung trafik på väg från Trafikverket (2018) och innebär en ökning med 1,8 % per år. COWI bedömer antagandet som mycket konservativt. Då indata avseende farligt gods utgår ifrån statistik från 2016 i den här riskbedömningen innebär en ökning med 1,8%/år en total ökning på 53% från år 2016 till år 2040.

Fördelningen mellan olika farligt godsklasser baseras på inventering av farligt gods på den aktuella sträckan från SRV (2006).

Det antal transporter som ligger till grund för beräkning av risk med avseende på **E45 (1)** i denna rapport presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Transporter av farligt gods per RID-klass på **E45 (1)** intill planområdet (transporter/år)

	Uppskattat antal transporter/år
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen - små	5
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	1191
2.3 Giftiga gaser	0
3. Brandfarlig vätska klass 1	10907
5. Oxiderande ämnen	325

4.2.2 Järnvägsleder

Uppgifter gällande hur mycket farligt gods som transporteras (antal vagnar/år) på aktuella transportleder förbi studerat område har uppskattats baserat på Trafikverkets prognos avseende antalet godstransporter på järnvägen år 2040 (Trafikverket, 2018). Prognostiserade mängder för respektive bandel är:

- > Norge/Vänerbanan – 12 godstransporter/dygn
- > Hammaren – 14 godstransporter/dygn
- > Triangelspåret – 18 godstransporter/dygn

Då dessa transportleder sammanfaller för den norra delen förbi planområdet summeras antalet transporter för denna sträcka till 44 godstransporter/dygn.

Fördelningen mellan olika farligt godsklasser baseras på data från tidigare genomförd riskanalys för Gamlestads torg, etapp 1 (WSP, 2012). Denna data består av uppgifter från Trafikverket avseende verklig fördelning på Triangelspåret, Hammaren och Gamlestadens pendeltågsstation under 2009 samt prognos för 2020.

Uppgifter avseende den fördelning av farligt godstransporter som trafikerar Hamnbanan gäller transporter under år 2012 och är den senaste som gått att få från Trafikverket (2013). Uppgifterna redovisas inte i denna rapport

Skäran utgör ett delflöde av Hamnbanan och antalet transporter av farligt gods på denna sträcka har baserats på konfidentiella uppgifter som COWI har erhållit från Trafikverket (Trafikverket, 2013) i tidigare projekt (COWI, 2017 m.fl.). Uppgifter om transporterade mängder farligt gods på Skäran redovisas därmed inte i denna rapport utan i en konfidentiell bilaga, se tabell H.1 i bilaga H.

Antalet transporter för studerade farligt godsleder på järnväg finns presenterade i bilaga C.

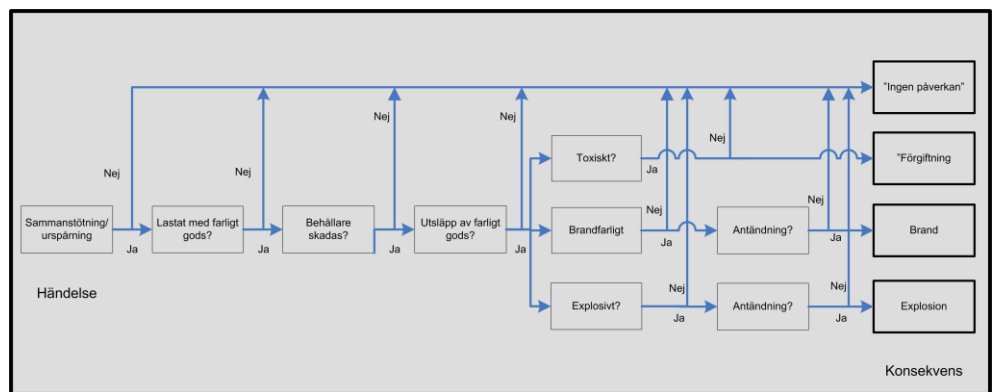
5 Faror vid olycka med farligt gods

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 10.



Figur 10. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 3 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 3. 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,

platsspecifika 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 4 och 5 redovisas individrisken med avseende på **E45 (1)** baserat på identifierade olyckshändelser. I tabellerna redovisas individrisken utan respektive med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder. Notera att samtliga rekommenderade skyddsåtgärder inte kvantifierats, vilka skyddsåtgärder som rekommenderats återfinns i kapitel 9.1 och vilka som kvantifierats återfinns i bilaga A, avsnitt A.6. Notera även att skyddsåtgärder i beräkningarna endast har applicerats på ny bebyggelse.

Röda siffror i tabellen indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Gula siffror i tabellen indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad-nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Tabell 4. Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på **E45 (1)**, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder för ny bebyggelse. Avstånd är mätta från vägkant.

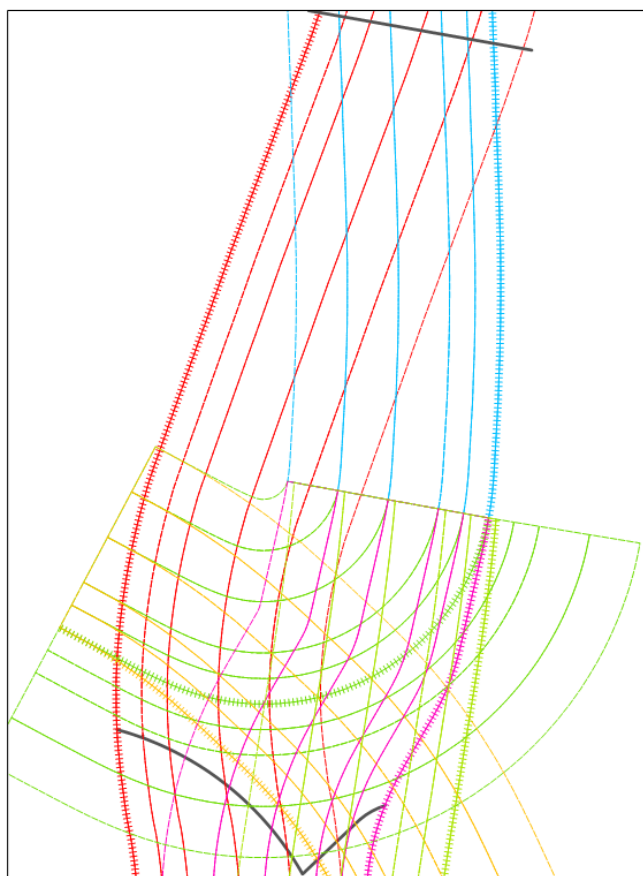
Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,84E-06	3,91E-06
25-50	1,05E-06	5,11E-07
50-100	6,46E-08	1,36E-08
100-150	1,43E-08	< 1,00E-09
150-200	4,76E-09	< 1,00E-09

Tabell 5. *Individrisk längs med studerad sträcka med avseende på **E45** (1), **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder för ny bebyggelse. Avstånd är mätta från vägkant.*

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,84E-06	1,43E-07
25-50	1,05E-06	3,76E-08
50-100	6,46E-08	2,19E-08
100-150	1,43E-08	< 1,00E-09
150-200	4,76E-09	< 1,00E-09

Beräknade individrisker med avseende på övriga farligt godsleder har tagits fram på samma vis som för **E45** (1) och finns presenterade i bilaga D.

COWI har därefter adderat summan av samtliga individriskerna med avseende på respektive avståndsintervall och farligt godsled för varje enskild zon där avståndsintervallen korsar varandra se figur 11 nedan.



Figur 11. *Illustration av överlapp av avståndsintervall för samtliga farligt godsleder.*

I figur 12, 13 och 14 nedan redovisas den samlade individrisken utomhus, inomhus utan skyddsåtgärder respektive inomhus med skyddsåtgärder för planområdet.

Röda områden i figurerna indikerar, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, att risknivån ligger inom det område där risknivån är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån. Gula områden i figurerna indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad-nytta synpunkt. Gröna zoner indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

Notera att även om inga röda zoner uppnås så är de gula zonerna i det sydvästra hörnet mycket nära att komma upp i värden som motsvara en risknivå som är oacceptabel och att skyddsåtgärder skall införas för att minska risknivån enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit. Individriskerna är avtagande med ökat avstånd från stoderade farligt godsleder.



Figur 12. Samlad individrisk utomhus för planområdet.



Figur 13. Samlad individrisk inomhus utan skyddsåtgärder för planområdet



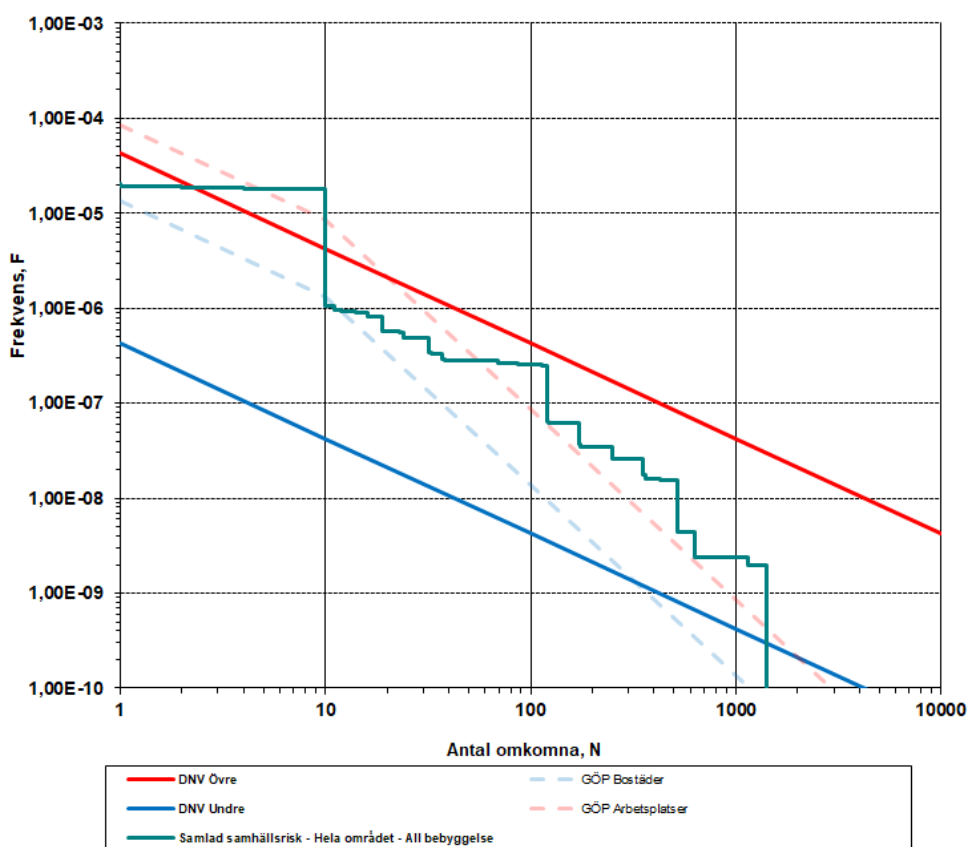
Figur 14. Samlad individrisk inomhus med skyddsåtgärder för planområdet.

