



Detaljplan för Fixfabriksområdet

Risikanalys transport av farligt gods och gastankstation

2016-06-28

Detaljplan för Fixfabriksområdet

Risicanalys transport av farligt gods och gastankstation

2016-06-28

Beställare: Fastighetskontoret Göteborgs Stad
Box 2588
403 14 Göteborg

Beställarens representant: Sofie Bården

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare: Herman Heijmans

Uppdragsnr: 104 03 42

Filnamn och sökväg: n:\104\24\1042495\5 arbetsmaterial\01
dokument\risicanalys fixfabriksområdet göteborg.doc

Kvalitetsgranskad av: Johan Hultman

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	6
2. Risker med transport av farligt gods	7
2.1 Typer av farligt gods	7
2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods	7
3. Platsen	10
3.1 Planområdet	10
3.2 Transporter av farligt gods förbi planområdet	11
4. Riskbedömning i den fysiska planeringen	17
4.1 Vad är risker	17
4.2 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	19
4.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	20
4.4 ALARP-området	26
5. Resultat av riskberäkningarna	28
5.1 Individrisk	28
5.2 Samhällsrisk	28
6. Osäkerhetsanalys	32
7. Gastankstationen mm.	34
7.1 Risker gastankstationen	34
7.2 Störningar gastankstationen	35
7.3 Parkeringshus	37
7.4 Övriga verksamheter	38
7.5 Slutsatser risker och störningar från verksamheter	38
8. Åtgärder	40
9. Referenser	44

Bilaga Riskberäkning väg

Sammanfattning

En detaljplan håller på att tas fram för Fixfabriksområdet i stadsdelen Majorna i Göteborg med syfte att skapa ett område där gammal och ny bebyggelse blandas och som knyter ihop kringliggande stadsdelar.

Inom planområdet planeras för bostäder, skola, boendeservice, kontor mm. I planområdets närhet finns Älvsborgsbron och Oscarsleden som båda är rekommenderade transportleder för farligt gods. Dessutom ligger ett tankställe för fordonsgas i planområdets närhet. Göteborgs stad har därför uppdragit åt Norconsult att genomföra en riskutredning för området som presenteras i denna rapport.

Trafiksituationen vid planområdet domineras av Rödastensmotet väster om området. Transporter av farligt gods förekommer såväl på Älvsborgsbron som i motet samt på Oscarsleden fram till Jaegerdorffsplatsen och vidare till Stenalines Danmarksterminal.

En kvantitativ riskanalys har genomförts för riskerna med dessa transporter utifrån den planerade användningen av området. Analysen visar att individrisken är acceptabel inom området medan samhällsrisken ligger inom det sk. ALARP-området vilket innebär att risknivån kan bedömas vara tolerabel efter att alla rimliga skyddsåtgärder, utifrån praktiskt och ekonomiskt perspektiv är genomförda.

Följande skyddsåtgärder föreslås i utredningen:

- Tungt vägräcke och vätskespärri längs avkörningsrampen närmast planområdet.

Bebyggelsen inom ca 50 m från rampen och Oscarsleden bör utformas enligt nedan.

- Fasader (främst mot vägen) i obrännbart material och brandklass EI30/60.
- Inga balkonger eller uteplatser mot vägarna.
- Friskluftsintaget på skyddad plats i förhållande till vägarna.
- Inga entréer riktade mot vägarna.
- Utrymning skall vara möjligt bort från vägarna.

- Sammanhållen betongstomme eller annan lösning som ökar motståndskraft vid gasexplosion.

Om gastankstationen ersätts med ett parkeringshus skall fasaden mot Oscarsleden utföras i obrännbart material i minst brandklass EI30. Fasaden skall vara tät.

Med dessa skyddsåtgärder på plats bedöms risknivån från transporter av farligt gods inom planområdet vara tolerabla och att situationen är godtagbar utifrån riskperspektiv.

Avstånden från gastankstället till befintlig och planerad bebyggelse inom planområdet uppfyller kraven avseende risker med denna verksamhet som ställs av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) så länge inga svårutrymda lokaler (skola, vårdinrättning, lokaler som rymmer stor publik mm) inrättas inom 100 m från tankstället.

