

MAJ 2017

RISKANALYS FÖR GAMLESTADENS FABRIKER



COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sverige

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

MAJ 2017

RISKANALYS FÖR GAMLESTADENS FABRIKER

PROJEKTNR. A068750
DOKUMENTNR. A068750/4/02/RAP-001-Risicanalys för Gamlestadens fabriker
VERSION 1.0
UTGIVNINGSDATUM 2017-05-04
UTARBETAD Christoffer Käck
GRANSKAD Göran Davidsson
GODKÄND Gert Swenson

Sammanfattning

WSP har utfört en riskanalys med avseende på ett tidigare exploateringsförslag för området, vilken visade på höga samhällsrisknivåer. Ett större omtag har därför gjorts där detaljplanen omarbetats kraftigt. Omarbetningen har skett genom en serie möten med Länsstyrelse, Räddningstjänst, Stadsbyggnadskontor och exploatörer där för och nackdelar med olika lösningar och utformningar har diskuterats. Processen med framtagande av ny detaljplan har varit iterativ och har genom kvalitativa diskussioner lett fram till en omDispositionering av markanvändning gentemot tidigare detaljplan samt gett upphov till ett antal rekommendationer avseende skyddsåtgärder för att sänka risknivån för området.

Syftet med denna rapport är att undersöka om den markanvändning/disponering som nu planeras för området samt det åtgärds paket med avseende på skydd mot olyckor med farligt gods som kvalitativt arbetats fram ger risknivåer som är tolerabla.

I de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att området inom 30 meter från väggkant/närmsta spår till farligt godsled 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. Det bebyggelsefria området mellan de närmsta farligt godslederna (Skäran och Norge/Vänerbanan) och ny bebyggelse är idag 30 meter. Detta avstånd kan komma att minska till uppskattningsvis 25 meter om ett ytterligare spår norr om Skäran byggs i framtiden. Inom 50 meter från Skäran planeras ny bebyggelse i form av pakeringshus

Enligt de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att kontor ska placeras på större avstånd än 30 meter från järnväg där farligt gods transporteras. Enligt samma riktlinjer anges att bostäder ska placeras på större avstånd än 80 meter från järnväg där farligt gods transporteras. Då närmsta kontorsbebyggelse planeras på ett minsta avstånd av 30 meter från Skäran och Norge/Vänerbanan och bostadsbebyggelse på ett minsta avstånd av 100 meter uppfylls dessa riktlinjer. I GÖP (1999) finns inga specifika avstånd till offentlig verksamhet så som skolverksamhet.

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 att bostäder, handel och centrum bör förläggas i zon C där zon A är zonen närmast vägen (se figur 2). Enligt samma riktlinjer bör kontor placeras i zon B. Planerad bebyggelse bedöms i strikt mening inte följa dessa riktlinjer med avseende på Skäran och E20 då dagligvaruhandel planeras i delar av parkeringshuset som planeras i områdets södra del. Handel skall enligt Länsstyrelserna placeras i Zon C. Övrig bebyggelse bedöms uppfylla riktlinjerna.

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsled och individrisken reduceras något när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder.

I den mest utsatta punkten hamnar den samlade individrisken inomhus, jämfört med DNV's kriterier, på en nivå där ytterligare skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Övriga platser på planområdet kommer att ha lägre individrisknivå än denna punkt.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken inomhus med avseende på Skäran, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från Skäran. På större avstånd än 50 meter hamnar den samlade individrisken inomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden minskar individrisken och leder till att den anses vara låg på avstånd längre än 25 meter från Skäran. Inga byggnader ligger inom 25 meter från bedömt framtida närmsta spår (tillkommande spår norr om Skäran).

Individrisken utomhus hamnar, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-75 meter från Skäran. På större avstånd än 75 meter hamnar den samlade individrisken utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden påverkar ej individrisknivån utomhus.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsriskerna högt i zonen mellan DNV:s övre och undre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsriskerna hamnar på gränsen till en oacceptabel nivå men ändå på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Samhällsriskerna utan skyddsåtgärder hamnar även över GÖP:s kriterie för arbetsplatser.

Samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar den samlade samhällsriskerna fortsatt mellan DNV:s övre och undre kriterie men nu betydligt lägre inom denna zon. Risknivån tangerar kriteriet för kontor enligt GÖP och över kriteriet för bostäder enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie.

Det bör noteras att det planeras en blandning av bostäder, kontor/verksamheter, handel och offentlig verksamhet inom det studerade området. Baserat på fördelningen av den planerade bebyggelsen inom området samt respektive verksamhets typ närhet till farligt godsleder, se kapitel 3.1, bedöms det rimligt att i det här fallet i första hand jämföra samhällsriskerna mot kriteriet för kontor i GÖP. Detta innebär att planerad bebyggelse tangerar det relevanta kriteriet när hänsyn tas till skyddsåtgärder.

Beräknade risknivåer bedöms som rimliga när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder och möjligheterna att ytterligare minska risknivån. Att ytterligare minska risknivån bedöms svårt utan att kraftigt minska mängden bebyggelse på området.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av farligt godsleder möjlig förutsatt att de skyddsåtgärder som definierats i föreslagen plankarta, se figur 5, kvarstår.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter förbi studerat område anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och de avstånd som anges i kapitel 3.

INNEHÅLL

Sammanfattning	I	
1	Inledning	6
1.1	Bakgrund och syfte	6
1.2	Omfattning och avgränsning	6
2	Beskrivning av risk och kriterier	8
2.1	Risk	8
2.2	Riskacceptans	9
2.3	Kriterier avseende farligt gods	9
3	Förutsättningar	15
3.1	Beskrivning av studerat område	15
3.2	Sammanställning av personintensitet	20
3.3	Närliggande verksamheter	21
4	Trafik och transporter med farligt gods	22
5	Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods	26
6	Bedömning av risknivå	29
6.1	Individrisk för studerat område	30
6.2	Samhällsrisk för aktuellt område	32
6.3	Diskussion kring resultat	33
6.4	Diskussion kring skadade personer	34

7	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	37
8	Slutsats och skyddsåtgärder	38
9	Referenser	41
Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka		43
A.1	Olycka med massexplodivt ämne	45
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan)	47
A.3	Olycka med giftig gas	50
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin	51
A.5	Olycka med oxiderande ämne	52
Bilaga B - Bedömning av konsekvenser		54
B.1	Konsekvenser för massexplodivt ämne (klass 1.1)	56
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	61
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	65
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	67
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	70
Bilaga C - Känslighetsbedömningar		72
Bilaga D - Underlag		76

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Stadsbyggnadskontoret arbetar med detaljplan för Gamlestadens fabriker. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra ett första steg i en framtida utbyggnad med bostäder, service och verksamheter.

WSP har utfört en riskanalys med avseende på ett tidigare exploateringsförslag för området, vilken visade på höga samhällsrisknivåer. Ett större omtag har därför gjorts där detaljplanen omarbetats kraftigt. Omarbetningen har skett genom en serie möten med Länsstyrelse, Räddningstjänst, Stadsbyggnadskontor och exploitörer där för och nackdelar med olika lösningar och utformningar har diskuterats. Processen med framtagande av ny detaljplan har varit iterativ och har genom kvalitativa diskussioner lett fram till en omDispositionering av markanvändning gentemot tidigare detaljplan samt gett upphov till ett antal rekommendationer avseende skyddsåtgärder för att sänka risknivån för området.

Syftet med denna rapport är att undersöka om den markanvändning/disponering som nu planeras för området samt det åtgärds paket med avseende på skydd mot olyckor med farligt gods som kvalitativt arbetats fram ger risknivåer som är tolerabla.

1.2 Omfattning och avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som transporteras på farligt godsleder förbi området. Baserat på detta genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkningar för olyckor med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk.

Riskanalysen är genomförd med avseende på den verksamhet som planeras för området och som beskrivs i denna analys. Annat användningsområde med förändrad personintensitet eller förändrad placering av byggnader och verksamheter kan påverka riskbilden och den bedömning som görs.

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

2 Beskrivning av risk och kriterier

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

2.1 Risk

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

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

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

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

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

2.2 Riskacceptans

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

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

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

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

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

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

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

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

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

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

2.3 Kriterier avseende farligt gods

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

2.3.1 DNV:s kriterier

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

Individriskkriterier

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

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

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

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

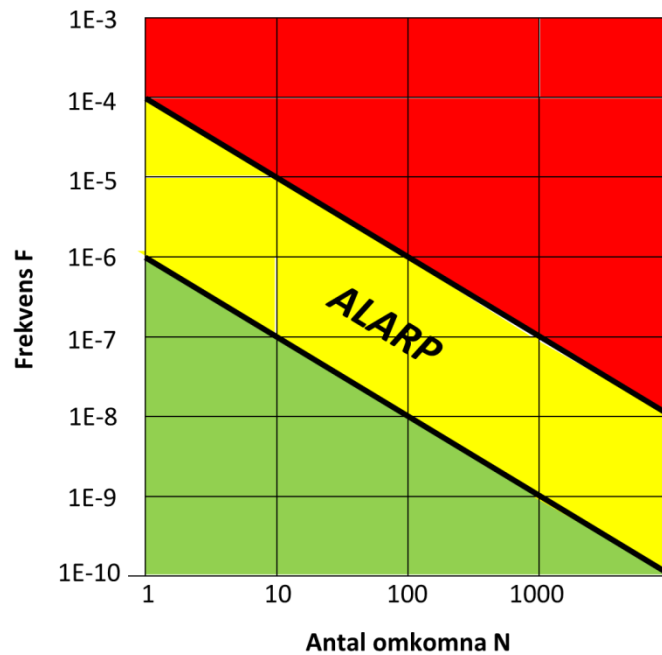
Samhällsriskkriterier

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

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

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

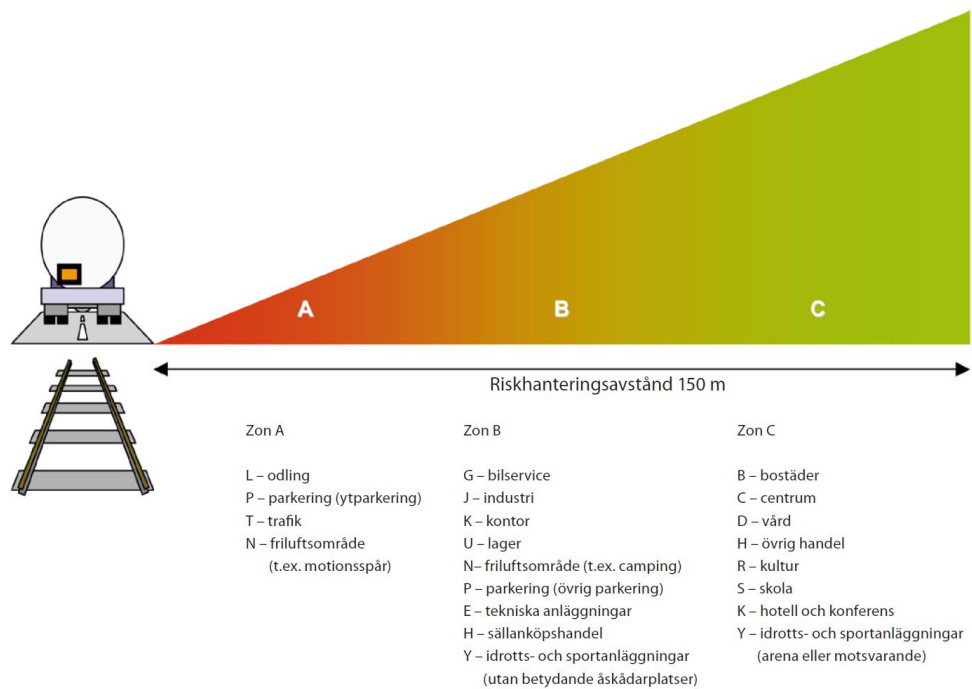
För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 1.