6.2 Samhällsrisk för studerat område

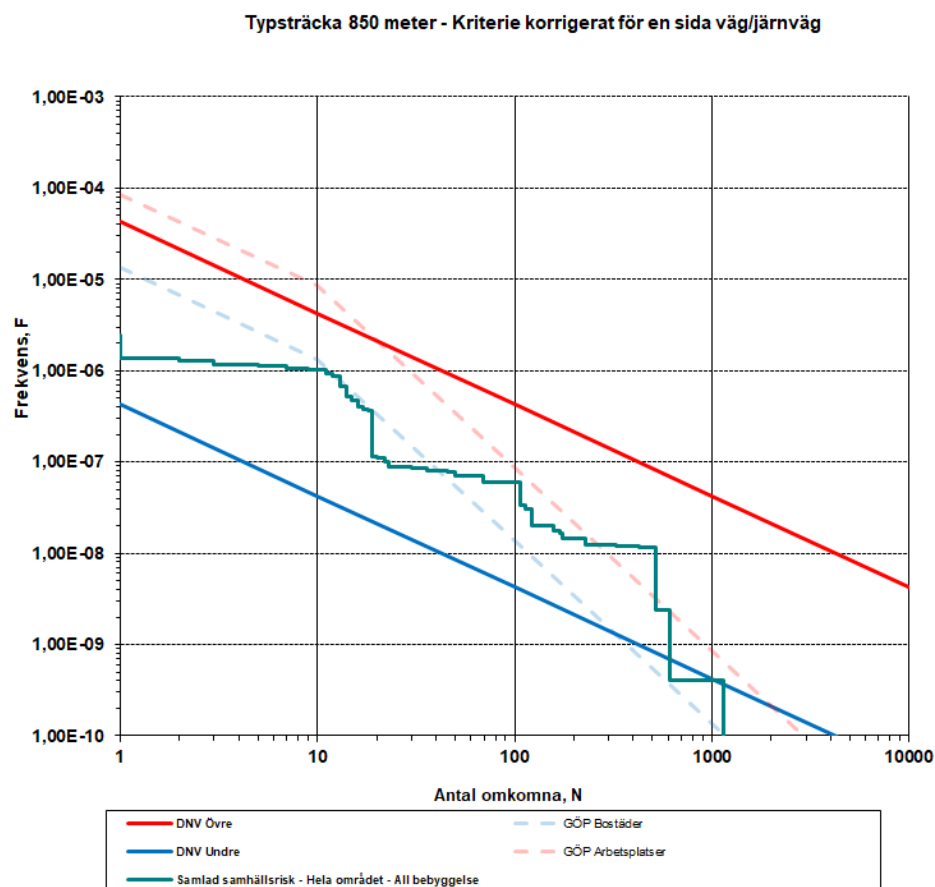
I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade planområdet efter att den bebyggelse som presenteras i kapitel 3 tillkommit. Samhällsrisk presenteras med respektive utan hänsyn till rekommenderade/kvantifierade skyddsåtgärder tillsammans med DNV's och GÖP's kriterier. Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på 1 km och GÖP's kriterier ett område på 2 km (båda sidor av vägen/järnvägen). Vid beräkning har dessa kriterier justerats så att de gäller ett område på 850 meter på en sida av vägen vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,4 och kriterier från GÖP har multiplicerats med 0,2 (850 meter). Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

I figur 15 presenteras samhällsrisk, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse för hela planområdet, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för någon del av bebyggelsen på området. I figur 16 presenteras samhällsrisk med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 9.1 för rekommenderade skyddsåtgärder samt bilaga A (avsnitt A.6) för kvantifierade skyddsåtgärder).

Typsträcka 850 meter - Kriterie korrigerat för en sida väg/järnväg



Figur 15. Samhällsrisk för hela det studerade planområdet efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder.



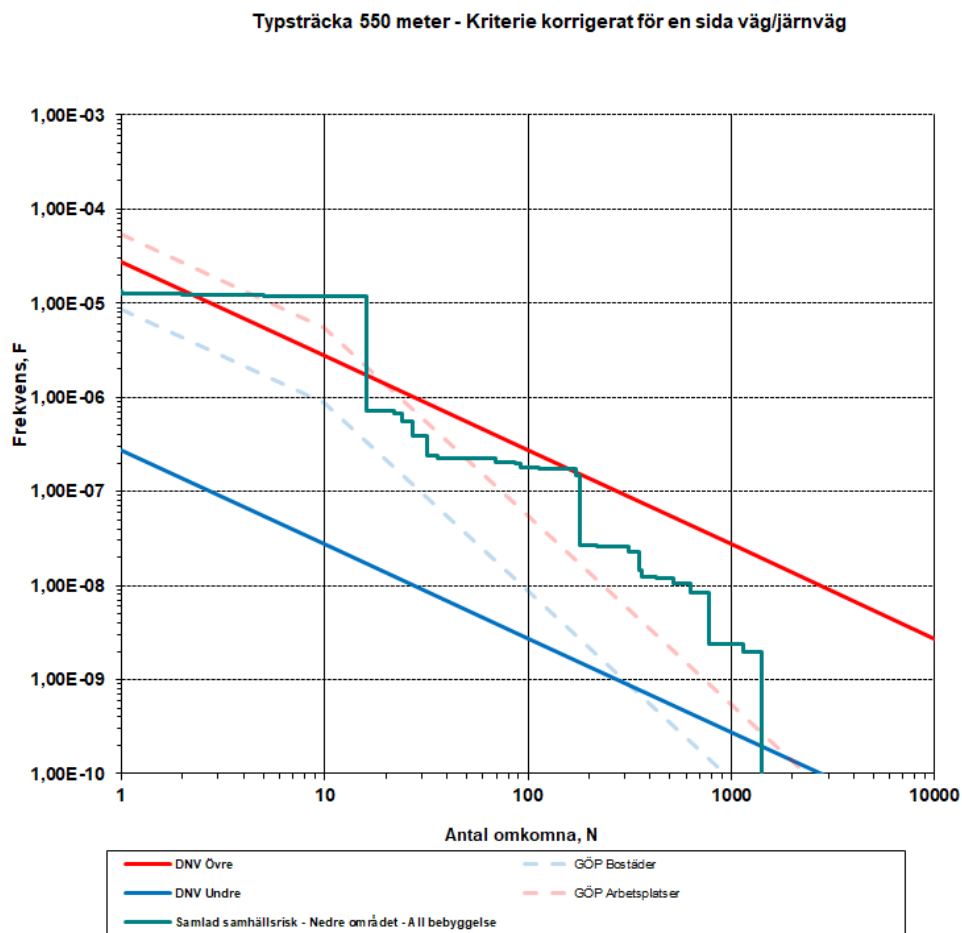
Figur 16. Samhällsrisk för hela det studerade planområdet efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

6.2.1 Södra delen av planområdet

Då den södra delen av planområdet, se figur 7, planeras att exploateras i högre omfattning än den norra delen av planområdet har COWI genomfört en separat beräkning av samhällsrisk för bebyggelsen i den södra delen av planområdet. Detta ger en mer konservativ bild av samhällsrisk för detta område då den dimensionerande sträckan blir kortare och acceptanskriterierna därmed skalas ner. Vid beräkning av den södra delen har kriterierna justerats så att de gäller ett område på 550 meter på en sida av vägen vilket motsvarar dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,275 och kriterier från GÖP har multiplicerats med 0,1375 (550 meter). Beräkningarna av samhällsrisk redovisas i bilaga A.

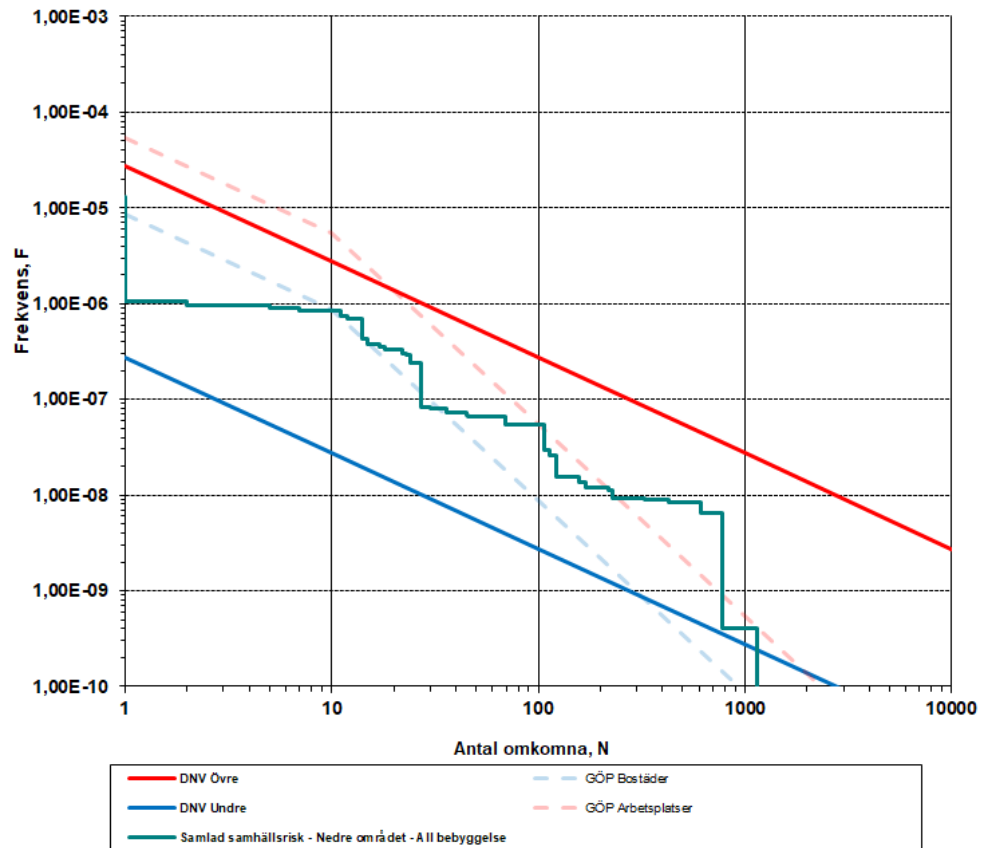
I figur 17 presenteras samhällsrisk, för ny bebyggelse samt befintlig bebyggelse för hela planområdet, utan studerade säkerhetshöjande åtgärder för

någon del av bebyggelsen på området. I figur 18 presenteras samhällsrisker med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder (se kapitel 9.1 för rekommenderade skyddsåtgärder samt bilaga A (avsnitt A.6) för kvantifierade skyddsåtgärder).