1. Inledning

En detaljplan håller på att tas fram för Fixfabriksområdet i stadsdelen Majorna i Göteborg, se *figur 1*. Syftet med detaljplanen är att bygga ihop stadsdelarna Kungsladugård, Majorna, Sandarna och Klippan med nya områden med blandad stadsbebyggelse.



Figur 1. Områdets läge anges med den röda ringen.

I planområdets närhet finns Älvsborgsbron och Oscarsleden som båda är rekommenderade transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna i Göteborgs län tillämpar ett riskbedömningsområde på 150 m från dessa transportleder (Lst 2006) och Göteborgs stad har därför uppdragit åt Norconsult att genomföra en riskutredning för området som presenteras i denna rapport.

2. Risker med transport av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR) delas farligt gods in i nio klasser, se nedanstående *tabell 1*.

Tabell 1. Indelning av farligt gods

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

Nedan följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras i Sverige och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna beskrivs mera utförligt i *bilaga 1*.

Klass 1: Explosiva ämnen

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till ca 100 m från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en s.k. jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 m.

Giftiga gaser kan vid ett utsläpp driva iväg i vindriktningen och leda till omkomna på flera hundra meter. Dödsfall inträffar framförallt bland de som vistas utomhus.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en s.k. pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor och karbid

Dessa ämnen är fasta och skadar endast i olycksplatsens direkta omgivning.

Klass 5: Oxiderande ämnen

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan vara lika kraftiga som för ämnen i klass 1.

Klass 6: Giftiga ämnen

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Dessa ämnen transporteras normalt endast i små mängder på väg och järnväg. Risken att omkomma är därför försumbar.

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra och svavelsyra

Risk för skador är normalt störst inom ca 20 m eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

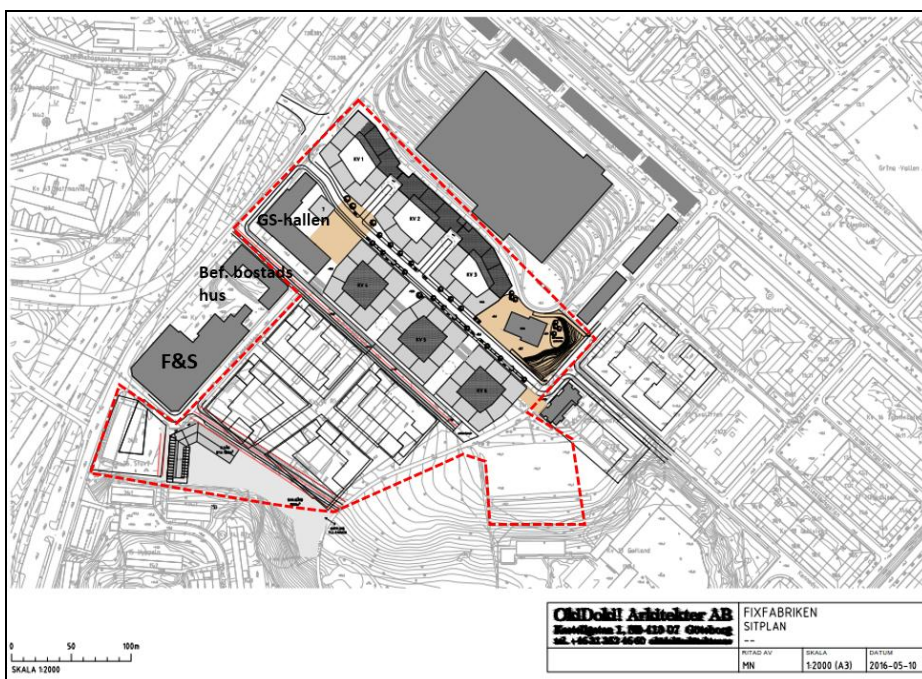
Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall. Det är dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

3. Platsen

3.1 Planområdet

Planområdet ligger i stadsdelen Majorna i Göteborg och omfattar fastigheterna Kungsladugård 14.10, Sandarna 18:3, Sandarna 725:1, Sandarna 25.1, Sandarna 26:2, Sandarna 24:1, Majorna 720:388, 720:409, 720:389, Majorna 720:409, Kungsladugård 724:61 och Kungsladugård 724:7. Syftet med detaljplanen är skapa ett område där gammal och ny bebyggelse blandas och som knyter ihop kringliggande stadsdelar. Inom planområdet planeras för bostäder, skola, boendeservice, kontor mm, se *figur 2*.