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

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

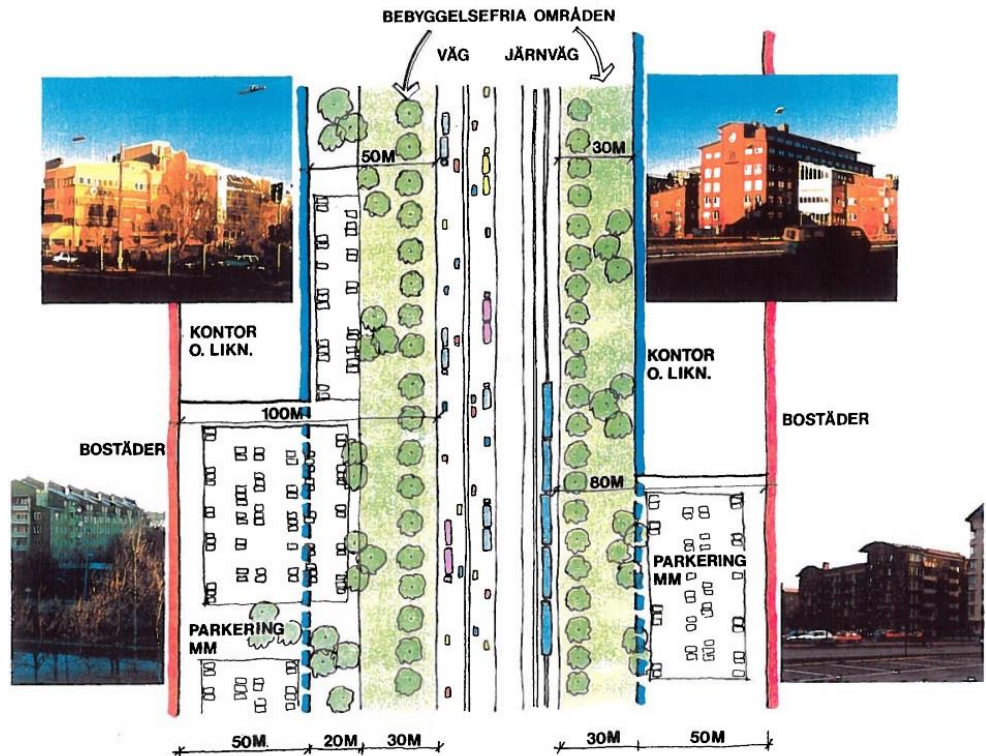
Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens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



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

2.3.3 Göteborgs översiktsplan

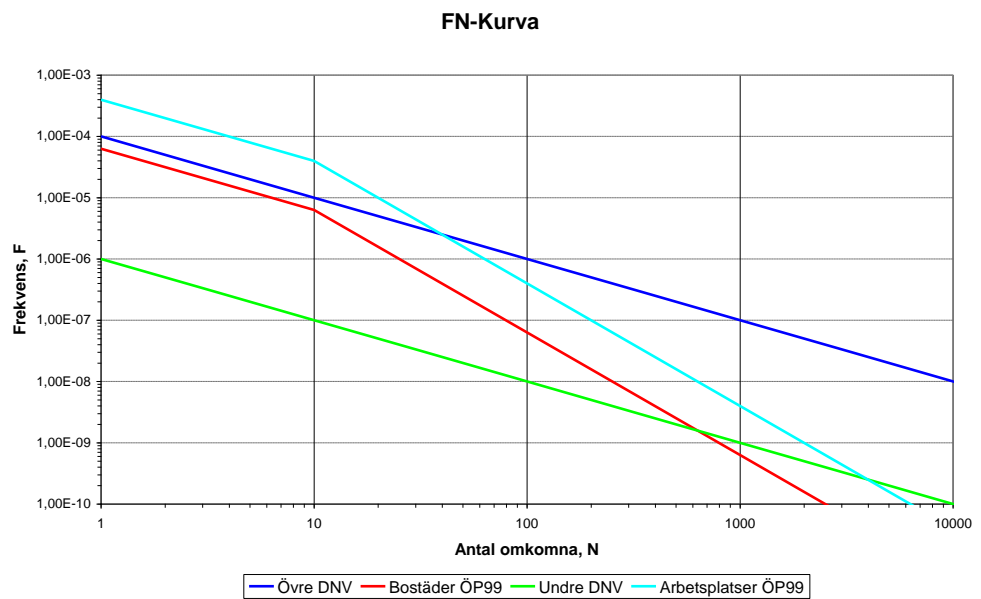
Enligt Göteborgs översiktsplan skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. Det bebyggelsefria området kan exempelvis användas för ytparkering. Enligt samma översiktsplan kan kontor och liknande verksamheter placeras på avstånd längre än 30 respektive 50 meter ifrån järnväg respektive väg (farligt godsled). Enligt översiktsplanen kan bostäder placeras 80 respektive 100 meter ifrån järnväg respektive väg. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan redovisas i figur 3. Notera att dessa avstånd anger avstånd mätt från vägkant/banvall.



Figur 3. Avstånd till olika sorters etableringar, exempelvis bostäder och arbetsplatser, i enlighet med Göteborgs översiktsplan. (GÖP, 1999)

I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods 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 Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods.

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).



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). I figuren har kriterierna anpassats till en sträcka på 2000 meter.

3 Förutsättningar

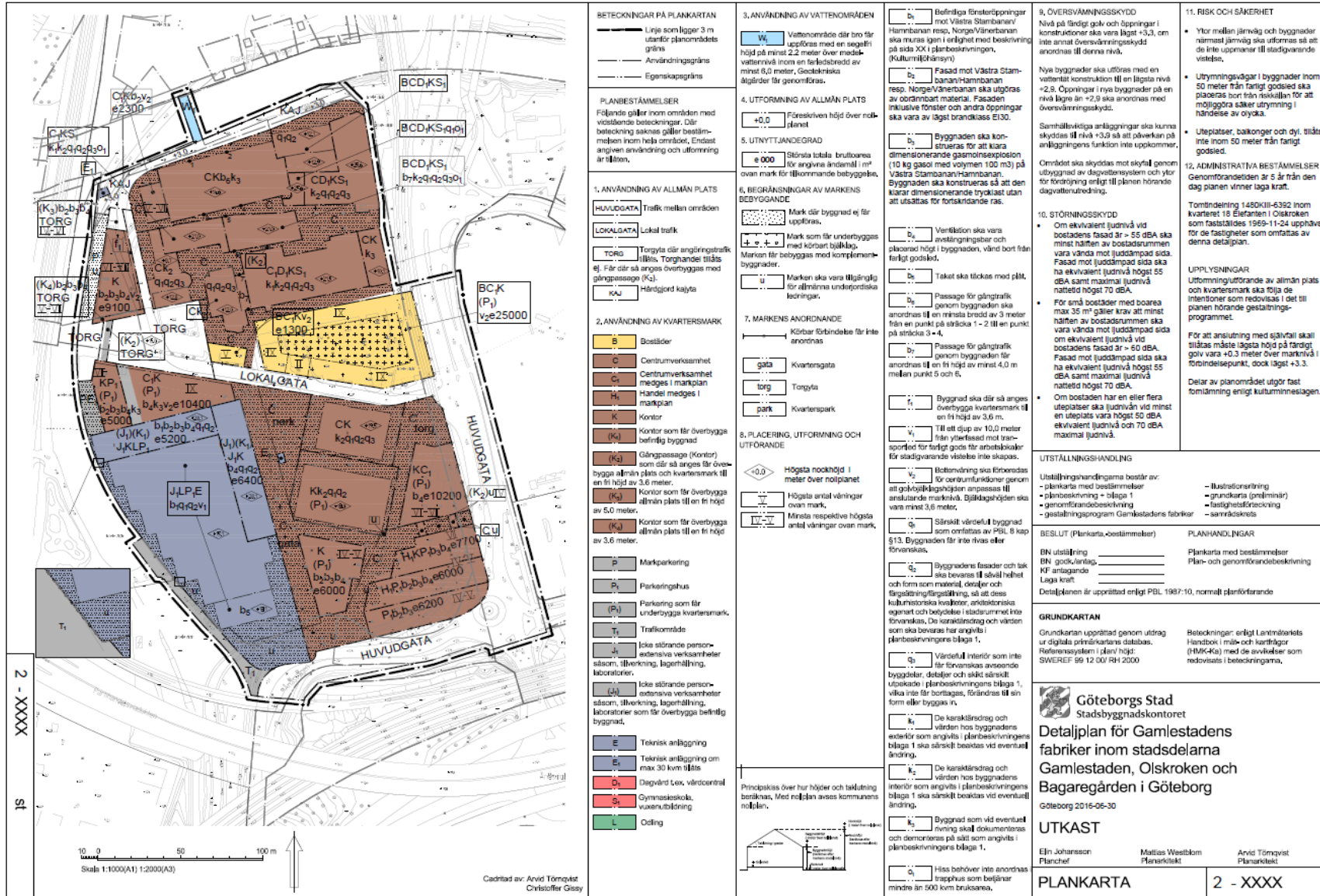
I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien.

3.1 Beskrivning av studerat område

Syftet med denna rapport är att undersöka om den markanvändning/disponering som nu planeras för området samt det åtgärds paket med avseende på skydd mot olyckor med farligt gods som kvalitativt arbetats fram ger samhällsrisknivåer som är tolerabla. Därför tar riskanalysen utgångspunkt i den detaljplan som arbetats fram kvalitativt, se Figur 5 och Bilaga D.

Detaljplanen innehåller kontor, bostäder och handel. Utöver detta planeras i den del av befintlig bebyggelse som ligger närmast farligt godsleder för icke personintensiv verksamhet så som lager, labb och dylikt.

Den föreslagna markanvändningen har tagit hänsyn till risker från farligt gods då de olika typerna av markanvändning i stort följer Länsstyrelsens riktlinjer, där mindre personintensiv verksamhet och parkering placeras närmast farligt godsled och bostäder/skola/vård långt från farligt godsled.



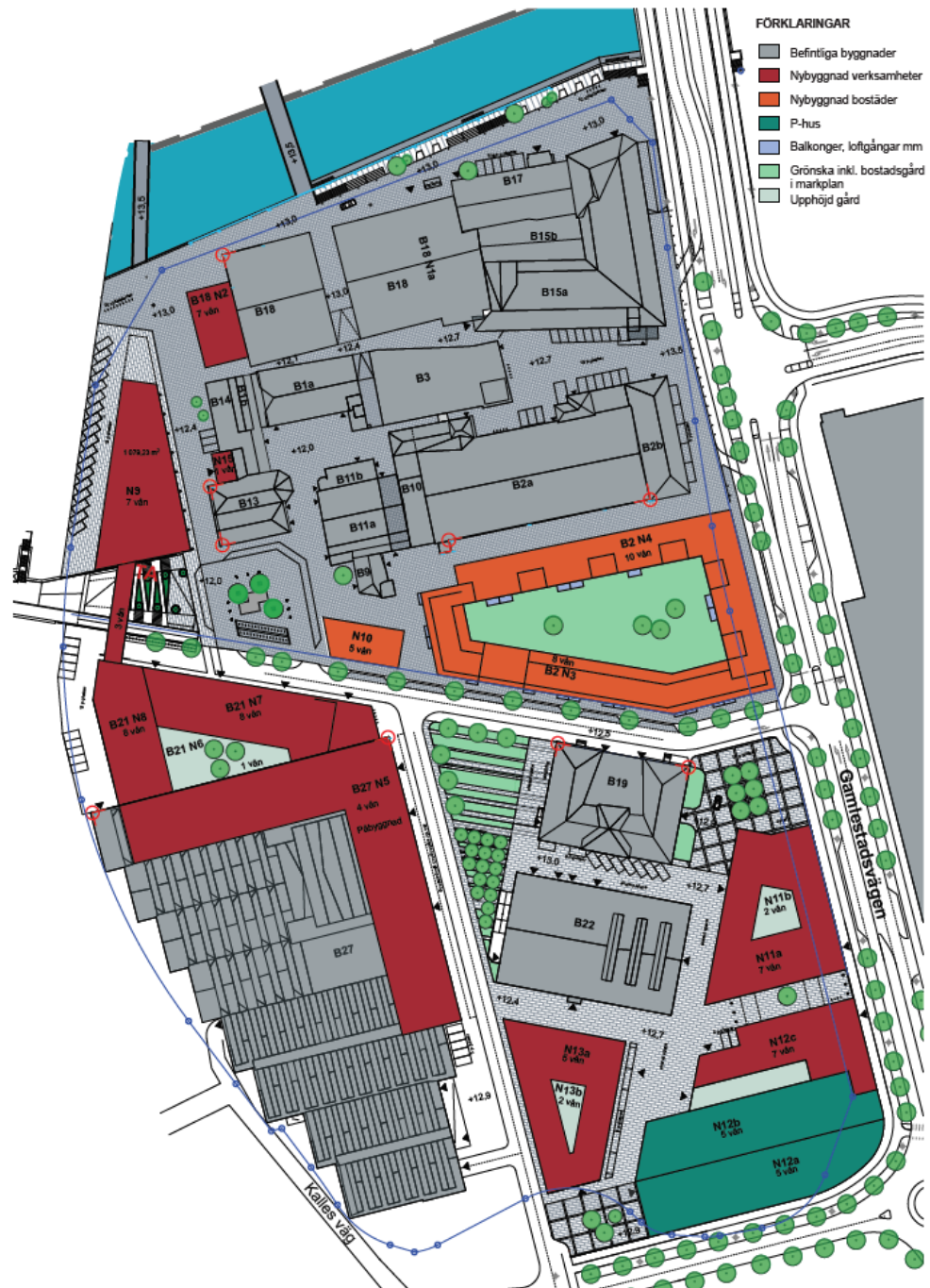
Figur 5. Utkast till den plankarta som ligger till grund för denna riskanalys.

Att utgå från den föreslagna detaljplanen innebär att det utöver en föreslagen markanvändning även finns planbestämmelser som antagits vara fasta förutsättningar vid beräkning av risknivån. De planbestämmelser som har kvantifierats är b₂ till b₄ nedan (beteckningar enligt plankarta). Övriga planbestämmelser behandlas endast kvalitativt:

- › b₁ – Befintliga fönsteröppningar mot Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan ska muras igen.
- › b₂ – Fasad mot Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan ska utgöras av obrännbart material. Fasaden inklusive fönster och andra öppningar ska vara av lägst brandklass EI30.
- › b₃ – Byggnaden ska konstrueras för att klara dimensionerande gasmolnexplosion (10 kg gasol med volymen 100 m³) på Västra Stambanan/Hamnbanan. Byggnaden ska konstrueras så att den klarar dimensionerande trycklast utan att utsättas för fortskridande ras.
- › b₄ – Ventilation ska vara avstängningsbar och placerad högt i byggnaden, vänd bort från farligt godsled.
- › Ytor mellan järnväg och byggnader närmast järnväg ska utformas så att det inte uppmanar till stadigvarande vistelse.
- › Utrymningsvägar i byggnader inom 50 meter från farligt godsled ska placeras bort från riskkällan för att möjliggöra säker utrymning i händelse av olycka.
- › Uteplatser, balkonger och dylikt tillåts inte inom 50 meter från farligt godsled.