Figur 17. Samhällsrisker för den södra delen av det studerade planområdet efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, utan hänsyn till riskreducerande åtgärder.

Typsträcka 550 meter - Kriterie korrigerat för en sida väg/järnväg



Figur 18. Samhällsrisk för den södra delen av det studerade planområdet efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

6.3 Diskussion kring resultat

6.3.1 Individrisk

Beräkningarna av individrisk, se bilaga D, visar att **Skäran (4)** står för det största riskbidraget och därefter **E45 (1)** samt den norra delen av **Norge-Vänerbanan (2)**. Individrisknivåerna blir därför högst vid korsningen av **Skäran (4)** och **E45 (1)** i planområdets södra del. Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsleder och individrisken inomhus reduceras när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar individrisken **utomhus** för stora delar av området närmast studerade farligt godsleder på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nytta synpunkt, se figur 12. För områdets centrala delar hamnar individrisken utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

När individrisken **inomhus utan skydd** studeras är det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nytta synpunkt, se figur 13. Det centrala område där individrisken är på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga utökas.

När hänsyn tas till **rekommenderade skyddsåtgärder** reduceras risknivån **inomhus** ytterligare. Detta innebär att individrisken för stora delar av planområdet hamnar på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga, se figur 14. Det är endast i zonerna närmast de två mest bidragande lederna **Skäran (4)** och **E45 (1)** som individrisken fortsatt hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnads-nytta synpunkt.

6.3.2 Samhällsrisk

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsriskerna över DNV's övre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Jämfört kriterierna i GÖP hamnar samhällsriskerna över både kriteriet för bostäder och kriteriet för kontor. Detta innebär att samhällsriskerna inte bedöms som acceptabel.

Samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar samhällsriskerna över DNV's undre kriterie men under DNV's övre kriterie. Vidare hamnar samhällsriskerna över kriteriet för bostäder men under kriteriet för kontor enligt GÖP med undantag för några enskilda punkter, se resonemang nedan.

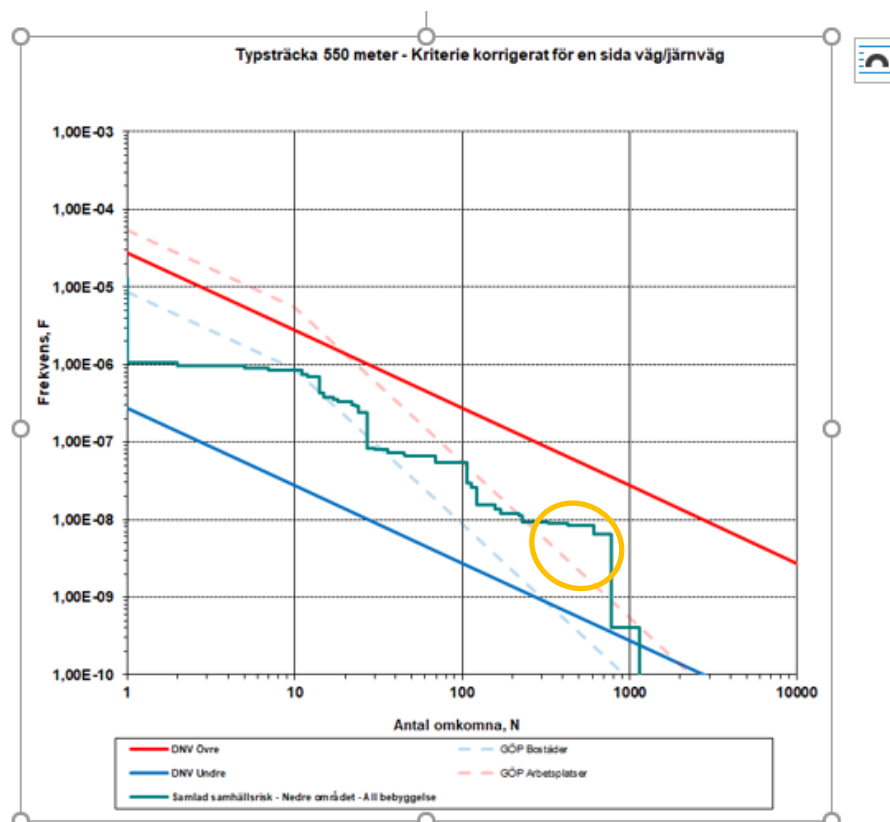
Södra delen av planområdet

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsriskerna över DNV's övre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Jämfört kriterierna i GÖP hamnar samhällsriskerna över både kriteriet för bostäder och kriteriet för kontor. Detta innebär att samhällsriskerna inte bedöms som acceptabel.

Samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar samhällsriskerna över DNV's undre kriterie men under DNV's övre kriterie. Vidare hamnar samhällsriskerna över kriteriet för bostäder men under kriteriet för kontor enligt GÖP med undantag för några enskilda punkter, se resonemang nedan.

Händelser som höjer samhällsriskerna

Beräkningar av samhällsriskerna visar på några punkter som överskrider kriteriet för kontor enligt GÖP även när hänsyn tagits till rekommenderade skyddsåtgärder, se figur 19. Den främsta bidragande faktorn till detta är händelsen BLEVE.



Figur 19. Samhällsrisken för den södra delen av det studerade planområdet efter etablering i enlighet med beskrivningar i kapitel 3, **med** hänsyn till riskreducerande åtgärder. Det inringade området anger de punkter där kriteriet för kontor enligt GÖP överskrids och utgörs huvudsakligen av händelsen BLEVE.

En 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. Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie. Tryckeffekterna bedöms vara betydligt större än den dimensionerande explosionslasten av en explosion med 10 kg gasol man vanligtvis använder vid samhällsplanering längsmed farligt godsleder i Göteborg. Att dimensionera byggnader för att motstå en BLEVE och därmed skydda personer inomhus bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nytta. Att skydda människor utomhus mot effekterna av en BLEVE bedöms inte heller rimligt.

Nedan beskrivs skyddsåtgärder som bedöms hjälpa i händelse av en BLEVE. Notera att dessa effekter inte har kvantifierats och inte ingått i beräkningar av individ- och samhällsrisk.

- Ett bebyggelsefritt område som ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse närmast studerade farligt godsleder. Det

bebyggelsefria området kan användas för ytparkering, lokalväg, GC-bana, promenadstråk eller grönområden.

- > Att entréer/varuintag för den första radens bebyggelse ej vetter mot studerade farligt godsleder.
- > Att utrymning bort från studerade farligt godsleder är möjlig för den första radens bebyggelse.

6.4 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 6 presenteras den tabell som återfinns i Räddningsverkets (2006) skrift) över säkerhetshöjande åtgärder. Tabell 6 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 9.1 samt att de åtgärder som

kvantifierats vid beräkning av individ- och samhällsrisk presenteras i bilaga A, avsnitt A.6.

Tabell 6. Kategorisering av skadehändelser och riskreducerande åtgärder. (Räddningsverket, 2006)

		MARKÅTGÄRDER							SEPARATIONSÅTGÄRDER								UTFORMINGSÅTGÄRDER								FASADÅTGÄRDER			
		Markbeläggning porös	Markbeläggning lätt	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 friskluftslintag	Ej Källare	Plushöjd	Nedgrävning av riskkällor	Byggnadshöjd	Förstärkning av stomme	Begr. av fönsterearea	Ej öppningsbara fönster	Brandskyddad fasad
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
Ras	Jord					X	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						
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		
	Konstruktionsdelar/föremål									X	X		X		X			X					X		X	X		
Spridning i luft	Giftiga gaser									X	X	X	X		X			X		X							X	X
	Brännbara gaser									X	X	X	X		X			X		X							X	X
	Brandgaser (rök)									X	X	X	X		X			X		X							X	X
	Damm, aerosoler									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)
Regleras eller kan regleras av annan lagstiftning		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

6.5 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

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

Vidare kan kommande förändringar i samband med framtida detaljplanarbeten beträffande exploateringsgrad, lokalisering och användningsområden medföra att risknivåerna kommer att förändras mot vad som presenteras i denna rapport. Det är därför viktigt att risknivåerna i senare skeden verifieras genom riskanalys i samband med respektive detaljplan då de faktiska förutsättningarna för planerad bebyggelse är kända.

Den samlade bedömningen är att de redovisade resultaten avseende samhälls- och individrisk är konservativa utifrån de förutsättningar som legat till grund för riskanalysen.

För en djupare diskussion angående osäkerheter, se Bilaga E.

7 Närliggande Seveso-verksamhet

Den Seveso-verksamhet som ligger väster om planområdet består av ett kemikalielager. Inom anläggningen lagras ett stort antal kemikalier i tankar, säckar, fat, dunkar m.m. Hantering av ämnen omfattar blandning av fasta och flytande kemikalier samt ompackning och fyllning av kemikalier. Anläggningen omsätter varje år 35 000 ton kemikalier.

I den riskanalys som ligger till grund för företagets säkerhetsrapport finns två risker, som kan klassas som allvarliga och ge konsekvenser för människor och miljö inom såväl som utanför anläggningen, identifierats. Dessa händelser är:

- > brand i kemikalielager och
- > utsläpp av klorgas

Brand i kemikalielager bedöms främst innebära utveckling av rök innehållande skadliga ämnen. Efter samtal med Räddningstjänsten och Seveso-verksamheten i tidigare projekt (COWI, 2019) bedöms främst klorgas utgöra en risk på de avstånd som föreligger mellan kemikalielagerna och planområdet. Även brandrök är giftig, men bedöms inte ge samma akuta effekter som klorgas ger.

Då information avseende exakta konsekvensavstånd från Seveso-anläggningen inte är tillgängliga i dagsläget har schabloniserade avstånd från MSB (2016) använts för att bedöma om den kan påverka planområdet, se Figur 20.