Figur 2. Planområdets gränser anges med rött.

Friskis och Svettis anläggning (F&S) och bostadshuset nordost om anläggningen ingår inte i detaljplaneområdet men har tagits med i riskutredningen på grund av att det påverkar riskkriterierna.

Persontäthet

Inom planområdet planeras för bostäder för omkring 2 500 personer. Dessutom planeras för boendeservice och F-3 skola på den sk BEFA-tomten söder om Friskis och Svettis anläggning.

Inom Friskis och Svettis anläggning bedrivs idrottsverksamhet, i det befintliga bostadshuset nordost om anläggningen finns ett antal lägenheter. Inom GS-hallen bedrivs idrottsverksamhet och dessutom finns ett antal småföretag i byggnaden.

Utifrån användningen av de olika delarna av området har en uppskattning gjorts av antalet personer inom området samt vistelsetiden under dagtid, *se tabell 2*.

Tabell 2. Uppskattat antal personer inom området.

	Antal personer samtidigt i genomsnitt	Närvaro dagtid	Antal personer dagtid (12 t) och vecka
Nya bostäder	2500	hälften närvarande dagtid	1250
Befintliga bostäder	90	hälften närvarande dagtid	45
Friskis och Svettis	230	2 t/dag	38
GS-hallen, idrott	50	2 t/dag	8
GS-hallen, verksamheter	80	9t/dag, 5 dagar/vecka	43
Förskola	300	8t/dag, 5 dagar/vecka	140
Service	240	9t/dag, 5 dagar/vecka	130

Sammantaget ger detta att det i snitt befinner sig ca 1700 personer inom området dagtid. Detta är utgångspunkten för riskberäkningarna. I Osäkerhetsanalysen i *kapitel 6* görs en analys av vad det skulle innebära om det befinner sig 25 % fler personer inom området dagtid i snitt.

3.2 Transporter av farligt gods förbi planområdet

3.2.1 Transportvägar för farligt gods

Trafiksituationen vid planområdet domineras av Rödastensmotet väster om området. Transporter av farligt gods förekommer såväl på Älvsborgsbron som i motet samt på Oscarsleden fram till Jaegerdorffsplatsen och – på dispens - vidare till Stenalines Danmarksterminal, *se figur 3* där de grönmarkerade vägar är utpekade som rekommenderade huvudtransportleder för farligt gods. Två strömmar med farligt gods kan särskiljas. Huvudströmmen går över Älvsborgsbron söderut

vidare genom Gnistångstunneln och vice versa. Dessutom finns en ström till och från målpunkterna längs Oscarsleden: Stenalines Tysklands- och Danmarksterninal samt tankstationen vid Jaegerdorffsplatsen.



Figur 3. Utredningsområdets läge i förhållande till transportleder för farligt gods (grön markeringar).

Avståndet från trafikströmmen Älvsborgsbron – Gnistångstunneln är som minst 110 m till planområdets sydvästra del (den sk. Befas-tomten). Avståndet till trafiken på och från målpunkterna längs Oscarsleden varierar men är som minst ca 20 m.

3.2.2 Farligt gods på Älvsborgsbron - Gnistängstunneln

Uppgifter från MSB

Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på Älvsborgsbron fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (SRV 2007). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och finns samlade i en GIS-databas. Enligt dessa uppgifter transporterades det 11 000 ton farligt gods under månaden vilket innebär ca 5 200 transporter med farligt gods på Älvsborgsbron det året.