Det kortaste avståndet mellan bostäder och närmsta farligt godsled är 100 meter med avseende på Norge/Vänerbanan. Kortaste avstånd mellan befintligt spår och kontor är också med avseende på Norge/Vänerbanan och är 30 meter. Även Skäran ligger ca 30 meter från planområdet i dess södra del. Eventuellt framtida spår norr om Skäran bedöms hamna minst 25 meter från ny och befintlig bebyggelse. Inom 50 meter från framtida spår vid Skäran planeras främst parkeringshus.

BTA för byggnaderna i området presenteras i figur 6, 7 och 8.



Figur 6. Situationsplan med planerad framtida utveckling av Gamlestadens fabriker. BTA för respektive byggnad framgår av figur 7 och 8.

Gamlestadens Fabriker / BTA / 2016-09-23								GAJD ^o arkitekter	
Byggnad	BTA Normalpl.	Vån.	BTA VV/Entr.	Σ BTA	Ljus BTA	Kommentar	Bostadsandel (BTA)		
Bef									
B1a	527	3	364	1945	1945				
B1b	141	2		282	282				
B2a	2465	4	0	9860	9860				
B2b	422	1	0	422	422				
B3	757	4	0	3028	2271				
B9	119	2	0	238	238				
B11a	572	1	0	572	572				
B11b	111	2	0	222	222				
B13	530	2	0	1060	1060				
B14	150	1	0	150	150				
B15a	1749	5	1049	9794	8045				
B15b	378	3	0	1134	756				
B17	554	3	0	1662	1108				
B18	2450	2	0	4900	4900				
B19	1204	5	0	6020	4816				
B22	1839	3	0	5517	3678				
B27	9496	2	2917	21909	12413				
Σ				68715	52738				

Figur 7. Fördelning av BTA mellan befintliga byggnader.

Byggnad	BTA Normalpl.	Vån.	BTA VV/Entr.	Σ BTA	Ljus BTA		Bostadsandel (BTA)		
Nya									
B18 N2	320	7		2240	2240				
B2 N3						Ingår i B2 N4			
B2 N4		8-10		26950	24150		23600		
B27 N5	2865	4		11460	11460				
B21 N6	2300	1		2300	2300				
B21 N7	1150	7		8050	8050				
B21 N8	697	7		4879	4879				
N9	1300	7		9100	9100				
N10	260	5		1300	1300		1300		
N11a	1401	5		7005	7005				
N11b	1571	2		3142	3142				
N12a	1240	5		6200	6200	P-hus			
N12b	1200	5		6000	6000				
N12c	1100	7		7700	7700				
N13a	1141	3		3423	3423				
N13b	1265	2		2530	2530				
N14				0					
N15	57	1		57	57				
TOTALT Nytt				102336	99536		24900		
TOTALT				171051	152274		24900		

Figur 8. Fördelning av BTA mellan tillkommande byggnader.

3.2 Sammanställning av personintensitet

Personintensiteten för planerad bebyggelse bedöms baserat på planerad BTA vilken framgår av figur 6, 7 och 8.

Användningsområde: Kontor/verksamheter/handel

- › Det är antaget att kontor/verksamheter/handel har en personintensitet om 0,04 personer/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011).
- › Vidare antas att kontoren/verksamheterna är bemannade mellan kl. 08-18 med en beläggningsgrad på 98 % inomhus och 2 % utomhus.

Användningsområde: Lager/laboratorium

- › Det är antaget att den typ av icke personintensiv verksamhet som kan förväntas för denna markanvändning har en personintensitet om 0,01 personer/m²
- › Vidare antas att verksamheterna är bemannade mellan kl. 08-18 med en beläggningsgrad på 98 % inomhus och 2 % utomhus.

Användningsområde: Bostäder

- › Det är antaget att bostäder har en personintensitet om 0,04 personer/m² (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011).
- › Vidare antas att 33 % av personerna är hemma dagtid (kl. 08-18) och att 88 % av dessa vistas inomhus och att resterande 12 % vistas utomhus. Under kvällen och natten (kl. 18-08) antas 99 % av personerna vara hemma. Av dessa antas 99 % vistas inomhus och 1 % vistas utomhus.

Användningsområde: P-hus

- › Det är antaget att det finns en parkeringsplats per 25 kvm yta parkeringshus, att det färdas två personer per bil samt att de uppehåller sig 10 minuter vid parkeringsplatsen.
- › Vidare antas 100 % beläggning för P-hus mellan 08-22 och 0 % beläggning mellan 22-08. Vistelse vid parkeringsplatsen har ur säkerhetssynpunkt jämförts med att vistas utomhus.

Utöver de personer som förväntas vistas på området enligt ovan har det adderats ett antal personer utomhus för att ta höjd för eventuella personer som passerar genom området.

Den uppskattade personintensiteten bedöms sammantaget vara konservativ. För att undersöka hur risknivån förändras med en större andel personer utomhus har en känslighetsanalys genomförts där andelen personer som uppehåller sig utomhus

höjts till 4 % för kontor/verksamhet/handel och lager/laboratorium. Denna känslighetsanalys återfinns i bilaga C.

Personintensiteten har bedömts utifrån avstånd från varje enskild farligt godsled. På grund av det stora antalet farligt godsleder presenteras inte personintensiteten för samtliga leder. En sammanställning av personintensiteten med avseende på Skäran presenteras dock i tabell 1, då denna led bedöms bidra mest till risknivån för studerat område. Detta på grund av närheten till planområdet samt mängden farligt gods som kan förväntas på denna led då den binder samman Hamnbanan med Västra stambanan.

Tabell 1. Personantal som används vid beräkningar med avseende på Skäran, avstånd räknat från närmsta räl för Skäran.

Avstånd Skäran (meter)	Population Dag		Population Kväll		Population natt	
	Tid	08-18	Tid	18-22	Tid	22-08
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25	0	0	0	0	0	0
25-50	5	25	4	11	1	0
50-100	34	809	4	355	2	0
100-150	54	1287	2	209	2	0
150-200	43	1030	4	431	2	41

3.3 Närliggande verksamheter

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

4 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-¹ 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

Gamlestadens fabriker ligger nära en stor mängd infrastruktur där farligt gods transporteras. En sammanställning av transportlederna i området gjordes av WSP (2014) och presenteras i Figur 9 och 10.

Notera att avståndet mellan Skäran och närmsta bebyggelse i riskberäkningarna har antagits vara mindre än 30 meter, då hänsyn tagits till eventuellt framtida tillkommande bro/spår norr om Skäran, så som påtalat av Trafikverket (2014). Närmsta framtida spår har antagits hamna som minst 25 meter från planerad och befintlig bebyggelse.

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



Figur 9. Gamlestadens ligger placerad i närheten av en stor mängd infrastruktur där farligt gods transporteras. Figur hämtad från WSP (2014). I figuren representeras lederna med en siffra. Nyckel för att avkoda dessa siffror presenteras i figur 10. Notera att strukturplanen i figuren inte stämmer med nuvarande planförslag i figur 5.

Nr	Transportled	Närmsta avstånd till planområdet (m)
1	Västra Stambanan Öster	50
2	Västra Stambanan Väster	50
3	Skäran	30
4	Hammaren	90
5	Triangelspåret	175
6	Norge-Vänerbanan	30
7	Marieholmsbron - Godstågsviadukten	90
8	Partihallsförbindelsen	40
9	E20 väster Ånäs	100
10	E20 öster Ånäs	80

Figur 10. Nummrering av respektive transportled i figur 9 och avstånd från närmsta bebyggelse (WSP, 2014).

Antalet farligt godstransporter samt fördelning av dessa för respektive led har hämtats från WSP's rapport, se figur 11 och 12 för järnvägsleder och figur 13 och 14 för vägtrafikleder (WSP, 2014).

Nr	Risikkälla	Prognos 2030 Godståg/dygn	Prognos 2030 Persontåg/dygn
1	Västra Stambanan Öster	190	260
2	Västra Stambanan Väster	60	260
3	Skäran	130	0
4	Hammaren	20	0
5	Triangelspåret	30	0
6	Norge-Vänerbanan	15	175
7	Marieholmsbron - Godstågsviadukten	35	0

Figur 11. Antalet farligt godstransporter på respektive järnvägsled förbi planområdet (WSP, 2014).

RID-klass	Beskrivning	Lokalt snitt 2009, 2011	Nationellt snitt 2007-2011
1	Sprängämnen	0,23%	0,01%
2	Gaser	26,10%	27,63%
3	Brandfarliga vätskor	26,30%	40,59%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,29%	0,33%
4.2	Självantändande ämnen	0,12%	1,57%
4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0,36%	4,31%
5.1	Oxiderande ämnen	21,62%	12,38%
5.2	Organiska peroxider	0,17%	0,53%
6.1	Giftiga ämnen	0,96%	1,85%
6.2	Smittsamma ämnen	0,00%	0,00%
7	Radioaktiva ämnen	0,00%	0,03%
8	Frätande ämnen	20,51%	10,09%
9	Övriga farliga ämnen	3,33%	0,70%
		100%	100%

Figur 12. Fördelning av farligt godstransporter på respektive järnvägsled förbi planområdet (WSP, 2014).

Vägavsnitt	Trafikmängd 2020 [3] *	Trafikmängd 2030**	Trafikmängd 2030 ÅDT=0,9MVD	Antal farligt gods- transporter/dygn VTI (1,7 promille)	Antal farligt gods- transporter/dygn 2,5% av 8% (2 promille)
Partihallsförbindelsen	55000	63800	57420	98	115
E20 Väster Anäs	64000	74240	66816	113	134
E20 Öster Anäs	105000	121800	109620	186	219

Figur 13. Antalet farligt godstransporter på respektive vägtrafikled förbi planområdet (WSP, 2014).

	Partihallsförbindelsen	E20 väster Änäs	E20 öster Änäs
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	114,84	133,632	219,24
ADR-S klass			
1	1,83%	1,83%	1,83%
2.1	13,65%	13,65%	13,65%
2.3	0,09%	0,09%	0,09%
3	66,63%	66,63%	66,63%
5	3,38%	3,38%	3,38%
Övriga	14,43%	14,43%	14,43%

Figur 14. *Fördelning av farligt godstransporter på respektive vägtrafikled förbi planområdet (WSP, 2014).*

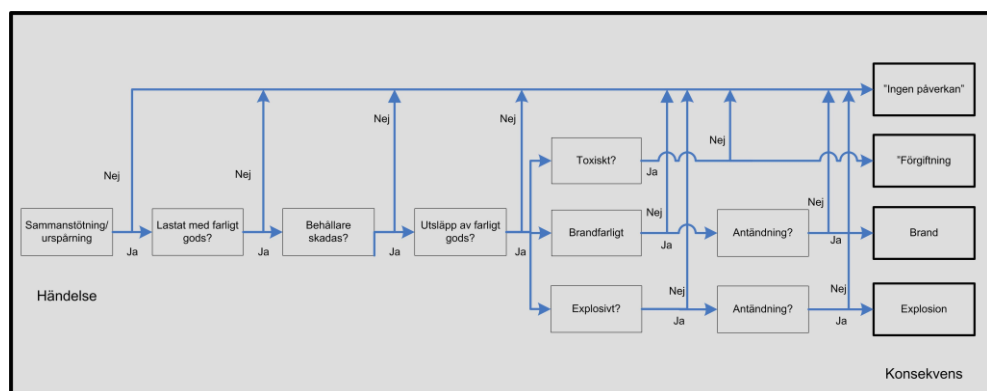
5 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods

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 15.



Figur 15. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

I tabell 2 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 2. 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). Den andel omkomna personer på olika avstånd för varje undersökt olycksscenario presenteras i tabell 3. En mer utförlig beskrivning av de olika konsekvenserna redovisas i Bilaga B.

Tabell 3. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndintervall från en eventuell olycka på farligt godsled.

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

6 Bedömning av risknivå

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

Den riskreduktion som tillskrivits respektive planbestämmelse redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Den riskreduktion som tillskrivits respektive planbestämelse.