KATEGORI	BYGGER PÅ ÄMNE	MÄNGD 1	MÄNGD 2	MÄNGD 3
Explosiva varor	TNT (Från LBE)	1 ton > 500 m	16 ton > 1 250 m	50 ton > 1 750 m
Brandfarliga gaser	Gasol (VCE-tryck, värmestrålning)	5 ton 100–250 m	25 ton 250–500 m	50 ton 250–750 m
Giftiga gaser	Klor (toxisk exponering)	10 ton > 5 km	25 ton > 5 km	50 ton > 5 km
Brandfarliga vätskor	Bensin (VCE-tryck, värmestrålning))	20 ton 100–500 m	7 500 ton 500–2 000 m	20 000 ton 750–2 500 m
Oxiderande ämnen	Väteperoxid (Explosions-tryck, värmestrålning)	25 ton 100–500 m	60 ton 100–750 m	350 ton 250–1 000 m
Giftiga ämnen	TDI* (gasmoln)	5 ton >100 m	10 ton >100 m	25 ton >100 m
Frätande ämnen	Flourvätesyra**	5 ton >1 000 m	10 ton >1 000 m	25 ton >1 000 m

Figur 20. Schabloniserade avstånd enligt MSB (2016).

Giftiga gaser har enligt schablonavstånden i Figur 20 potentiellt mycket långa riskavstånd, längre än 5 km oavsett hanterad mängd. Schablonavståndet tar inte hänsyn till företagsspecifika förhållanden eller förmågor och det angivna

avståndet (>5 km) är sannolikt mycket konservativt med avseende på den aktuella Seveso-verksamheten. Utan information om konsekvensavstånd från den specifika anläggningen går det dock inte att säga att avståndet är kortare än det aktuella avståndet mellan Seveso-verksamheten och det aktuella planområdet.

I denna riskutredning är riskbidraget från närliggande Seveso-verksamhet inte beaktat men det kan förväntas att det kommer ge riskpåverkan på den norra delen av planområdet och viss påverkan på den södra delen av planområdet. Riskbidraget från närliggande Seveso-verksamhet och eventuellt behov av skyddsåtgärder skall beaktas i kommande detaljplanearbeten inom planområdet när mer detaljerad information om specifika konsekvensavstånd för den aktuella Seveso-verksamheten fastställs.

8 Diskussion, rekommendationer och förslag på skyddsåtgärder

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

I de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att området inom 30 meter från väggkant 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.

Enligt de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att kontor ska placeras på större avstånd än 50 meter från transportled för farligt gods för väg respektive 30 meter för järnväg.

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 bör bostäder, centrum och skola placeras i zon C, kontor i zon B och parkering i zon A.

Individrisken närmast studerade farligt godsleder hamnar på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad-nytta synpunkt. Med ökat avstånd från studerade farligt godsleder eller med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder minskar individrisken och hamnar för stora delar av området på en nivå där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Detta vid en jämförelse med DNV's kriterier.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsrisken, med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå mellan DNV's övre och undre kriterie samt mellan kriteriet för kontor och bostäder enligt GÖP med undantag för några enskilda punkter. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV's kriterie.

Det bör noteras att det huvudsakligen är händelsen BLEVE som bidrar till den relativt höga samhällsrisken som kvarstår även när hänsyn tagits till rekommenderade skyddsåtgärder. Att dimensionera byggnader för att motstå en

BLEVE och därmed skydda personer inomhus bedöms inte rimligt med avseende på kostnad/nytta. Att skydda människor utomhus mot effekterna av en BLEVE bedöms inte heller rimligt.

COWI bedömer att beräknade individ- och samhällsrisker sammantaget visar att blandstadsbebyggelse med mindre störande verksamheter, kontor, kultur och nöje och parkmiljöer i den omfattning som presenteras i planprogrammet är möjligt inom planområdet. Detta givet att skyddsåtgärder med avseende på farligt gods vidtas. Skyddsåtgärder syftar till att:

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

I Figur 21 nedan redovisas inom vilka avstånd från studerade farligt godsleder som COWI anser att nedanstående skyddsåtgärder ska/bör appliceras. Röd zon anger 0-30 meter, blå zon anger 30-50 meter och grön zon anger 50-150 meter från studerade farligt godsleder. Notera att skyddsåtgärd som rekommenderats 0-50 meter från farligt godsled därmed gäller i både röd och blå zon i figuren ovan. För föreslagna skyddsåtgärder har det angetts inom vilken/vilka zoner COWI anser att de ska/bör appliceras, dock ej för skyddsåtgärder som gäller den vägnära miljö eller första radens bebyggelse då dess lokalisering ej är känd.

De skyddsåtgärder som föreslås i denna riskutredning är baserade på de förutsättningar som legat till grund för planprogrammet. Kommande riskanalyser i samband med framtida detaljplaner kan dock komma att visa mer eller mindre omfattande behov av skyddsåtgärder eller föreslå andra skyddsåtgärder än vad COWI föreslagit i denna riskutredning. För att uppnå en tolerabel risknivå i denna riskanalys har COWI använt följande skyddsåtgärder. Dessa har beaktats för att uppnå de risknivåer som presenteras i rapporten och kan därmed även väntas bli aktuella i kommande detaljplaner:

- > Fasadkrav för ny bebyggelse som vetter mot studerade farligt godsleder inom 0-50 meter från studerade farligt godsleder: Alla fasader inklusive tak bör utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster bör vara E30-klassade (vädringsläge är tillåtet). Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > Ventilationsintag bör placeras högt och vetta bort från studerade farligt godsleder. Ventilationen behövs dock ej placeras högre än den tionde våningen räknat från markplan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 150 meter från studerade farligt godsleder. Skyddsåtgärden gäller i röd, blå och grön zon i Figur 21.
- > Ny bebyggelse (0-50 meter från studerade farligt godsleder) bör utformas så att de kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna. Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.



Figur 21. Zonindelning av föreslagna skyddsåtgärder. Röd zon anger 0-30 meter, blå zon anger 30-50 meter och grön zon anger 50-150 meter från studerade farligt godsleder. Notera att skyddsåtgärd som rekommenderats 0-50 meter från farligt godsled därmed gäller i både röd och blå zon i figuren ovan.

Vidare föreslår COWI även att följande skyddsåtgärder värderas i kommande detaljplanarbeten:

- > Ett bebyggelsefritt område skall där så är möjligt eftersträvas 0-30 meter från studerade farligt godsleder, detta gäller särskilt de mest bidragande lederna men även för befintliga vägbroar inom området. Det bebyggelsefria området skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse och bör utformas i enlighet med vad som anges för zon A i

riskpolicyn från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län. Det bebyggelsefria området kan t.ex. användas för ytparkering, lokalväg, GC-bana, promenadstråk eller grönområden. Skyddsåtgärden gäller i röd zon i Figur 21.

- > Barriär/skydd mellan studerat område och studerade farligt godsleder bör 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.
- > Entréer/varuintag skall där så är möjligt inte vetta mot de mest bidragande farligt godslederna, kravet gäller första radens bebyggelse.
- > Inom 50 meter från studerade farligt godsleder bör utrymning bort från studerade farligt godsleder vara möjlig. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > Balkonger bör där så är möjligt ej uppföras på fasad som vetter farligt godsleder för första radens bebyggelse 0-50 meter från studerade farligt godsleder. Skyddsåtgärden gäller i röd och blå zon i Figur 21.
- > För första radens bebyggelse bör fönster/glaspartier i fasad som vetter mot studerade farligt godsleder 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.

Notera att angivna avstånd i ovan listade skyddsåtgärder avser avstånd från närmsta vägkant/spår om inget annat anges. Notera även att samtliga rekommenderade skyddsåtgärder inte kvantifierats, vilka skyddsåtgärder som rekommenderats återfinns i kapitel 9.1 och vilka som kvantifierats återfinns i bilaga A, avsnitt A.6. Notera även att skyddsåtgärder i beräkningarna endast har applicerats på ny bebyggelse.

COWI vill även ge följande medskick avseende risk till kommande arbete med detaljplaner inom området:

- > Även om riskanalysen visat att blandstadsbebyggelse är möjligt inom planområdet kan förändringar gällande omfattning, lokalisering och typ av bebyggelse leda till en förändrad riskbild i detaljplaneskedet. Det är därför nödvändigt att nya riskanalyser genomförs i samband med framtida detaljplaner som visar på acceptabla risknivåer utifrån de faktiska förutsättningarna. Dessa riskanalyser kan komma att visa mer eller mindre omfattande behov av skyddsåtgärder än vad som föreslås i denna riskutredning. Tex. skulle sammanhållen första radens bebyggelse kunna användas i detaljplaneskedet för att minska risknivå med avseende på vissa olyckor för bakomliggande bebyggelse.
- > Då COWI inte har haft tillräckliga uppgifter om konsekvensavstånd från den närliggande Seveso-anläggningen har riskbidraget från denna verksamhet **inte** beaktat i riskutredningen. Det kan dock förväntas att anläggningen kommer ge en märkbar riskpåverkan på den norra delen av planområdet och viss påverkan på den södra delen av planområdet. Riskbidraget från närliggande Seveso-verksamhet och eventuellt behov av skyddsåtgärder skall beaktas i kommande detaljplanarbeten inom planområdet när mer

detaljerad information om specifika konsekvensavstånd för den aktuella Seveso-verksamheten fastställs.

- > Bergslagernas Järnvägssällskap har ej beaktats i riskutredningen då de endast har ett fåtal större evenemang per år samt att de då ofta bedriver trafik med veteranåtgång och därmed kan betraktas som resenärer vilket ej brukar beaktas i farligt godsanalyser. Vidare bedöms det eventuella riskbidraget i form av ökad personintensitet ge mycket litet utslag utspjutt över ett år och inte påverka slutsatserna i rapporten.
- > Bostäder så som tex. studentbostäder har ej prövats i riskutredningen. Utifrån beräknade risknivåer i denna rapport överskrider kriteriet för bostäder enligt GÖP. COWI bedömer dock att bostäder kan vara möjligt inom området beroende på val av omfattning, lokalisering och skyddsåtgärder givet att riskutredningar i kommande detaljplanearbete visar på en tolerabel risknivå. Om bostäder ska studeras bedömer COWI att dessa bör placeras inom planområdets centrala delar där risknivåerna är lägre.
- > COWI bedömer att det den främsta skyddsåtgärden mot olyckor med farligt gods inom planområdet är ökat avstånd från de mest bidragande farligt godslederna. Där så är möjligt skall man överväga att planlägga ny bebyggelse inom områdets enligt de principer som redovisas i riskpolicyn från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län. Bebyggelse närmast farligt godsleder bör där så är möjligt planläggas med mindre personintensiv verksamhet.

9 Referenser

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

Boverket (1995), *Bättre plats för arbete*

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

COWI (2017), *Risikanalys för detaljplan för Frihamnen*, 2017-03-08

COWI (2019), *Riskutredning – Gamlestads torg, etapp 2*, 2019-11-11

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*.