Ökningen av transporter på Älvsborgsbron mellan 2006 och 2014 har beräknats till 21 % (Trafikverket 2016:1). Mellan 2014 och 2030 förväntas en ökning med 45 % (Trafikverket 2016:2) vilket sammantaget ger en ökning mellan 2006 och 2030 av godstransporter på 75 %. Detta innebär ca 9 100 transporter 2030, se även *tabell 3*.

Uppgifterna från undersökningen finns även publicerade i en rapport. I rapporten anges transporterade mängder som ett spann, för att ta höjd för osäkerheterna i underlaget. Enligt rapporten gick det mellan 150 och 16 000 transporter med farligt gods per år 2006 vilket omräknat till 2030 blir upp till 28 000 transporter årligen, se även *tabell 3*.

Mätning av farligt godstransporter i Gnistängstunneln

MSB:s uppgifter är baserat på – enligt deras egna uppgifter – bristfällig statistik och jämförelse görs därför med en nyligen genomförd mätning i Gnistängstunneln (Lst 2015). Mätning genomfördes under 4 dagar under oktober 2015 där fordonens farligt godsskyltar registrerades. Det totala antalet transporter under dessa 4 dagar var 477 om alla transporter inräknas. Detta innebär ca 44 000 transporter med farligt gods år 2015 vilket innebär ca 66 000 transporter år 2030, se även *tabell 3*.

Nationella medelvärden för transporter av farligt gods

Nationella medelvärden anger att 4,6 % av de tunga transporterarna består av farligt gods (Trafikanalys 2012). Antalet godstransporter över Älvsborgsbron uppgick år 2014 till 5 430 per årsmedeldygn (Trafikverket 2016:2). Antalet transporter av farligt gods per år beräknas då till ca 66 000. Omräknat till 2030 betyder detta ca 95 000 transporter, se även *tabell 3*.

Tabell 3. Sammanställning av uppgifter transporter Älvsborgsbron

Källa	Antal transporter omräknat till 2030
MSB, GIS-databas	9 100
MSB rapport	260 - 28 000

Mätning Gnistängstunneln	66 000
Nationella medelvärden	95 000

Slutsats antal transporter med farligt gods

Olika källor ger väldigt olika resultat avseende transporter med farligt gods år 2030. Antalet transporter varierar mellan 9 100 och 95 000 för år 2030.

Uppgifterna från den nyligen genomföra mätning i Gnistängstunneln bedöms ge de mest aktuella och platsbestämda uppgifter och används i fortsättningen. Antalet transporter ligger dessutom mellan de uppgifterna från MSB och de nationella medelvärdena.

Indelningen i olika farligt gods klasser görs utifrån mätningen i Gnistängstunneln, kompletterat med uppgifter utifrån de nationella siffror för de klasser där det inte uppmättes några transporter men där eventuella framtida transporter kan vara av betydelse för risknivåerna inom planområdet, se *tabell 4*.

Tabell 4. Uppskattat antal transporter med farligt gods Älvsborgsbron - Gnistängstunneln.

Klass	Andel	Antal transporter 2030
1 Explosiva ämnen	0,24 %	160*
2.1 Brandfarliga gaser	3,5 %	2300
2.2 Övriga gaser	0,5 %	360
2.3 Giftiga gaser	0,15 %	100*
3 Mycket brandfarliga vätskor	53,0 %	35000
3 Övriga brandfarliga vätskor	26,5 %	17000
4 Brandfarliga fasta ämnen	0,5 %	360
5 Oxiderande ämnen	3,5 %	2300
6 Giftiga ämnen m m	0,3 %	180
7 Radioaktiva ämnen	0,0 %	0
8 Frätande ämnen	3,8 %	2500
9 Övriga farliga ämnen	8,1 %	5300
Totalt	100,0 %	66000

*Uppgifter baseras på nationell statistik

Av de nio klasserna ovan är det ämnen i klasserna 1, 2, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området. Klasserna 1, 2, 3 och 5 omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna. Detta görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA 2004). Under mätperioden passerade inga fordon med farligt gods, uppgifterna baseras på nationell statistik.

För klass 2.1 finns uppmätta värden under mätperioden. Inga fordon med farligt gods i klass 2.3 passerade under mätperioden, uppgifterna baseras på nationell statistik.

Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) sätts till 75 % (ØSA 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas som högst stå för en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se *tabell 5*.

Tabell 5. Farligt gods Älvsborgsbron år 2030 som medför betydande risker för området

Klass och ämnesgrupp	
1.1 Massexplosiva ämnen	16
2.1 Brandfarliga gaser	2300
2.3 Giftiga gaser	100
3. Mycket brandfarliga vätskor	35000
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	770

Transporter på Oscarsleden

På Oscarsleden går transporter till Stena Lines Tysklands- och Danmarksterminal samt till tankstationen på Jaegerdorffsplatsen. En inventering av transporter till

Stena Lines terminaler har genomförts (Stena Line 2016). Uppgifterna är sekretessbelagda av konkurrensskäl på önskemål av Stena Line AB men finns för insyn för myndigheterna hos Norconsult. Till tankstationen vid Jaegerdorffsplatsen bedöms det maximalt gå 3 tankstransporter per vecka, ca 150 per år.

Transporter till Stena Line består huvudsakligen av styckegods som inte ger några risker på större avstånd (RIVM 2015). Transporter till och från Stena Lines terminaler kan ta antingen den södra rutten på Oscarsleden eller den norra över Älvsborgsbron och avfartsrampen till Oscarsleden. Transporterna på den södra rutten använder Oscarsleden som går på ett avstånd av ca 50 m från planområdet. Eftersom Oscarsleden ligger lägre än planområdet i den sydvästra delen och går bakom rampen i den övriga delen så bedöms dessa transporter inte leda till olyckor med omkomna i planområdet. Transporterna på den norra rutten använder Älvsborgsbron och avfartsrampen för att nå Oscarsleden. Rampen går på en sträcka av ca 200 m längs planområdet och har ett kortaste avstånd på ca 20 m från detta planområde där rampen befinner sig upp till 5 m över nivån för gatan mellan rampen och planområdet. Olyckor med dessa transporter bedöms kunna leda till mera betydande olyckor än de som går på den nedsänkta Oscarsleden.

Sannolikhet för olyckor på vägnätet vid Fixfabriksområdet

Sannolikheten för olyckor fås från Trafikverkets statistik (Trafikverket 2015). Risken för olyckor på en fyrfältsväg med en högsta tillåten hastighet av 70 km/h anges till 0,175 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,75 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 30 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 70 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om vi bortser från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,75 \times 10^{-7} \times (1+0,7) = 3,0 \times 10^{-7}$.

4. Riskbedömning i den fysiska planeringen

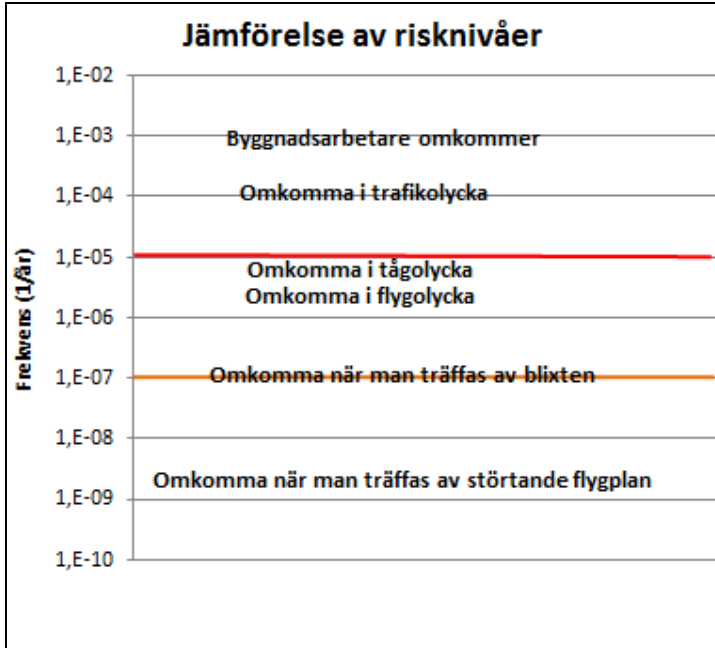
4.1 Vad är risker

Risker beror på att händelser som har oönskade konsekvenser kan inträffa. Viktiga frågor är: ”Hur ofta kan dessa händelser inträffa?” och ”Vad är följderna om den händelsen inträffar?”. Man talar om sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antalet gånger man förväntar att en händelse kommer att inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång per 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång per 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år).