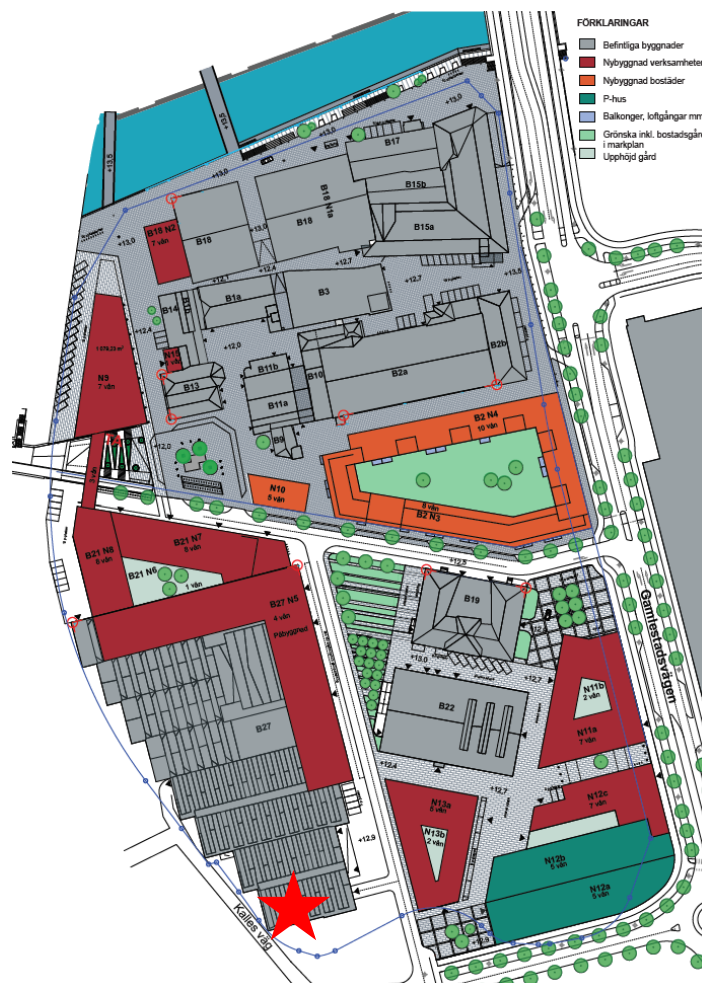
Kod	Beskrivning	Tillskriven skyddsnivå
b ₂	Fasad mot Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan ska utgöras av obrännbart material. Fasaden inklusive fönster och andra öppningar ska vara av lägst brandklass EI30	Åtgärden beräknas medföra att personer inomhus i denna byggnad inte omkommer vid brand förutsatt att de utrymmer byggnaden.
b ₃	Byggnaden ska konstrueras för att klara dimensionerande gasmolnexplosion (10 kg gasol med volymen 100 m ³) på Västra Stambanan/Hamnbanan. Byggnaden ska konstrueras så att den klarar dimensionerande trycklast utan att utsättas för fortskridande ras.	Åtgärden beräknas sänka andel omkomna inomhus med 50% 0-25 meter från farligt godsled. På längre avstånd beräknas åtgärden medföra att personer inomhus i denna byggnad inte omkommer vid dimensionerande explosion
b ₄	Ventilation ska vara avstängningsbar och placerad högt i byggnaden, vänd bort från farligt godsled.	Åtgärden beräknas sänka andel omkomna inomhus med 90% (WSP, 2015b)

Skyddsåtgärder har enbart tagits hänsyn till för den bebyggelse i figur 5 som erhållit den specifika planbestämelsen. Befintlig bebyggelse har antagits vara helt oskyddad.

6.1 Individrisk för studerat område

Den sammanlagda individrisken presenteras endast för den punkt som bedöms vara mest utsatt med avseende på transporter av farligt gods. Denna punkt presenteras i figur 16. Anledningen till att denna punkt bedöms vara mest utsatt är dess närhet till främst E20 och Skäran. Dessa leder transporterar stora mängder av det farliga gods som trafikerar övriga leder då övriga leder i princip består av de delflöden som transporterat till eller från E20 och Hamnbanan. Även WSP har sin tidigare rapport identifierat denna punkt som den mest kritiska.

Individrisken har endast beräknats utan skyddsåtgärder då den byggnad som ligger i denna punkt är befintlig och därmed förutsätts vara oskyddad.



Figur 16. Den mest utsatta punkten med avseende på individrisk är markerad med en röd stjärna i figuren.

Individrisken, det vill säga sannolikheten för en person som vistas på platsen under ett år att omkomma på grund av farligt godsolycka, för den mest utsatta punkten har beräknats till $1.5E-06$ per år utomhus och $7.8E-07$ per år inomhus. Detta innebär att individrisknivån för denna punkt hamnar inom det område som enligt DNV's kriterier, avsnitt 2.3.1, innebär att skyddsåtgärder skall övervägas ur kostnads/nytta-synpunkt. Jämfört med den individrisknivå som beräknats för den

mest utsatta punkten av WSP i tidigare rapport (WSP, 2014) är den individrisknivå som presenteras i denna rapport något högre.

Individrisken presenteras även på olika avstånd från Skäran. Då stora delar av flödet på Hamnbanan transporteras på Skäran och denna löper närmast planområdet bedöms denna led som störst bidragande till individrisken. Individrisken med avseende på Skäran **utan** hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder presenteras i tabell 5.

Tabell 5. Individrisk med avseende på avstånd till Skäran **utan** hänsyn till skyddsåtgärder.

Avstånd (meter)	IR (ute)	IR (inne)
0-25	8,49E-07	7,14E-07
25-50	4,78E-07	2,83E-07
50-100	2,54E-07	9,10E-08
100-150	7,85E-08	0,00E+00
150-200	2,93E-08	0,00E+00

Individrisken med avseende på Skäran **med** hänsyn till kvantifierade skyddsåtgärder presenteras i tabell 6. Notera att värdena i tabellen endast är giltiga för ny bebyggelse då befintlig bebyggelse antagits oskyddad.

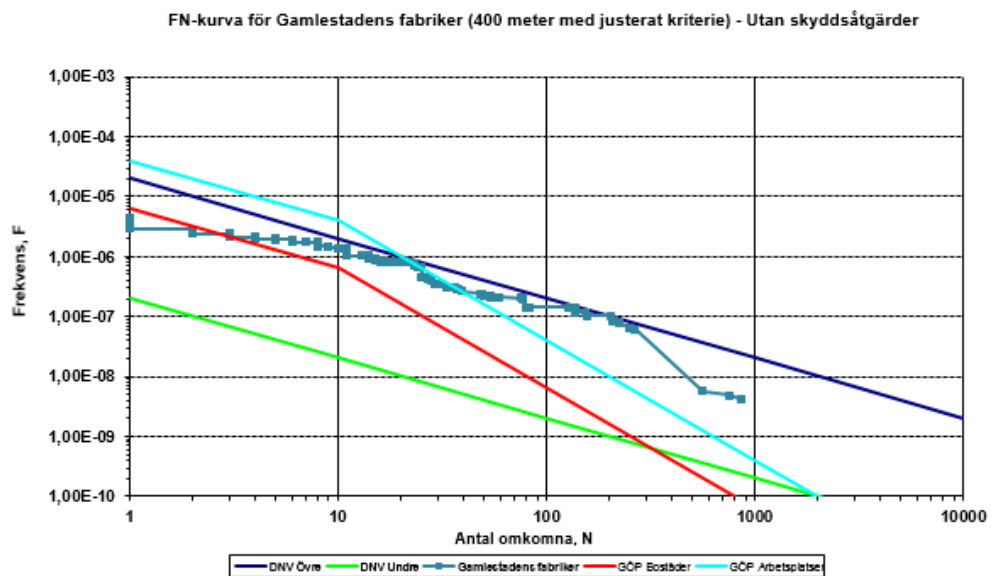
Tabell 6. Individrisk med avseende på avstånd till Skäran **med** hänsyn till skyddsåtgärder (gäller endast ny bebyggelse).

Avstånd (meter)	IR (ute)	IR (inne)
0-25	8,49E-07	3,16E-07
25-50	4,78E-07	5,25E-08
50-100	2,54E-07	2,32E-08
100-150	7,85E-08	0,00E+00
150-200	2,93E-08	0,00E+00

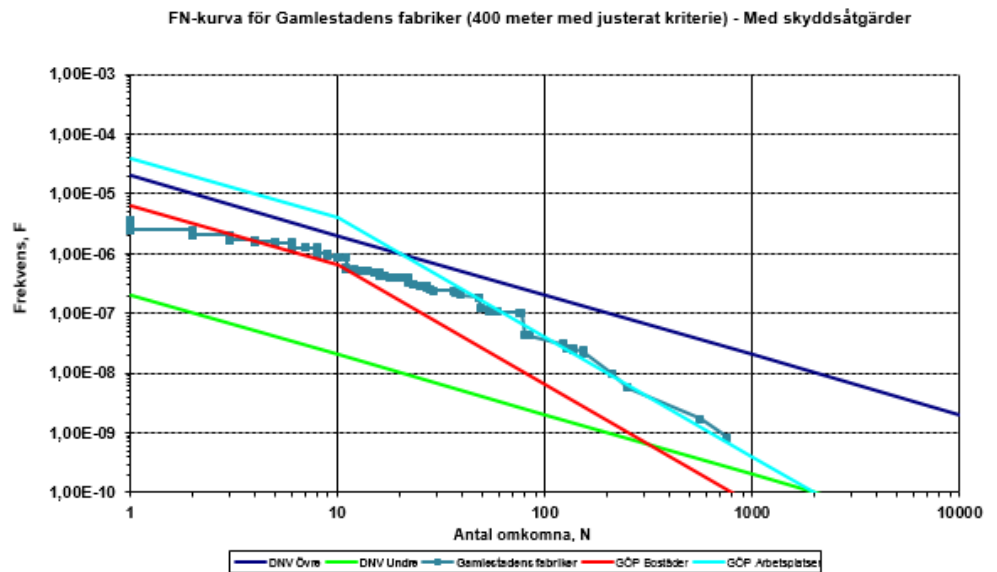
6.2 Samhällsrisk för aktuellt område

I detta kapitel presenteras FN-kurvor (samhällsrisk) för det studerade området efter att planerad verksamhet tillkommit. Samhällsrisk presenteras med respektive utan hänsyn till rekommenderade 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 400 meter på en sida av järnvägen/vägen vilket bedöms vara dimensionerande sträcka för beräkningar för det studerade området. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,2 och kriterier från GÖP har multiplicerats med 0,1.

I figur 17 presenteras den samlade samhällsrisk för ny bebyggelse med avseende på närliggande farligt godsleder, utan studerade skyddsåtgärder. I figur 18 presenteras den samlade samhällsrisk med hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder.



Figur 17. Samlad samhällsrisk, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, för det studerade området (punkterad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 400 meter.



Figur 18. Samlad samhällsrisk, *med* hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, för det studerade området (punktad linje) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och mörkblå linje) samt Göteborgs översiktsplan (turkos linje = verksamheter/kontor och röd linje = bostäder). Kriterierna är justerade för att gälla 400 meter.

En känslighetsanalys där andelen personer utomhus har ökat till 4% för kontor/verksamheter presenteras i Bilaga C.

6.3 Diskussion kring resultat

6.3.1 Individrisk

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsled och individrisken reduceras något när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder.

I den mest utsatta punkten hamnar den samlade individrisken inomhus, jämfört med DNV's kriterier, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Övriga platser på planområdet kommer att ha lägre individrisknivå än denna punkt.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken inomhus med avseende på Skäran, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från Skäran. På större avstånd än 50 meter hamnar den samlade individrisken inomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden minskar individrisken och leder till att den anses vara låg på avstånd längre än 25 meter från Skäran. Inga byggnader ligger inom 25 meter från bedömt framtida närmsta spår (tillkommande spår norr om Skäran).

Individrisken utomhus hamnar, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-75 meter

från Skäran. På större avstånd än 75 meter hamnar den samlade individrisken utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden påverkar ej individrisknivån utomhus.

6.3.2 Samhällsrisk

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsrisk högt i zonen mellan DNV:s övre och undre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsrisk hamnar på gränsen till en oacceptabel nivå men ändå på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Samhällsrisk utan skyddsåtgärder hamnar även över GÖP:s kriterie för arbetsplatser.

Samhällsrisk reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar den samlade samhällsrisk fortsatt mellan DNV:s övre och undre kriterie men nu betydligt lägre inom denna zon. Risknivån tangerar kriteriet för kontor enligt GÖP och över kriteriet för bostäder enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie.

Det bör noteras att det planeras en blandning av bostäder, kontor/verksamheter, handel och offentlig verksamhet inom det studerade området. Baserat på fördelningen av den planerade bebyggelsen inom området samt respektive verksamhets typ närhet till farligt godsleder, se kapitel 3.1, bedöms det rimligt att i det här fallet i första hand jämföra samhällsrisk mot kriteriet för kontor i GÖP. Detta innebär att planerad bebyggelse tangerar det relevanta kriteriet när hänsyn tas till skyddsåtgärder.

6.4 Diskussion kring skadade personer

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- › Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att “dödliga doser” finns definierade.
- › Riskanalyser och riskkriterier har utvecklats mot att beakta dödsfallsrisker och ett skadefallskriterium är därför svårt att jämföra med dessa.

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

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

Olycka med brandfarlig vara

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

Olycka med brandfarlig gas

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

Olycka med giftig gas

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

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

7 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

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

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

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

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

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet och hur robusta slutsatserna är. Betydelsen av ett antal viktiga parametrar och de ansatser som är gjorda i analysen diskuteras i Bilaga C.