Länsstyrelsen Hallands län (2014), *Risikanalys 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

MSB (2018), *Väg – Trafikanalys*, URL: <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Transport-av-farligt-gods/Statistik/Vag/Trafikanalys/>, Hämtad: 2018-06-29

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

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

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

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

Trafikanalys (2017), *Lastbilstrafik 2016 Swedish national and international road goods transport 2016*, 2017-05-16

Trafikverket (2013), Uppgifter från Anders Nilsson.

Trafikverket (2018), *Reviderade prognoser för person- och godstransporter 2040 - efter beslutad nationell plan för transportsystemet 2018-2029*, 2018-11-15

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

WSP (2012), *Riskbedömning avseende farligt gods – Detaljplan för Gamlestads torg Etapp 1*, 2012-10-05

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, 2011a). 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 transporterna baserat på uppgifter från trafikanalys om transportarbete (se beräkning i bilaga C).
- > Total körsträcka med farligt godsfordon blir då: $0,04 \cdot 2,5 \cdot 10^9 = 1 \cdot 10^8$ km/år

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

Frekvens för järnvägsolycka

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

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

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

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordonsfel, 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 sammanstötningfrekvenser 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 reducering 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 reducering med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

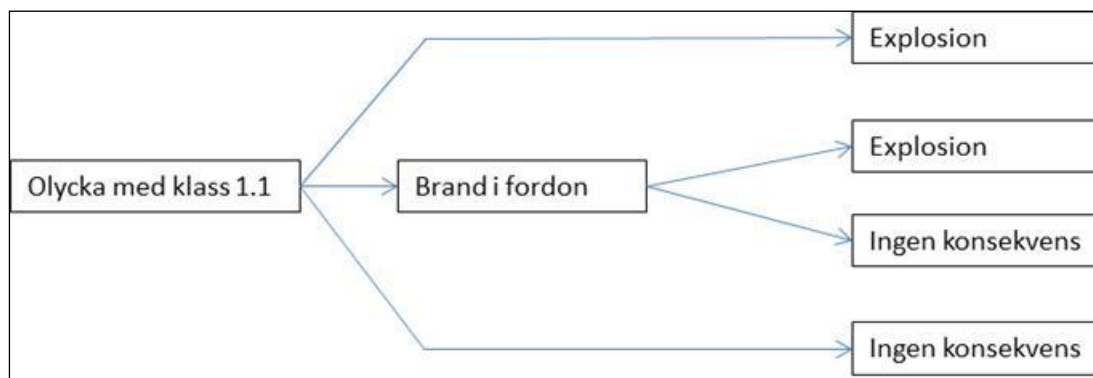
Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplosivt ämne

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

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

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



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplosiva ämnen

Vägoilycka

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

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

Sannolikheten för explosion kan därmed beskrivas enligt följande:

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

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

Järnvägsolycka

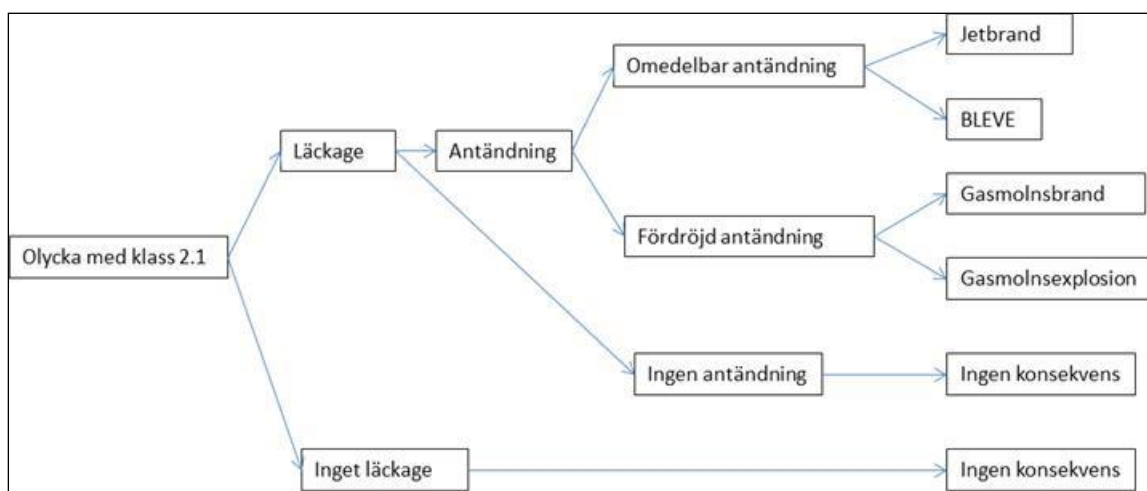
Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med 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.

Vägo olycka

Sannolikhet att en olycka med klass 2.1 ska resultera i ett läckage bedöms utifrån SRV (1996). Index för farligt godsolycka, d.v.s. att en olycka resulterar i ett utsläpp anges här till mellan ca 0,2 till 0,4 vid hastigheter mellan 70 till 110 km/h. Detta gäller samtliga typer av tankar. Enligt SRV (1996) gäller följande:

"För transporter skyltade med farligt gods och där det farliga ämnet transporters 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

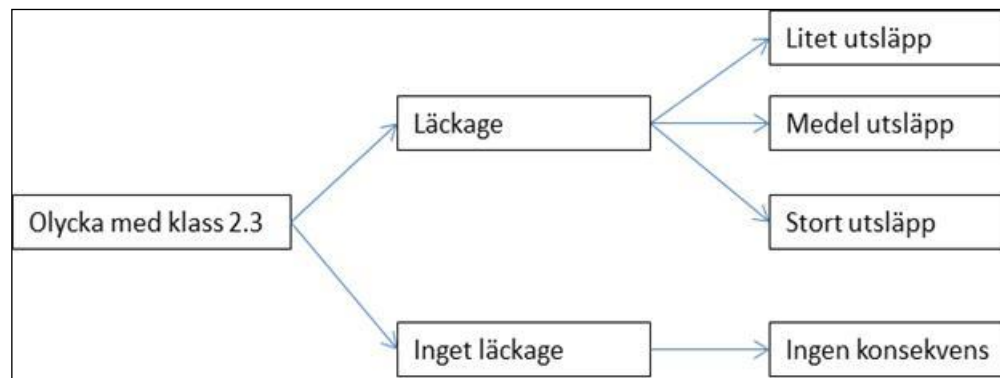
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

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

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.

Vägo olycka

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).

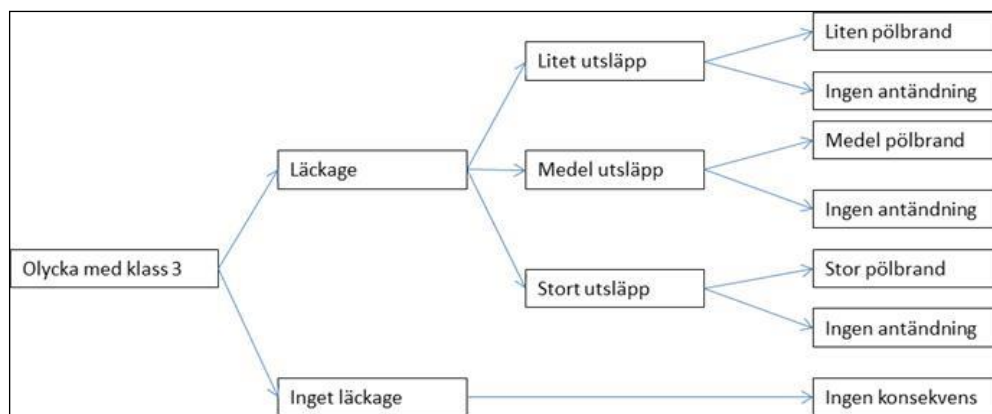
Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

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

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.

Vägoolycka

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

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

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

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

Järnvägsolycka

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

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

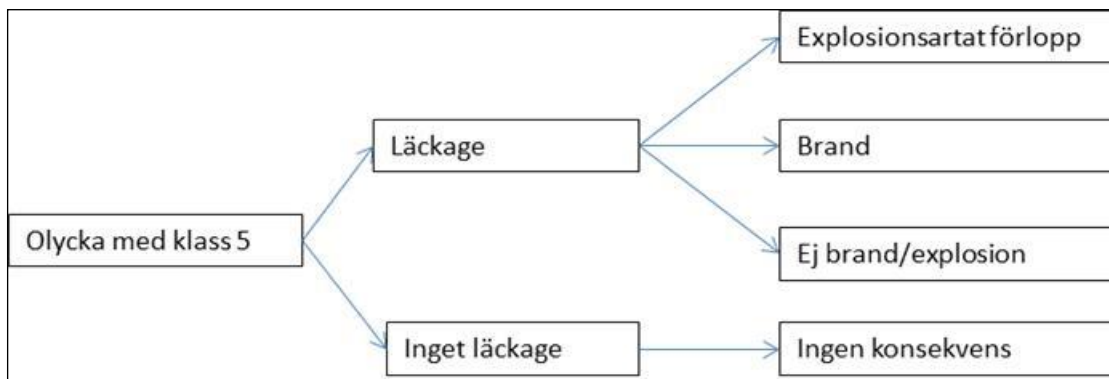
Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

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

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

A.5 Olycka med oxiderande ämne

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



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

Vägoilycka

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

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

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

Järnvägsolycka

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

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

A.6 Riskreducerande faktorer

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

- > Skyddsåtgärd: **Ventilationsintag ska placeras högt upp och på motsatt sida farligt godsled.** Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas.
- > Skyddsåtgärd: **Alla fasader inklusive tak (fram till 50 meter ifrån farligt godsled) skall utformas/är utformade med ytskikt i obrännbart material.** Skyddsåtgärder beräknas medföra att personer inomhus inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.
- > Skyddsåtgärd: Vidare förutsätts att planerad **bebyggelse** från studerade farligt godsleder **dimensioneras så att den kan motstå en gasmolnexplosion (10 kg gasol)** med sitt centrum på studerade farligt godsleder, detta föreslås som en åtgärd (skall-krav) i avsnitt 9.1. Skyddsåtgärden har ansatts i flertalet utbyggnadsprojekt i Göteborg under senare år och har i samband med dessa projekt stämts av med Räddningstjänsten och Länsstyrelsen i Göteborg. Exempel på projekt där detta stämts av är Partille arena, planerad utbyggnad med höghus vid Gårda/Ullevi (Ullevigatan) och Munspelsgatan. Notera att skyddsåtgärden enbart tillgodoräknas för gasmolnexplosioner och inte explosioner med klass 1.1 vid beräkning av individ- och samhällsrisk.