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

8 Slutsats och skyddsåtgärder

WSP har utfört en riskanalys med avseende på ett tidigare exploateringsförslag för området, vilken visade på höga samhällsrisknivåer. Ett större omtag har därför gjorts där detaljplanen omarbetats kraftigt. Omarbetningen har skett genom en serie möten med Länsstyrelse, Räddningstjänst, Stadsbyggnadskontor och exploatörer där för och nackdelar med olika lösningar och utformningar har diskuterats. Processen med framtagande av ny detaljplan har varit iterativ och har genom kvalitativa diskussioner lett fram till en omdisponering av markanvändning gentemot tidigare detaljplan samt gett upphov till ett antal rekommendationer avseende skyddsåtgärder för att sänka risknivån för området.

Syftet med denna rapport är att undersöka om den markanvändning/disponering som nu planeras för området samt det åtgärds paket med avseende på skydd mot olyckor med farligt gods som kvalitativt arbetats fram ger risknivåer som är tolerabla.

I de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att området inom 30 meter från väggkant/närmsta spår till farligt godsled 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. Det bebyggelsefria området mellan de närmsta farligt godslederna (Skäran och Norge/Vänerbanan) och ny bebyggelse är idag 30 meter. Detta avstånd kan komma att minska till uppskattningsvis 25 meter om ett ytterligare spår norr om Skäran byggs i framtiden. Inom 50 meter från Skäran planeras ny bebyggelse i form av pakeringshus

Enligt de riktlinjer för riskhanteringsprocessen som presenteras i GÖP (1999) anges att kontor ska placeras på större avstånd än 30 meter från järnväg där farligt gods transporteras. Enligt samma riktlinjer anges att bostäder ska placeras på större avstånd än 80 meter från järnväg där farligt gods transporteras. Då närmsta kontorsbebyggelse planeras på ett minsta avstånd av 30 meter från Skäran och Norge/Vänerbanan och bostadsbebyggelse på ett minsta avstånd av 100 meter uppfylls dessa riktlinjer. I GÖP (1999) finns inga specifika avstånd till offentlig verksamhet så som skolverksamhet.

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 att bostäder, handel och centrum bör förläggas i zon C där zon A är zonen närmast vägen (se figur 2). Enligt samma riktlinjer bör kontor placeras i zon B. Planerad bebyggelse bedöms i strikt mening inte följa dessa riktlinjer med avseende på Skäran och E20 då dagligvaruhandel planeras i delar av parkeringshuset som planeras i områdets södra del. Handel skall enligt Länsstyrelserna placeras i Zon C. Övrig bebyggelse bedöms uppfylla riktlinjerna.

Individrisken minskar med ökat avstånd ifrån farligt godsled och individrisken reduceras något när hänsyn tas till studerade skyddsåtgärder.

I den mest utsatta punkten hamnar den samlade individrisken inomhus, jämfört med DNV's kriterier, på en nivå där ytterligare skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Övriga platser på planområdet kommer att ha lägre individrisknivå än denna punkt.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar den samlade individrisken inomhus med avseende på Skäran, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-50 meter från Skäran. På större avstånd än 50 meter hamnar den samlade individrisken inomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden minskar individrisken och leder till att den anses vara låg på avstånd längre än 25 meter från Skäran. Inga byggnader ligger inom 25 meter från bedömt framtida närmsta spår (tillkommande spår norr om Skäran).

Individrisken utomhus hamnar, utan hänsyn till rekommenderade skyddsåtgärder, på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt 0-75 meter från Skäran. På större avstånd än 75 meter hamnar den samlade individrisken utomhus på en nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Införande av den kvantifierade skyddsåtgärden påverkar ej individrisknivån utomhus.

Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsriskerna högt i zonen mellan DNV:s övre och undre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsriskerna hamnar på gränsen till en oacceptabel nivå men ändå på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Samhällsriskerna utan skyddsåtgärder hamnar även över GÖP:s kriterie för arbetsplatser.

Samhällsriskerna reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar den samlade samhällsriskerna fortsatt mellan DNV:s övre och undre kriterie men nu betydligt lägre inom denna zon. Risknivån tangerar kriteriet för kontor enligt GÖP och över kriteriet för bostäder enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie.

Det bör noteras att det planeras en blandning av bostäder, kontor/verksamheter, handel och offentlig verksamhet inom det studerade området. Baserat på fördelningen av den planerade bebyggelsen inom området samt respektive verksamhets typ närhet till farligt godsleder, se kapitel 3.1, bedöms det rimligt att i det här fallet i första hand jämföra samhällsriskerna mot kriteriet för kontor i GÖP. Detta innebär att planerad bebyggelse tangerar det relevanta kriteriet när hänsyn tas till skyddsåtgärder.

Beräknade risknivåer bedöms som rimliga när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder och möjligheterna att ytterligare minska risknivån. Att ytterligare minska risknivån bedöms svårt utan att kraftigt minska mängden bebyggelse på området.

Baserat på inventeringen och resultaten från beräkningar av individ- och samhällsrisk bedöms föreslagen exploatering med avseende på omfattning och geografisk placering i närheten av farligt godsleder möjlig förutsatt att de skyddsåtgärder som definierats i föreslagen plankarta, se figur 5, kvarstår.

Inga ytterligare skyddsåtgärder, med avseende på farligt godstransporter förbi studerat område anses nödvändiga att lyfta in i detaljplanen. Notera att detta enbart gäller vid den markanvändning och de avstånd som anges i kapitel 3.

9 Referenser

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

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.*

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

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

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

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

Länsstyrelsen i Hallands län (2011), *Riskanalys av farligt gods i Hallands län, 2011*

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

SRV (1997), *Värdering av risk p21-182/97, MSB (tidigare Räddningsverket)*

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

Trafikverket (2014), *Yttrande: Samråd – Detaljplan för Gamlestadens Fabriker*, SVK ärendenummer: BN 11/0489, 2014-06-25

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

WSP (2014), *Riskbedömning avseende farligt gods, Detaljplan för Gamlestadens fabriker*, 2014-02-14

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 farligt gods.

Frekvens för vägolycka med farligt gods

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

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

För att beräkna olycksfrekvens utifrån nationell statistik används följande värden:

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

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

Frekvens för järnvägsolycka

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

- › Urspårning

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

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

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårålagfel, 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.

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 sammanstötningens frekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

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

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

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

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

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,5 för delområde 1 respektive 0,2 för delområde 2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en

begränsad sträcka. Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 1 respektive 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större.

Frekvens för bangårdsolycka

Beräkning för bangårdsolycka utgår från samma olycksscenarior som vid beräkning av järnvägsolycka. Vid beräkning för bangårdsolycka används följande frekvens:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn: $3 \cdot 10^{-5}$ (Fredén, 2001)

Vid riskberäkning för bangårdsolycka justeras risken med en faktor 0,1 för klass 1.1, 3 och 5 och 0,01 för klass 2 (tjockväggig tank), p.g.a. låg hastighet.

Frekvens för olycksscenarier

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

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

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

Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

Skalning av olycksfrekvenser

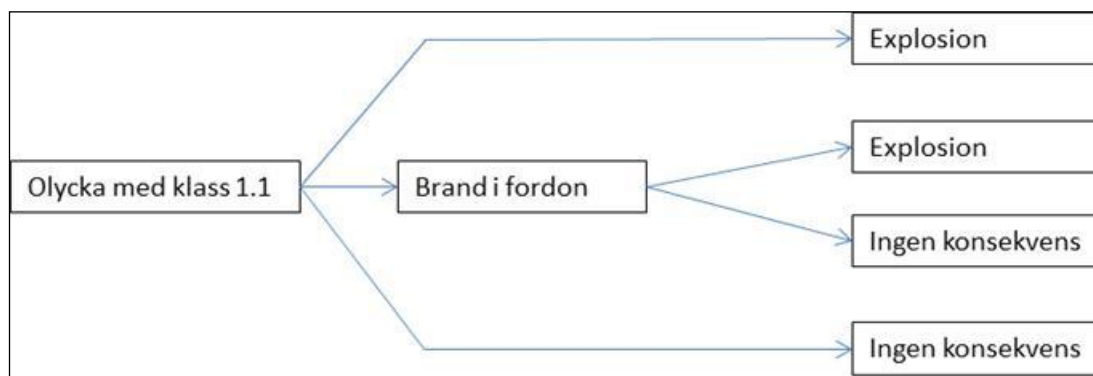
För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen för respektive skadehändelse justeras för att ta hänsyn till storleken på konsekvensområdet för den specifika skadehändelsen. Konsekvensområdet för respektive skadehändelse redovisas i Bilaga B.

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.

Beräkning Väg:

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:

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

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

Beräkning Järnväg:

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:

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

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka på trafikspår bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten. Vid

beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1.

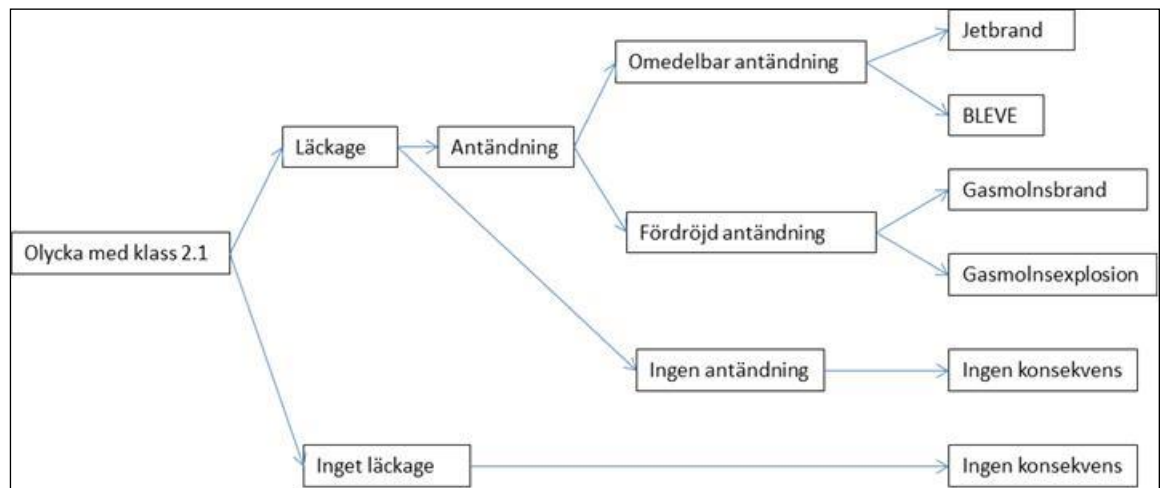
Sannolikheten beskrivs här för rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass1.1}}$$

Olycka per rangerad vagn * Explosion * reducering för låg hastighet * antal transporter med massexplosiva ämnen.

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 gasmolnexplosion.

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.1. 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.

Läckage av propan

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Beräkning Väg:

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

Beräkning Järnväg:

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.

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank).

Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} * 0,01 * N_{\text{klass2.1}} * 0,19$$

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

Gasmolnsbrand

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

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

Gasmolnsexplosion

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

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.

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

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

Beräkning Bangård:

Jetbrand

$$3 \cdot 10^{-5} * 0,01 * 0,01 * N_{\text{klass2.1}} * 0,19$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas*andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$3 \cdot 10^{-5} * 0,01 * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,4$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas *andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$3 \cdot 10^{-5} * 0,01 * 0,01 * N_{\text{klass 2.1}} * 0,1$$

Olycka* Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas*andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

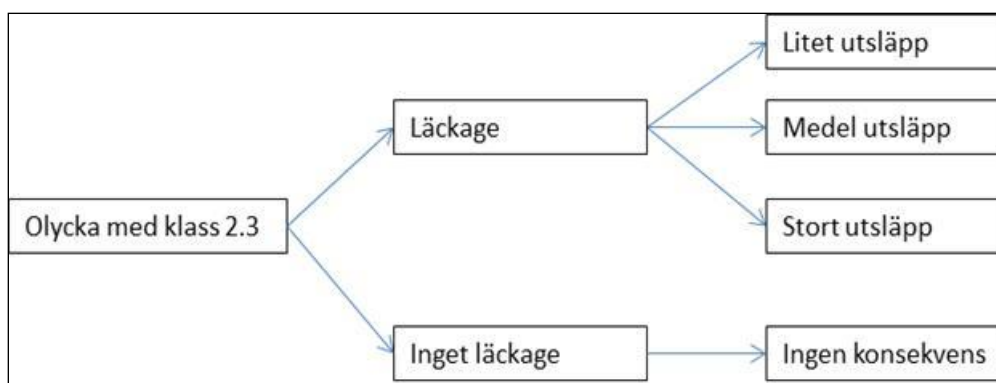
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka * Läckage * reducering för låg hastighet * 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.

Beräkning Väg:

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)

Beräkning Järnväg:

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)

Beräkning Bangård:

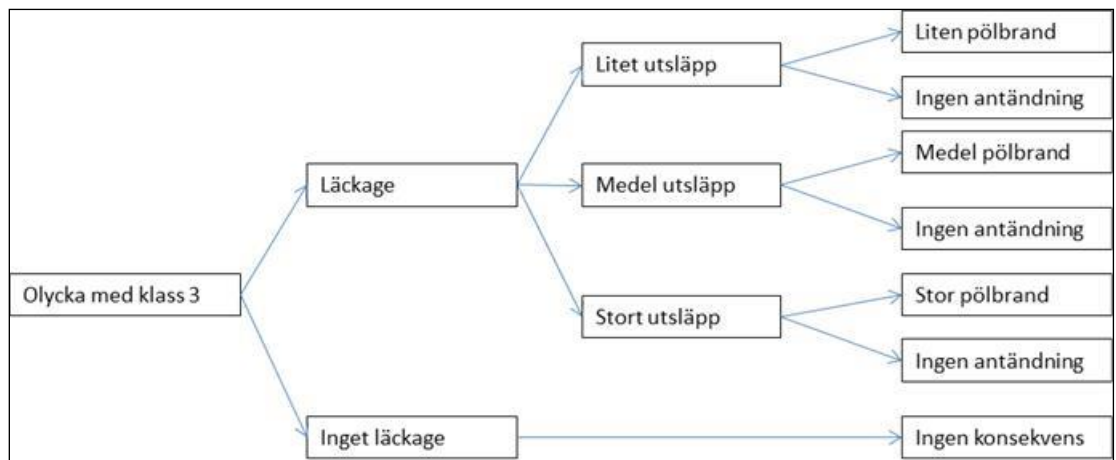
Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank). Sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per rangerad vagn * Läckage * reduktion för låg hastighet * 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.

Beräkning Väg:

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)

Beräkning Järnväg:

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.

$$\text{Mellan läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

$$\text{Stort läckage: } (6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001). Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). 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. Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

$$\text{Mellan läckage: } 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$$

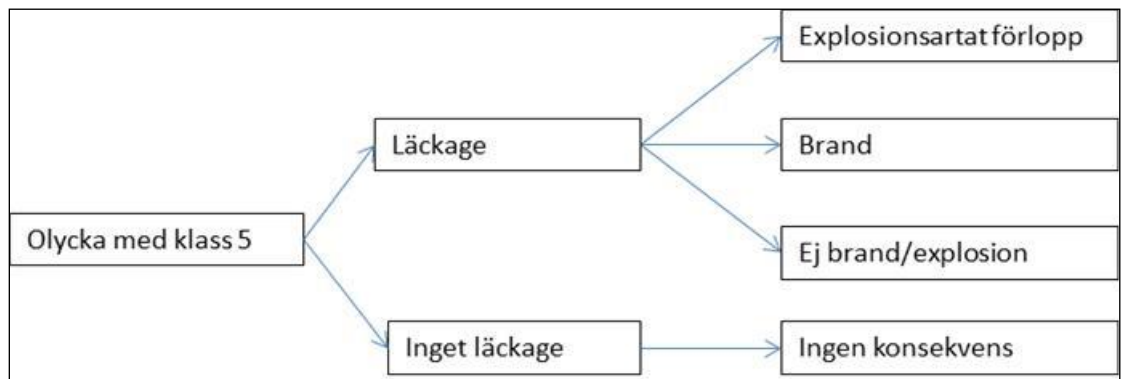
$$\text{Stort läckage: } 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$$

Olycka per rangerad vagn * Läckage * sannolikhet för antändning * reducering för låg hastighet * antal vagnar.

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.

Beräkning Väg:

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:

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

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

Beräkning Järnväg:

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:

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

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $5 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka bedöms att 0,01% av fallen leder till explosion av lasten. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. I denna analys beskrivs sannolikheten per rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass5.1}}$$

$$\text{Olycka per rangerad vagn} \cdot \text{Explosion} \cdot \text{reducering för låg hastighet} \cdot \text{antal transporter med oxiderande ämnen}$$

>

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

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

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

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

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 tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter,

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).

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

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

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

För varje avståndintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

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

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

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

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)	1/0,25*	1/0,1*	0,5/0,05*	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolnsexplosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/0,25**	1/0	0,5/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95	0,9/0,5	0,5/0,1	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1	1/1	1/0,5	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m ²)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m ²)	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

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, 1997) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

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

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

Beräkningsmetodik

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

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

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

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

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

Konsekvenser för massexplösivt 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	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

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

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

massexplosivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

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

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

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

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

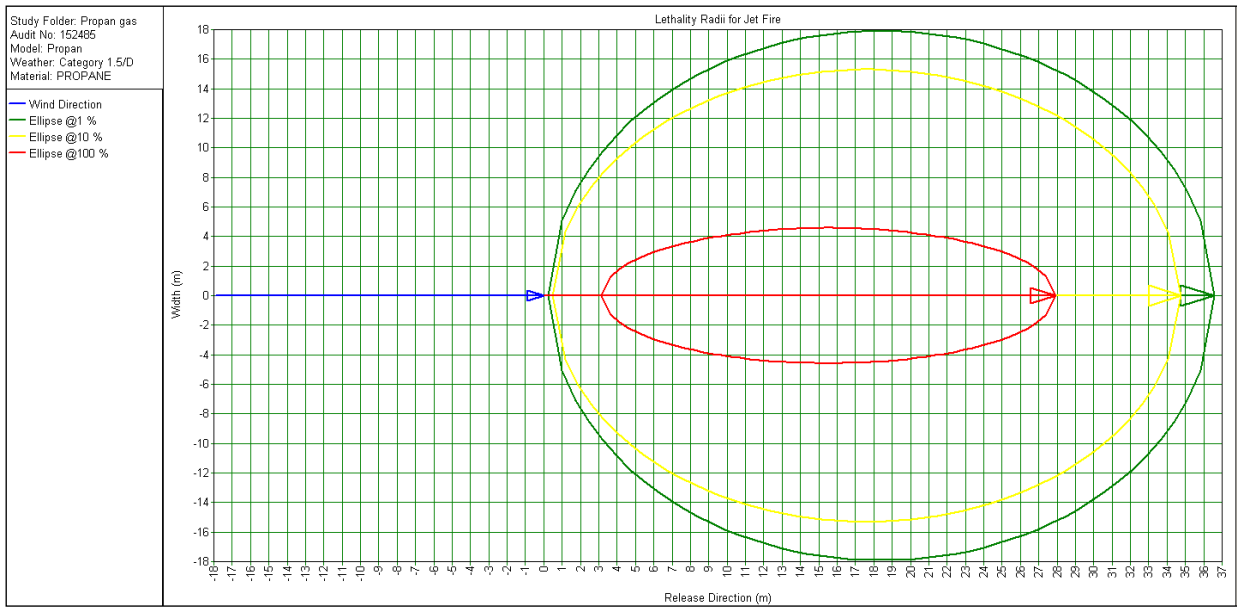
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- › Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

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



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

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.

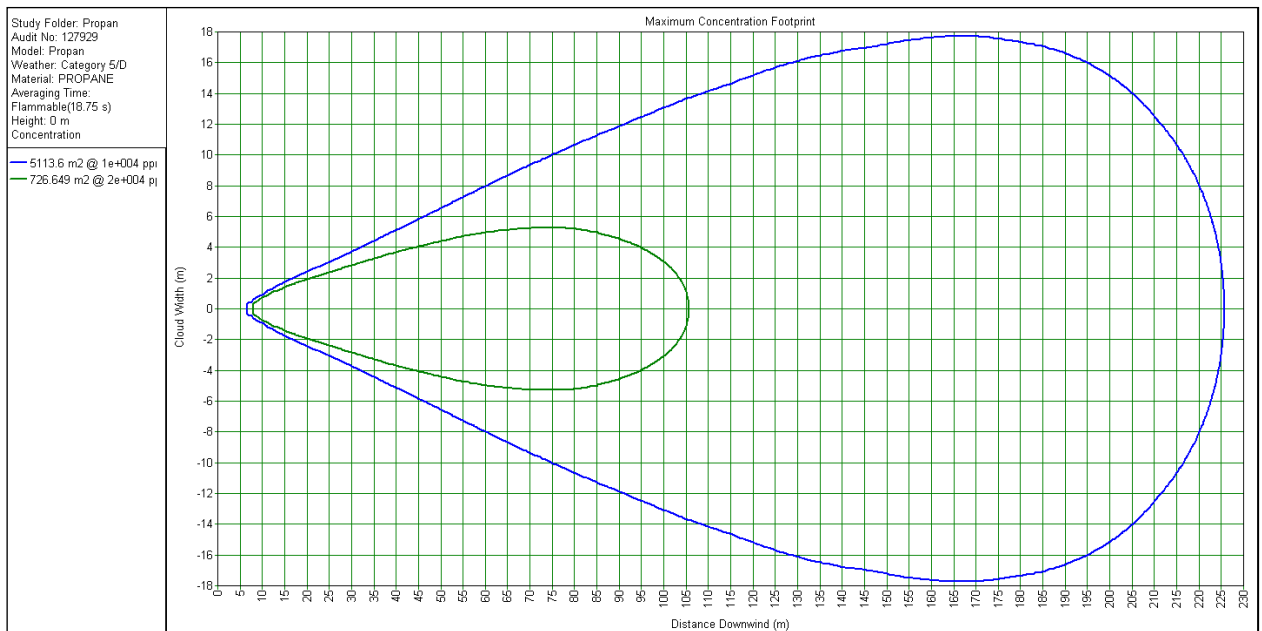
Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

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.

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.



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

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

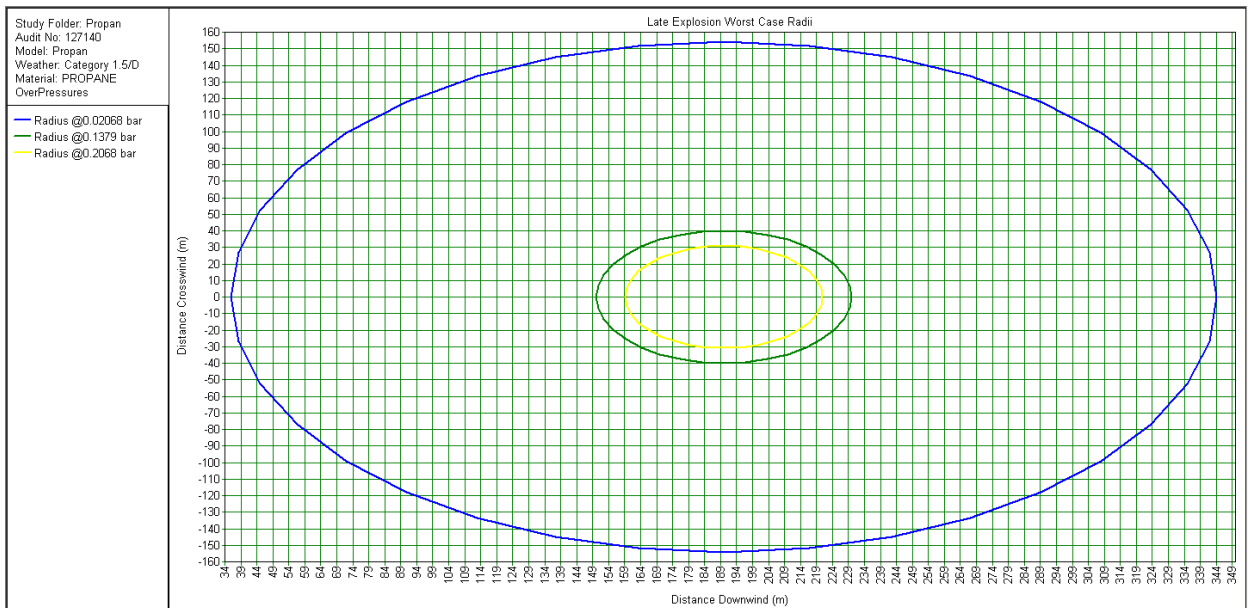
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva. Konsekvensen för personer utomhus är vid gasbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

Gasmolnexplosion

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

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



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

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

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

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

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

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

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 höjdlängd samt andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