Notera att vid beräkningar där flera skyddsåtgärder bedöms reducera sannolikheten för en och samma händelse tas endast hänsyn till den skyddsåtgärd med högst riskreducerande faktor (för respektive händelse). Syftet med detta är att inte överskatta den totala riskreducerande förmågan och således även underskatta risknivån.

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.

Hela planområdet

Tabell A.1. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **E45 (1)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (liten)	2,13E-08
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	4,25E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	7,69E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	1,62E-06
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnexplosion	4,05E-07
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	2,02E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	0,00E+00

Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	0,00E+00
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,66E-07
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	3,71E-05
Olycka med klass 5 – Explosion	3,71E-05

Tabell A.2. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Norge-Vänerbanan – Norra delen (2)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Masseexplosion (stor)	2,54E-08
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	1,47E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	3,09E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexplosion	7,72E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	3,86E-09
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	5,58E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	5,58E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,78E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,92E-06
Olycka med klass 5 – Explosion	1,46E-06

Tabell A.3. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Triangelspåret (3)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Masseexplosion (stor)	7,20E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	3,40E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	7,15E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexplosion	1,79E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	8,94E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,30E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,30E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	4,13E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	6,77E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	3,38E-07

Tabell A.4. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Skäran (4)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	2,10E-07
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	1,76E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	3,71E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	9,28E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	4,64E-09
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,68E-07
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,68E-07
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,55E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,38E-06
Olycka med klass 5 – Explosion	1,19E-06

Tabell A.5. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Hammaren (5)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	9,60E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	3,53E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	7,43E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	1,86E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	9,28E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,35E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,35E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	4,28E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	7,02E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	3,51E-07

Tabell A.6. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Norge-Vänerbanan – Södra delen (6)** för hela planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	2,79E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	5,88E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	1,47E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	7,35E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,07E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,07E-08

Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	3,40E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	5,56E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	2,78E-07

Södra delen av planområdet

Tabell A.7. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **E45 (1)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (liten)	1,38E-08
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	2,75E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	4,98E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	1,05E-06
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	2,62E-07
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	1,31E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	0,00E+00
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	0,00E+00
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,07E-07
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,40E-05
Olycka med klass 5 – Explosion	2,40E-05

Tabell A.8. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Norge-Vänerbanan – Norra delen (2)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	9,60E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	5,54E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	1,17E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	2,91E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	1,46E-09
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	2,11E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	2,11E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	6,73E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	1,10E-06
Olycka med klass 5 – Explosion	5,51E-07

Tabell A.9. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Triangelspåret (3)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	7,20E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	3,40E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	7,15E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	1,79E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	8,94E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,30E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,30E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	4,13E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	6,77E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	3,38E-07

Tabell A.10. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Skäran (4)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	2,10E-07
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	1,76E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	3,71E-07
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	9,28E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	4,64E-09
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,68E-07
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,68E-07
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	1,55E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	2,38E-06
Olycka med klass 5 – Explosion	1,19E-06

Tabell A.11. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Hammaren (5)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Massexlosion (stor)	9,60E-09
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	3,53E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	7,43E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexlosion	1,86E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	9,28E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,35E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,35E-08

Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	4,28E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	7,02E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	3,51E-07

Tabell A.12. Beräknad sannolikhet för resp. händelse med farligt gods på **Norge-Vänerbanan – Södra delen (6)** för den södra delen av planområdet.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 – Masseexplosion (stor)	0,00E+00
Olycka med klass 2.1 – Jetbrand	2,79E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasbrand	5,88E-08
Olycka med klass 2.1 – Gasmolnsexplosion	1,47E-08
Olycka med klass 2.1 – BLEVE	7,35E-10
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (rörbrott)	1,07E-08
Olycka med klass 2.3 – Utsläpp av giftig gas (punktering)	1,07E-08
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (medel utsläpp)	3,40E-09
Olycka med klass 3.1 – Brandfarlig vätska (stort utsläpp)	5,56E-07
Olycka med klass 5 – Explosion	2,78E-07

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 tiotaler 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.

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
		Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarigare 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 olycksscenarion 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 avståndsintervall 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 Massexplosivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	1/0,15	0/0,15	0/0,01
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	0,5/0	0/0
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 massexplosivt ämne (klass 1.1)

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

Vid 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 avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

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

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

För jämförelse till beräkningar finns de tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med 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:

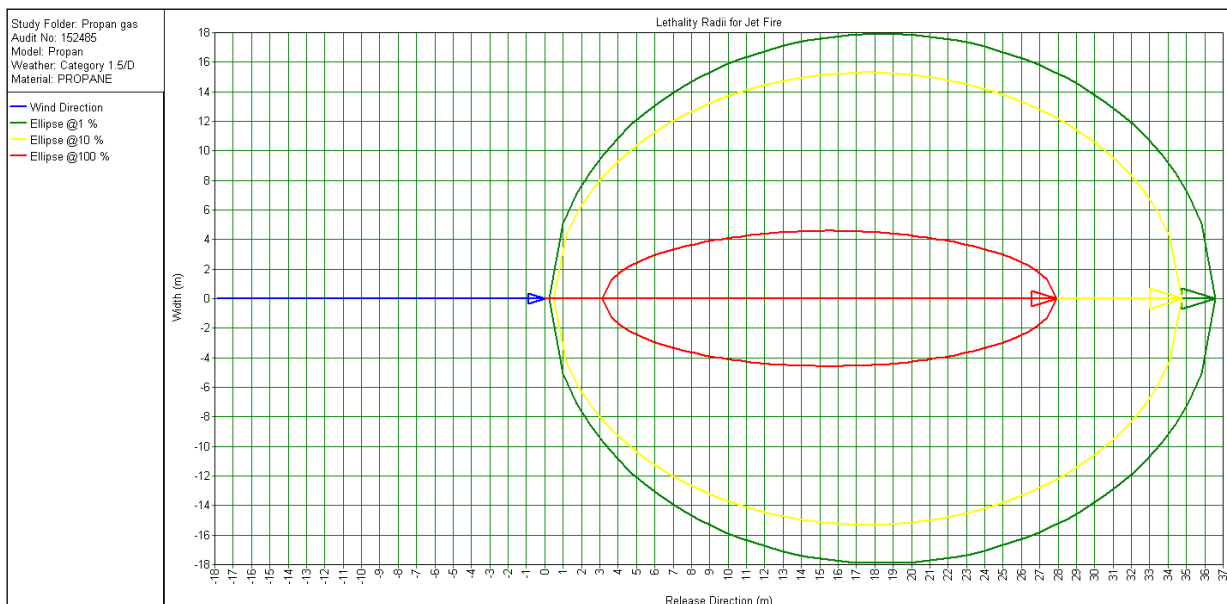
- > Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- > Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- > Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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

Jetbrand

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 omkomma 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 närstående tank.

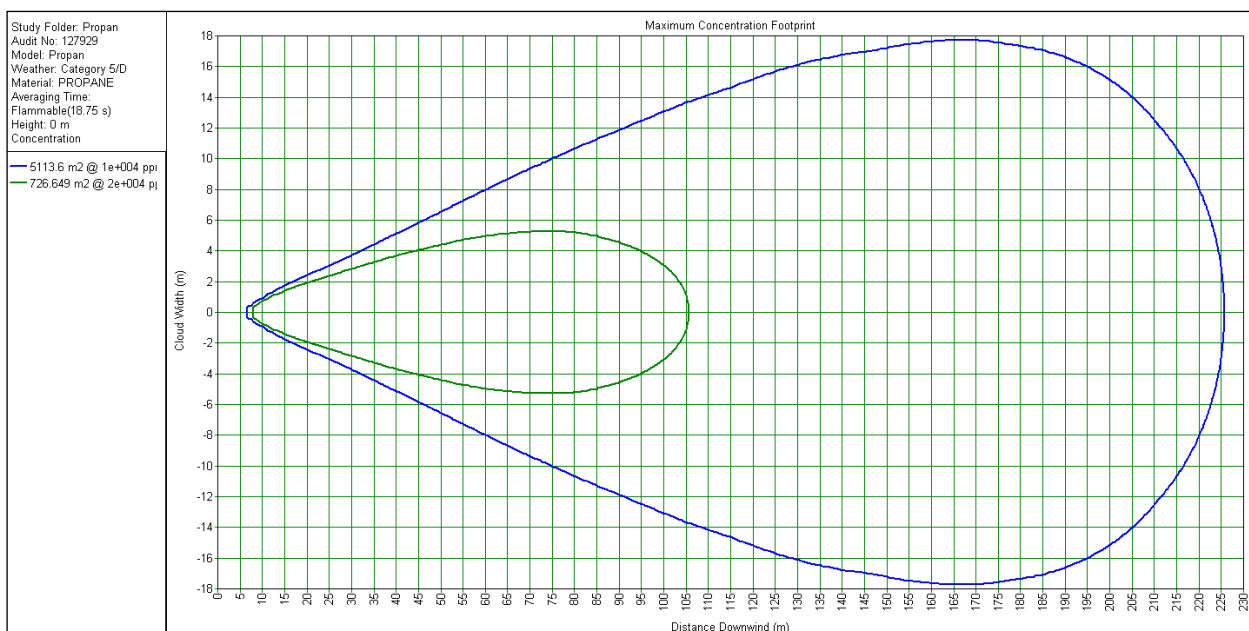
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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 för att bedöma risk för antändning, i de fall tändkällor saknas i närområdet. Genom att ansätta en hög antändningssannolikhet bedömer COWI att denna inte påverkas av att istället baseras på 1/2 LEL. Fördröjd antändning hanteras genom att det finns en

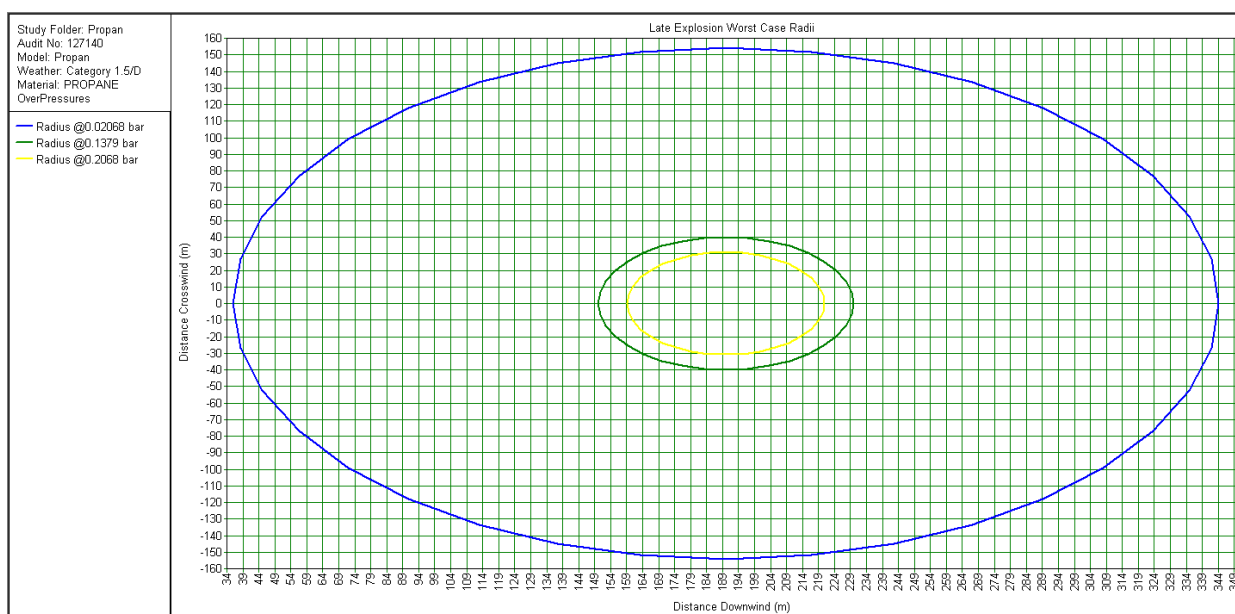
fördelning mellan de händelser som resulterar i jetbrand respektive gasmolnsbrand/explosion, men dessa baseras fortfarande på LEL området, vilket COWI anser är praxis.

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.

Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

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 gasmolnsexplosion.



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 höjddled 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 lindrig 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.

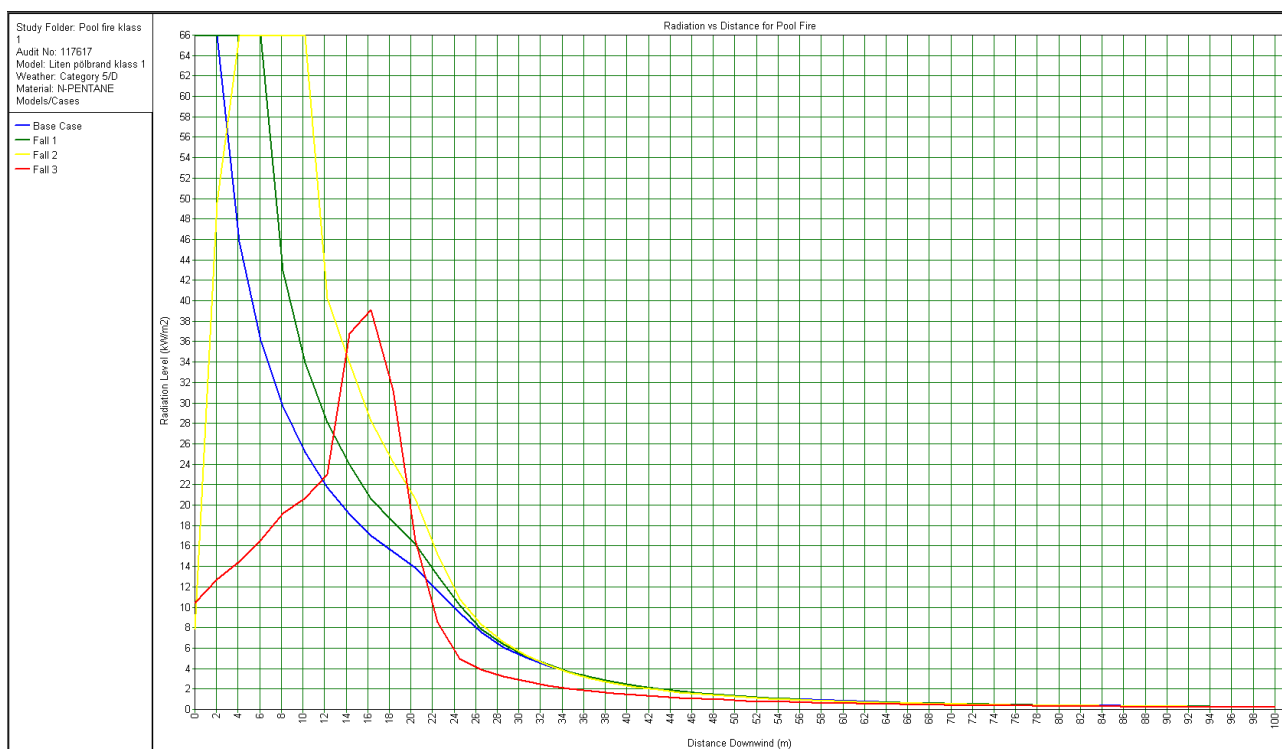
Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala

utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

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 (m²)	Strålning 0-20 m (kW/m²)	Strålning 20-50 m (kW/m²)	Strålning >50 m (kW/m²)
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 avståndsintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.*

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

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet. För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C - Indata för övriga farligt godsleder beräkningar

C.1 Personintensitet

Tabell C.1.1. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **E45 (1)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	18	876	0	4
50-100	13	650	0	18
100-150	32	831	5	6
150-200	36	823	6	5

Tabell C.1.2. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **Norge-Vänerbanan – Norra delen (2)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	2	105	0	1
50-100	9	422	0	7
100-150	7	224	1	1
150-200	12	340	2	2

Tabell C.1.3. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **Triangelspåret (3)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	19	0	4
25-50	16	774	0	6
50-100	37	1125	4	4
100-150	28	523	5	8
150-200	15	343	2	0

Tabell C.1.4. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **Skäran (4)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	1	30	0	6
50-100	5	248	0	10
100-150	19	737	1	5
150-200	26	605	4	0

Tabell C.1.5. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **Hammaren (5)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	3	167	0	0
50-100	22	858	1	0
100-150	22	319	5	0
150-200	28	619	5	1

Tabell C.1.6. Antagen personintensitet för befintlig och tillkommande bebyggelse inom studerat planområde längsmed **Norge-Vänerbanan – Södra delen (6)**.

Avstånd	Dagtid (11 h)		Natt (13 h)	
	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0
25-50	2	88	0	0
50-100	19	808	1	0
100-150	20	332	4	0
150-200	26	495	5	0

C.2 Farligt gods

Tabell C.2.1. Transporter av farligt gods per RID-klass på **E45 (1)** intill planområdet (transporter/år).

	Uppskattat antal transporter/år
ADR-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen - små	5
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	1191
2.3 Giftiga gaser	0
3. Brandfarlig vätska klass 1	10907
5. Oxiderande ämnen	325

Tabell C.2.2. Transporter av farligt gods per RID-klass på **Norge-Vänerbanan – Norra delen (2)** intill planområdet (vagnar/år).

	Uppskattat antal vagnar/år
RID-klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	2
2.1. Brandfarliga Gaser	1567
2.3 Giftiga gaser	234
3. Brandfarlig vätska klass 1	18257
5. Oxiderande ämnen	3367

Tabell C.2.3. Transporter av farligt gods per RID-klass på **Triangelspåret (3)** intill planområdet (vagnar/år).

	Uppskattat antal vagnar/år
RID -klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Masseexplosiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	641
2.3 Giftiga gaser	96
3. Brandfarlig vätska klass 1	7469
5. Oxiderande ämnen	1377

Tabell C.2.4. Transporter av farligt gods per RID-klass på **Skäran (4)** intill planområdet (vagnar/år).

	Uppskattat antal vagnar/år
RID -klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplösiva ämnen - stora	*
2.1. Brandfarliga Gaser	*
2.3 Giftiga gaser	*
3. Brandfarlig vätska klass 1	*
5. Oxiderande ämnen	*

* Transporterna på **Skäran (4)** som är ett delflöde av Hamnbanan har baserats på konfidentiella uppgifter som erhållits från Trafikverket och redovisas därmed inte i denna rapport. Uppgifterna redovisas inte i denna rapport utan i en konfidentiell bilaga, se tabell H.1 i bilaga H

Tabell C.2.5. Transporter av farligt gods per RID-klass på **Hammaren (5)** intill planområdet (vagnar/år).

	Uppskattat antal vagnar/år
RID -klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplösiva ämnen - stora	1
2.1. Brandfarliga Gaser	499
2.3 Giftiga gaser	75
3. Brandfarlig vätska klass 1	5809
5. Oxiderande ämnen	1071

Tabell C.2.6. Transporter av farligt gods per RID-klass på **Norge-Vänerbanan – Södra delen (6)** intill planområdet (vagnar/år).

	Uppskattat antal vagnar/år
RID -klass	Uppräknade värden 2040
1.1 Massexplösiva ämnen - stora	0
2.1. Brandfarliga Gaser	427
2.3 Giftiga gaser	64
3. Brandfarlig vätska klass 1	4979
5. Oxiderande ämnen	918

Bilaga D – Individrisk för samtliga farligt godsleder

Utan skyddsåtgärder

Tabell D.1. Individrisk **E45 (1)** – **utan** skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,84E-06	3,91E-06
25-50	1,05E-06	5,11E-07
50-100	6,46E-08	1,36E-08
100-150	1,43E-08	< 1,00E-09
150-200	4,76E-09	< 1,00E-09

Tabell D.2. Individrisk **Norge-Vänerbanan – Norra delen (2)** – **utan** skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,52E-07	3,28E-07
25-50	1,25E-07	7,21E-08
50-100	3,79E-08	1,77E-08
100-150	1,14E-08	< 1,00E-09
150-200	4,27E-09	< 1,00E-09

Tabell D.3. Individrisk **Triangelspåret (3)** – **utan** skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,86E-07	1,35E-07
25-50	5,20E-08	2,96E-08
50-100	1,60E-08	7,31E-09
100-150	4,68E-09	< 1,00E-09
150-200	1,75E-09	< 1,00E-09

Tabell D.4. Individrisk *Skäran* (4) – utan skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	7,70E-07	5,34E-07
25-50	3,51E-07	1,73E-07
50-100	1,69E-07	5,86E-08
100-150	4,41E-08	< 1,00E-09
150-200	1,55E-08	< 1,00E-09

Tabell D.5. Individrisk *Hammaren* (5) – utan skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,46E-07	1,05E-07
25-50	4,15E-08	2,32E-08
50-100	1,30E-08	5,75E-09
100-150	3,65E-09	< 1,00E-09
150-200	1,36E-09	< 1,00E-09

Tabell D.6. Individrisk *Norge-Vänerbanan – Södra delen* (6) – utan skyddsåtgärder

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,20E-07	8,83E-08
25-50	3,08E-08	1,88E-08
50-100	8,46E-09	4,45E-09
100-150	2,73E-09	< 1,00E-09
150-200	1,02E-09	< 1,00E-09

Med skyddsåtgärder

Kvantifierade skyddsåtgärder redovisas i A.6.