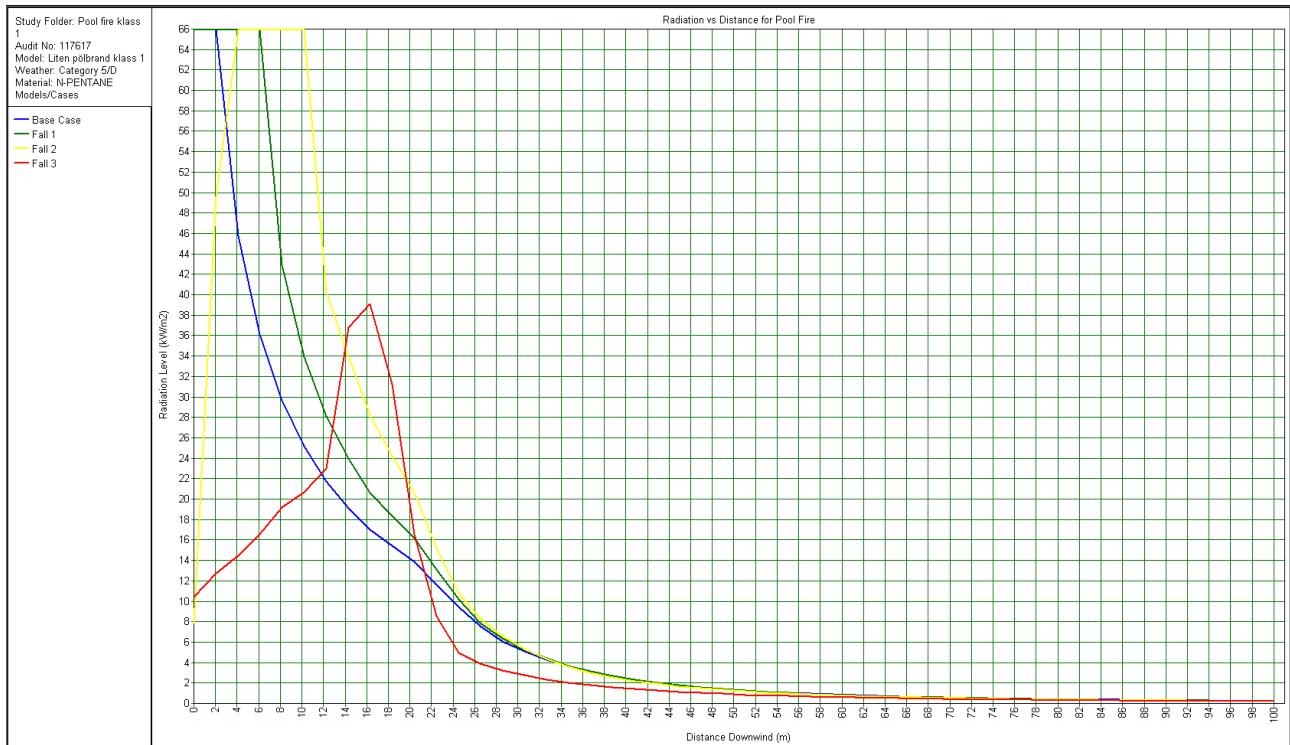
En tankbilsolycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

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

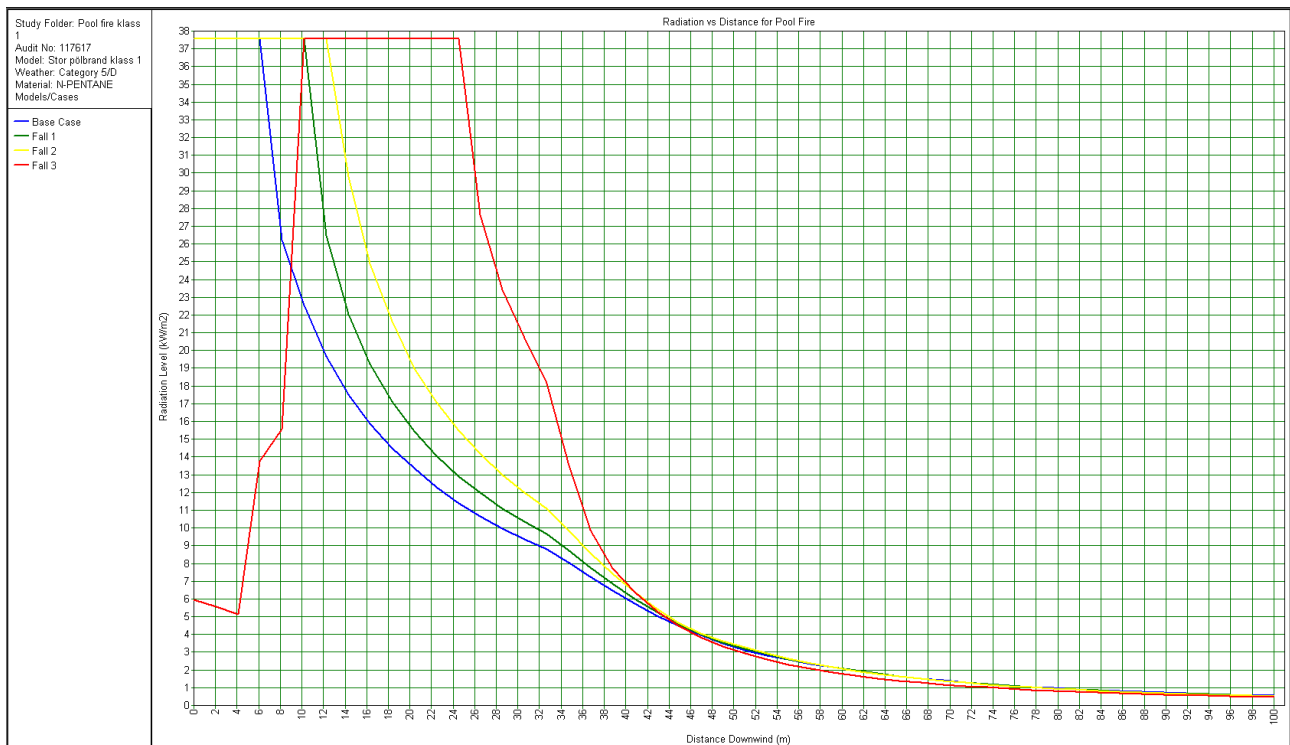
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › 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.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenari; 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. Brandscenari; pölbrand 200 m², bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

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

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

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

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

Tabell B.14 Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

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

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

Långvarig strålning mot 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. Denna mängd väljs som dimensionerande då den sannolikaste olyckan enligt GÖP är att oxiderande ämne blandas med fordonets smörj eller drivmedel (400-800 liter för en normal lastbil).

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 - Känslighetsbedömningar

Riskanalys 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 befolkningens mängd)
- › 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.

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 väg-/spårområdet. Beräknad Personintensitet bedöms som robust

utifrån erhållna uppgifter avseende planerad bebyggelse. Det bör noteras att om förändringar avseende typ av bebyggelse och framförallt omfattningen av bebyggelse (antal BTA, antal våningar, etc) förändras kan detta påverka samhällsriskerna.

Olycksfrekvens:

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

Konsekvenser:

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

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

Metod för beräkning av risk:

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

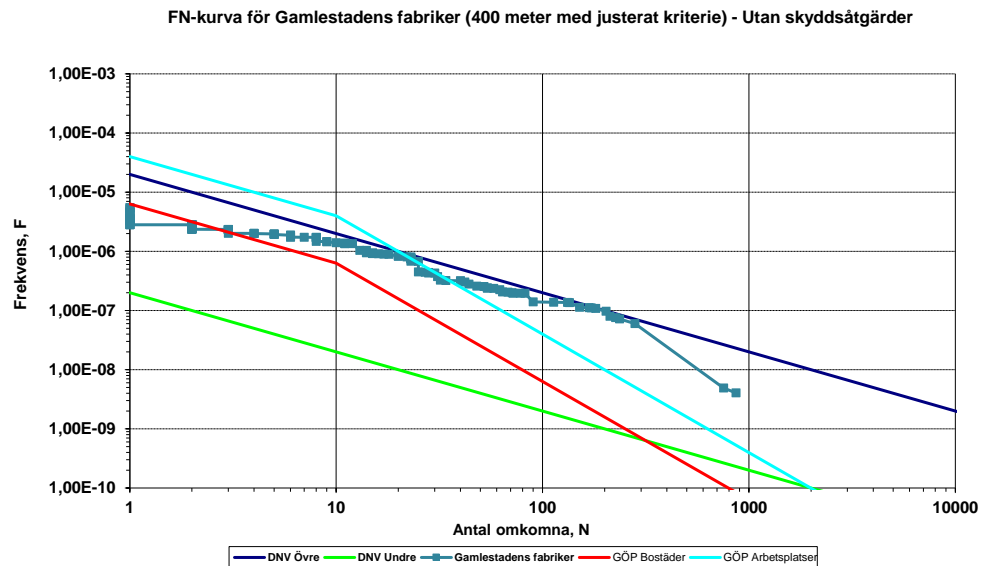
- › Analysområde: området som studerats sträcker sig 500 meter längs Hamnabanan.
- › Antagen placering av ”olyckscentrum”: vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför analysområdet.
- › Scenarioutveckling: förutom inledande olycksfrekvenser så påverkas resultatet av de scenarioutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga A och Bilaga B samt har diskuterats under ”Konsekvenser” ovan.

Andel personer på området som vistas utomhus

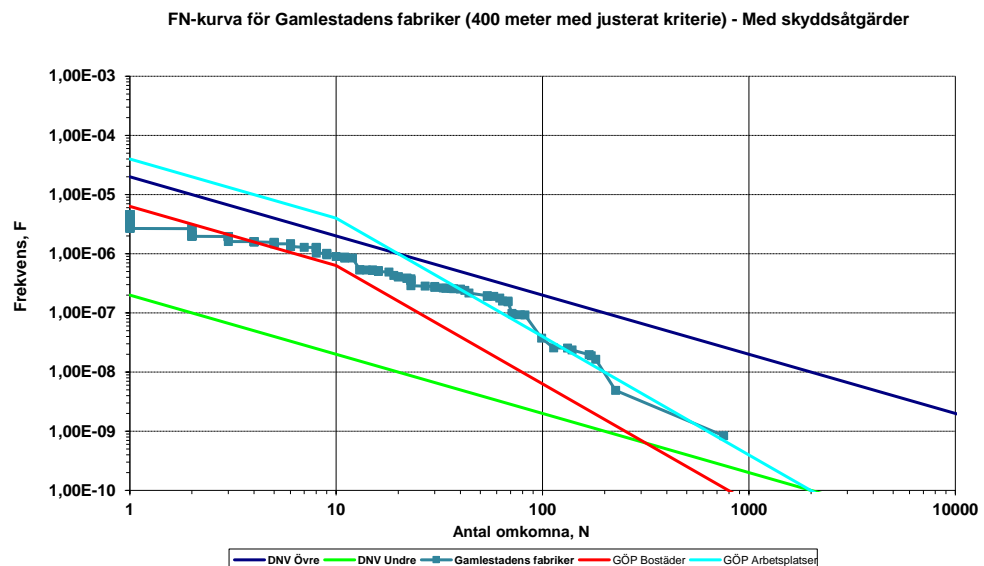
Beräkningarna i kapitel 6 är baserade på att 2% av de som vistas på området (i kontor och andra verksamheter) befinner sig utomhus. Av boende på området antas 12% vistas utomhus under dagtid. Dessa andelar är hämtade från WSP's tidigare rapport (WSP, 2014).

En känslighetsanalys har genomförts där det antagits att 4% av de personer som vistas i kontor eller verksamheter på området vistas utomhus.

I figur D.1 presenteras risknivån utan skyddsåtgärder och i figur D.2 med skyddsåtgärder för denna känslighetsanalys.



Figur D.1. Risknivå utan skyddsåtgärder när det antagits att 4% av de personer som vistas i kontor eller verksamheter på området vistas utomhus.



Figur D.2. Risknivå med skyddsåtgärder när det antagits att 4% av de personer som vistas i kontor eller verksamheter på området vistas utomhus.

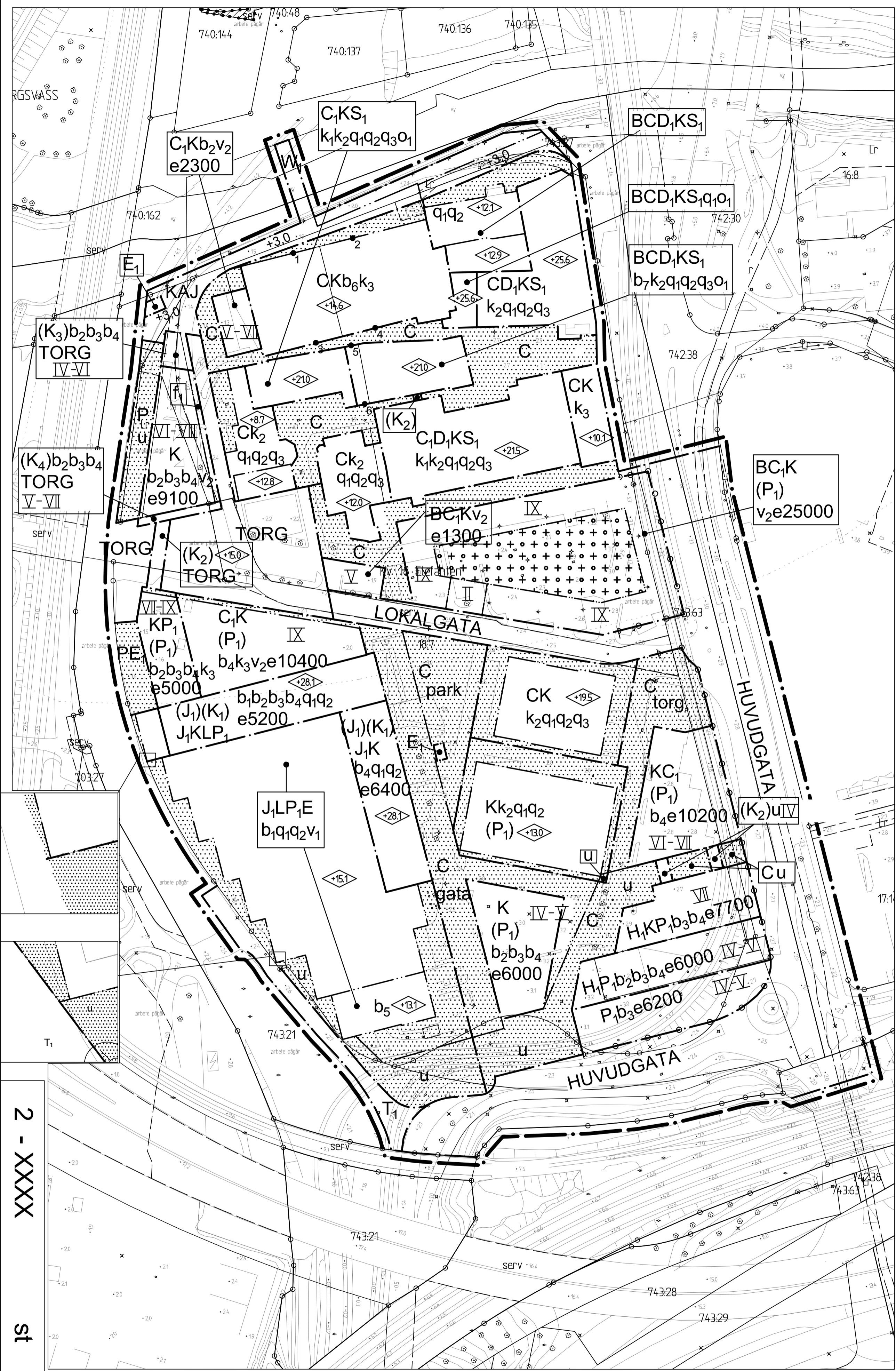
Som väntat blir risknivån högre när antalet personer utomhus ökar. Jämfört med DNV:s kriterier hamnar den samlade samhällsriskén högt i zonen mellan DNV:s övre och undre kriterie när hänsyn ej tas till rekommenderade skyddsåtgärder. Detta innebär att samhällsriskén hamnar på gränsen till en oacceptabel nivå men ändå på en nivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt.