Tabell D.7. Individrisk E45 (1) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,84E-06	1,43E-07
25-50	1,05E-06	3,76E-08
50-100	6,46E-08	2,19E-08
100-150	1,43E-08	< 1,00E-09
150-200	4,76E-09	< 1,00E-09

Tabell D.8. Individrisk Norge-Vänerbanan – Norra delen (2) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	4,52E-07	4,70E-08
25-50	1,25E-07	1,39E-08
50-100	3,79E-08	7,88E-09
100-150	1,14E-08	< 1,00E-09
150-200	4,27E-09	< 1,00E-09

Tabell D.9. Individrisk Triangelspåret (3) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,86E-07	1,95E-08
25-50	5,20E-08	5,76E-09
50-100	1,60E-08	3,27E-09
100-150	4,68E-09	< 1,00E-09
150-200	1,75E-09	< 1,00E-09

Tabell D.10. Skäran (4) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	7,70E-07	1,17E-07
25-50	3,51E-07	4,02E-08
50-100	1,69E-07	2,16E-08
100-150	4,41E-08	< 1,00E-09
150-200	1,55E-08	< 1,00E-09

Tabell D.11. Individrisk Hammaren (5) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,46E-07	1,54E-08
25-50	4,15E-08	4,59E-09
50-100	1,30E-08	2,60E-09
100-150	3,65E-09	< 1,00E-09
150-200	1,36E-09	< 1,00E-09

Tabell D.12. Individrisk Norge-Vänerbanan – Södra delen (6) – med skyddsåtgärder.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från studerad sträcka	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,20E-07	1,20E-08
25-50	3,08E-08	3,37E-09
50-100	8,46E-09	1,97E-09
100-150	2,73E-09	< 1,00E-09
150-200	1,02E-09	< 1,00E-09

Bilaga E - Känslighetsanalys

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

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

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

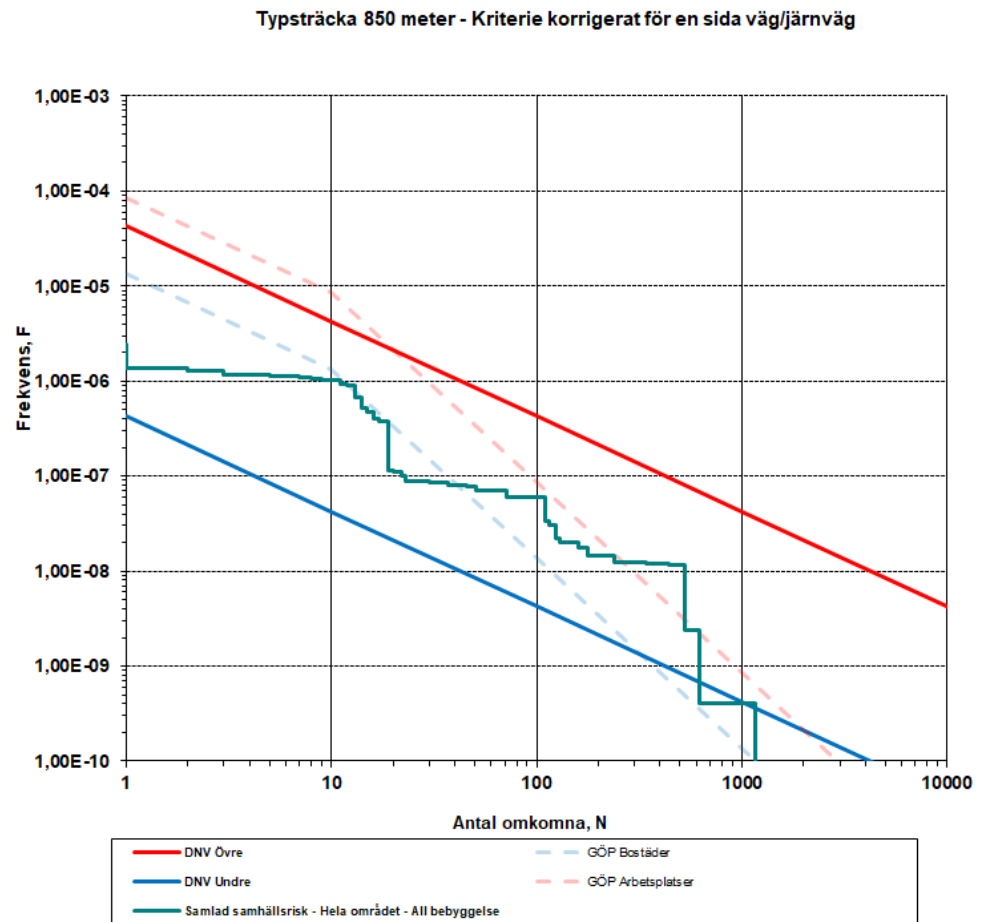
Farligt gods:

Beräkningarna avseende mängder farligt gods är uppräknade för ett prognosår 2040 och bedöms vara robusta.

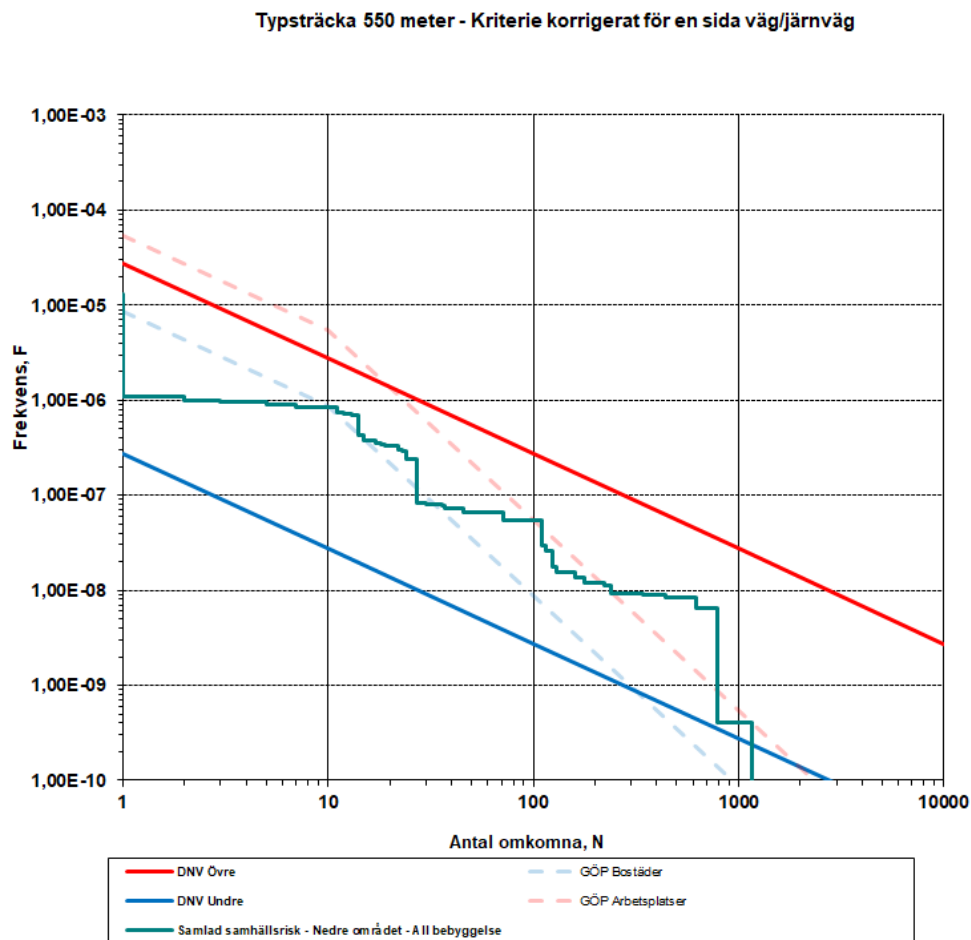
Omgivning:

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. Då planprogrammet syftar till att utveckla Slakthusområdet till en integrerad stadsdel med blandstadskaraktär och en viktig knypunkt för staden kan det förväntas en större genomströmning av folk i och genom området. COWI bedömer att uppskattningar om personintensiteten är robust och speglar föreslaget användningsområde, men en känslighetsanalys har dock genomförts för att ta höjd för ett högre antal personer som vistas utomhus. I känslighetsanalysen har antalet personer ansatts till 50 personer dagtid och 15 personer nattetid. COWI bedömer att detta är mycket konservativt då det gäller under samtliga timmar dag respektive nattetid och under årets alla dagar inklusive helger, semesterperioder och under annan ledighet.

Resultaten av känslighetsanalysen redovisas i figur E.1 och E.2 nedan.



Figur E.1. Samhällsrisk för hela det studerade planområdet med utökat antal personer utomhus, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.



Figur E.2. Samhällsrisk för den södra delen av det studerade planområdet med utökat antal personer utomhus, med hänsyn till riskreducerande åtgärder.

Känslighetsanalysen visar på marginella skillnader gentemot tidigare beräknade risknivåer och ändrar inte COWIs bedömning.

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 redovisade 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.

E.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 F – Antaganden som gjorts vid uppskattning av personintensitet

Generella antaganden

- > Dag ansätts till 11 h.
Kommentar: Antagandet bedöms bidra till en konservativ riskbedömning då detta innebär att kontor antas vara befolkade under 11 h vilket är en överskattning då en arbetsdag normalt är 8 h.
- > Natt ansätts till 13 h.
Kommentar: Antagandet bedöms som ett rimligt antagande för denna riskbedömning.

Kontor

- > Antal personer per BTA: 0,04
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning. Värdet är hämtat ur *Riskanalys 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): 1,0
Kommentar: Antagandet bedöms som konservativt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dag (av de som är på kontoret): 0,02
Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som är på kontoret): 0,98
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.

Industri

- > Antal personer per BTA: 0,01
 Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
 Värdet är hämtat ur *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.
- > Andel personer dag (beläggning): 1,0
 Kommentar: Antagandet bedöms som konservativt för denna riskbedömning.
- > Andel personer ute dag (av de som är på kontoret): 0,02
 Kommentar: Antagandet bedöms som rimligt för denna riskbedömning.
- > Andel personer inne dagtid (av de som är på kontoret): 0,98
 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.

Bilaga G – 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.

G.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.

G.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 avåkningar 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. spårområde.
- > 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.

G.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.

G.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.

G.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.

G.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 skadeutfallet 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.
- > Skadeutfallet 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.

G.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.

G.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.

G.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.

G.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.

G.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.