Samhällsrisken utan skyddsåtgärder hamnar även över GÖP:s kriterie för arbetsplatser.

Samhällsrisken reduceras när hänsyn tas till rekommenderade skyddsåtgärder. När detta görs hamnar den samlade samhällsrisken fortsatt mellan DNV:s övre och undre kriterie men nu betydligt lägre inom denna zon. Risknivån överstiger kriteriet för kontor enligt GÖP och över kriteriet för bostäder enligt GÖP. Detta innebär att ytterligare skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt enligt DNV:s kriterie.

Baserat på de diskussioner som förts och de överväganden som gjorts under det kvalitativa arbetet med fönyad detaljplan bedöms möjligheten att ytterligare reducera risknivån genom skyddsåtgärder vara begränsad och ej rimlig ur kostnads/nytta-synpunkt.

Bilaga D - Underlag



2 - XXXX
St



Cadritad av: Arvid Törnqvist
Christoffer Gissy

BETECKNINGAR PÅ PLANKARTAN

- Linje som ligger 3 m utanför planområdets gräns
- Användningsgräns
- Egenskapsgräns

PLANBESTÄMMELSER
Följande gäller inom områden med vidstående beteckningar. Där beteckning saknas gäller bestämmelsen inom hela området. Endast angiven användning och utformning är tillåten.

- 1. ANVÄNDNING AV ALLMÄN PLATS**
- HUVUDGATA Trafik mellan områden
 - LOKALGATA Lokal trafik
 - TORG Torgyta där angöringstrafik tillåts. Torghandel tillåts ej. Får där så anges överbyggas med gångpassage (K₂).
 - KAJ Hårdgjord kajyta

- 2. ANVÄNDNING AV KVARTERSMARK**
- B Bostäder
 - C Centrumverksamhet
 - C₁ Centrumverksamhet medges i markplan
 - H₁ Handel medges i markplan
 - K Kontor
 - (K₁) Kontor som får överbygga befintlig byggnad
 - (K₂) Gångpassage (Kontor) som där så anges får överbygga allmän plats och kvartersmark till en fri höjd av 3,6 meter.
 - (K₃) Kontor som får överbygga allmän plats till en fri höjd av 5,0 meter.
 - (K₄) Kontor som får överbygga allmän plats till en fri höjd av 3,6 meter.

- P Markparkering
- P₁ Parkeringshus
- (P₁) Parkering som får underbygga kvartersmark.
- T₁ Trafikområde
- J₁ Icke störande person-externa verksamheter såsom, tillverkning, lagerhållning, laboratorier.
- (J₁) Icke störande person-externa verksamheter såsom, tillverkning, lagerhållning, laboratorier som får överbygga befintlig byggnad.

- E Teknisk anläggning
- E₁ Teknisk anläggning om max 30 kvm tillåts
- D₁ Dagvård t.ex. vårdcentral
- S₁ Gymnasieskola, vuxenutbildning
- L Odling

3. ANVÄNDNING AV VATTENOMRÅDEN

- W₁ Vattenområde där bro får uppföras med en segelfri höjd på minst 2,2 meter över medelvattennivå inom en farledsbredd av minst 6,0 meter. Geotekniska åtgärder får genomföras.

4. UTFORMNING AV ALLMÄN PLATS

- +0,0 Föreskriven höjd över nollplanet

5. UTNYTTJANDEGRAD

- e 000 Största totala bruttoarea för angivna ändamål i m² ovan mark för tillkommande bebyggelse.

6. BEGRÄNSNINGAR AV MARKENS BEBYGGANDE

- Mark där byggnad ej får uppföras.
- Mark som får underbyggas med körbart bjällklag. Marken får bebyggas med komplementbyggnader.
- u Marken ska vara tillgänglig för allmänna underjordiska ledningar.

7. MARKENS ANORDNANDE

- Körbar förbindelse får inte anordnas
- gata Kvartersgata
- torg Torgyta
- park Kvarterspark

8. PLACERING, UTFORMNING OCH UTFÖRANDE

- +0,0 Högsta nockhöjd i meter över nollplanet
- V Högsta antal våningar ovan mark.
- IV-V Minsta respektive högsta antal våningar ovan mark.
- b₁ Befintliga fönsteröppningar mot Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan ska muras igen i enlighet med beskrivning på sida XX i planbeskrivningen. (Kulturmiljöhänsyn)
- b₂ Fasad mot Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan ska utgöras av obrännbart material. Fasaden inklusive fönster och andra öppningar ska vara av lägst brandklass EI30.
- b₃ Byggnaden ska konstrueras för att klara dimensionerande gasmolnexplosion (10 kg gasol med volymen 100 m³) på Västra Stambanan/Hamnbanan resp. Norge/Vänerbanan. Byggnaden ska konstrueras så att den klarar dimensionerande trycklast utan att utsättas för fortskridande ras.
- b₄ Ventilation ska vara avstängningsbar och placerad högt i byggnaden, vänd bort från farligt godsled.
- b₅ Taket ska täckas med plåt.
- b₆ Passage för gångtrafik genom byggnaden ska anordnas till en minsta bredd av 3 meter från en punkt på sträcka 1 - 2 till en punkt på sträcka 3 - 4.

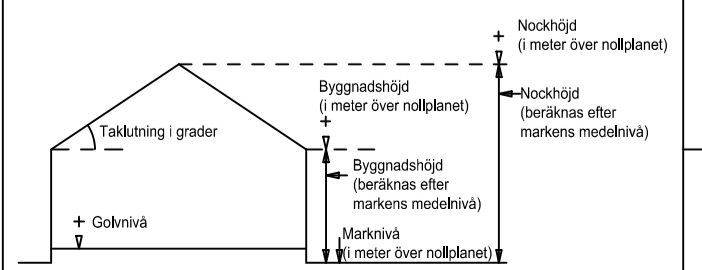
- b₇ Passage för gångtrafik genom byggnaden får anordnas till en fri höjd av minst 4,0 m mellan punkt 5 och 6.
- f₁ Byggnad ska där så anges överbygga kvartersmark till en fri höjd av 3,6 m.
- V₁ Till ett djup av 10,0 meter från ytterfasad mot transportled för farligt gods får arbetslokaler för stadigarande vistelse inte skapas.
- V₂ Bottenvåning ska förberedas för centrumfunktioner genom att golvbjällklagshöjden anpassas till anslutande marknivå. Bjällklagshöjden ska vara minst 3,6 meter.
- q₁ Särskilt värdefull byggnad som omfattas av PBL 8 kap §13. Byggnaden får inte rivras eller försvannas.
- q₂ Byggnadens fasader och tak ska bevaras till såväl helhet och form som material, detaljer och färgsättning/färgställning, så att dess kulturhistoriska kvaliteter, arkitektoniska egenart och betydelse i stadsrummet inte försvannas. De karaktärsdrag och värden som ska bevaras har angivits i planbeskrivningens bilaga 1.
- q₃ Värdefull interiör som inte får försvannas avseende byggheter, detaljer och skikt särskilt utpekade i planbeskrivningens bilaga 1, vilka inte får borttagas, förändras till sin form eller byggas in.
- k₁ De karaktärsdrag och värden hos byggnadens exteriör som angivits i planbeskrivningens bilaga 1 ska särskilt beaktas vid eventuell ändring.
- k₂ De karaktärsdrag och värden hos byggnadens interiör som angivits i planbeskrivningens bilaga 1 ska särskilt beaktas vid eventuell ändring.
- k₃ Byggnad som vid eventuell rivning skall dokumenteras och demonteras på sätt som angivits i planbeskrivningens bilaga 1.
- o₁ Hiss behöver inte anordnas i trapphus som betjänar mindre än 500 kvm bruksarea.

9. ÖVERSVÄMNINGSSKYDD
Nivå på färdigt golv och öppningar i konstruktioner ska vara lägst +3,3, om inte annat översvämningsskydd anordnas till denna nivå.
Nya byggnader ska utföras med en vattentät konstruktion till en lägsta nivå +2,9. Öppningar i nya byggnader på en nivå lägre än +2,9 ska anordnas med översvämningsskydd.
Samhällsviktiga anläggningar ska kunna skyddas till nivå +3,9 så att påverkan på anläggningens funktion inte uppkommer.
Området ska skyddas mot skyfall genom utbyggnad av dagvattensystem och ytor för fördröjning enligt till planen hörande dagvattenutredning.

10. STÖRNINGSSKYDD

- Om ekvivalent ljudnivå vid bostadens fasad är > 55 dBA ska minst hälften av bostadsrummen vara vända mot ljuddämpad sida. Fasad mot ljuddämpad sida ska ha ekvivalent ljudnivå högst 55 dBA samt maximal ljudnivå nattetid högst 70 dBA.
- För små bostäder med boarea max 35 m² gäller krav att minst hälften av bostadsrummen ska vara vända mot ljuddämpad sida om ekvivalent ljudnivå vid bostadens fasad är > 60 dBA. Fasad mot ljuddämpad sida ska ha ekvivalent ljudnivå högst 55 dBA samt maximal ljudnivå nattetid högst 70 dBA.
- Om bostaden har en eller flera uteplatser ska ljudnivån vid minst en uteplats vara högst 50 dBA ekvivalent ljudnivå och 70 dBA maximal ljudnivå.

Läsanvisningar
Vid fler än en planbestämmelse i vertikalled, redovisade i separat ruta, ska de läsas enligt exempel i nedanstående bild.
Överbyggnadsrätt (CT₁)
Markplan (TORG)
Underbyggnadsrätt (CT₁)
Principskiss över hur höjder och taklutning beräknas. Med nollplan avses kommunens nollplan.



11. RISK OCH SÄKERHET

- Ytor mellan järnväg och byggnader närmast järnväg ska utformas så att de inte uppmärnar till stadigarande vistelse.
- Byggnader inom 50 meter från farligt godsled ska kunna utrymmas bort från riskkällan för att möjliggöra säker utrymning i händelse av olycka.
- Uteplatser, balkonger och dyl. tillåts inte inom 50 meter från farligt godsled.

12. ADMINISTRATIVA BESTÄMMELSER
Genomförandetiden är 5 år från den dag planen vinner laga kraft.
Tomtindelning 1480KIII-6392 inom kvarteret 18 Elefanten i Olskrokan som fastställdes 1969-11-24 upphävs för de fastigheter som omfattas av denna detaljplan.
UPPLYSNINGAR
Utformning/utförande av allmän plats och kvartersmark ska följa de intentioner som redovisas i det till planen hörande gestaltningsprogrammet.
För att anslutning med självfall skall tillåtas måste lägsta höjd på färdigt golv vara +0,3 meter över marknivå i förbindelsepunkt, dock lägst +3,3.
Delar av planområdet utgör fast fornlämning enligt kulturminneslagen.

UTSTÄLLNINGSHANDLING
Utställningshandlingarna består av:
- plankarta med bestämmelser
- planbeskrivning + bilaga 1
- genomförandebeskrivning
- gestaltningsprogram Gamlestadens fabriker
- illustrationsritning
- grundkarta (preliminär)
- fastighetsförteckning
- samrådsrets

BESLUT (Plankarta,-bestämmelser)
BN utställning _____
BN godk./antag. _____
KF antagande _____
Laga kraft _____
Detaljplanen är upprättad enligt PBL 1987:10, normalt planförfarande

Göteborgs Stad
Stadsbyggnadskontoret
Detaljplan för Gamlestadens fabriker inom stadsdelarna Gamlestad, Olskrokan och Bagaregården i Göteborg
Göteborg 2016-06-27
UTKAST

Elin Johansson Planchef
Mattias Westblom Planarkitekt
Arvid Törnqvist Planarkitekt

PLANKARTA
2 - XXXX