En olyckshändelse kan få många olika konsekvenser: materiella skador, miljöskador, skadade personer och omkomna personer. Det är svårt att beräkna skador på miljön, byggnader och personer då man även måste medta hur svår skadan är. Det är enklare (rent utredningsmässigt) att räkna på antalet personer som förväntas omkomma. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när man sätter kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods talar man mest om antalet omkomna.

Risker finns överallt omkring oss. Några risker och deras sannolikheter anges i *figur 4*.



Figur 4 Exempel på olika risknivåer som finns i samhället. 1,E-02 betyder 1×10^{-2} eller en gång på 100 år. De röda och orangea sträckorna är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i *avsnitt 4.2*

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljer man på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Man utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

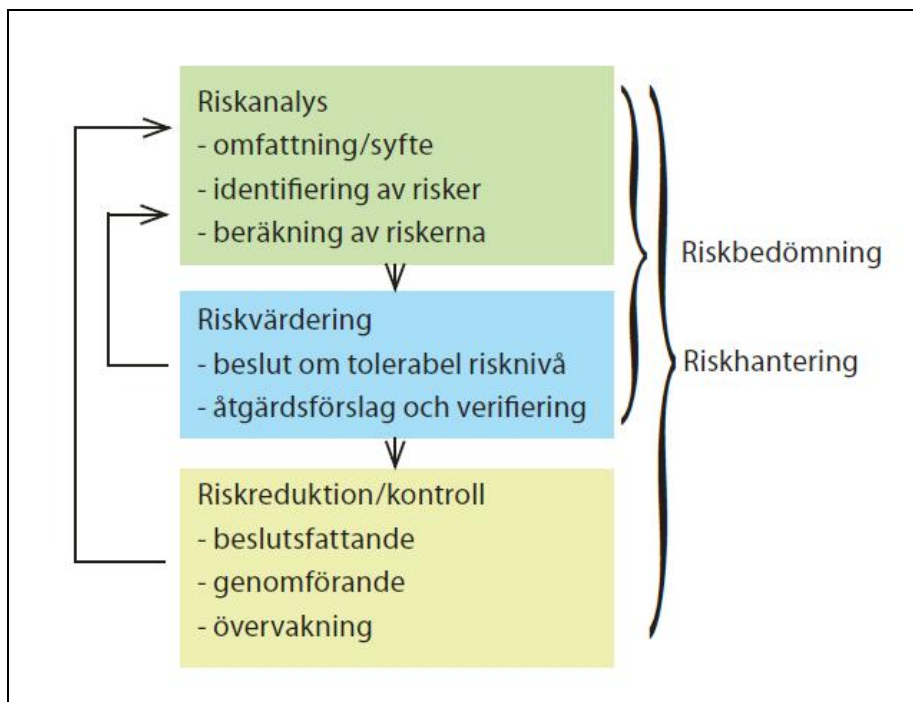
Samhällsrisk återges i ett FN-diagram där F står för frekvens och N för antalet omkomna. Det som anges är med vilken frekvens (F) olyckor med ett visst antal

omkomna (N) förväntas förekomma inom området. Detta ger en s.k. FN-kurva för området.

4.2 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet skall beaktas så tidigt som möjligt i detaljplaneprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programarbete för detaljplanen för att sedan bli mer detaljerat i planarbetet. Riskfrågan bör då vara så pass utredd att den kan utgöra ett beslutsunderlag för att avgöra om risken anses tolerabel eller inte. Slutsatserna från riskbedömningen bör föras in i planhandlingarna. Om riskreducerande åtgärder krävs för att nå en acceptabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se *figur 5* (Lst 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 5. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006)

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering – genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna skall värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

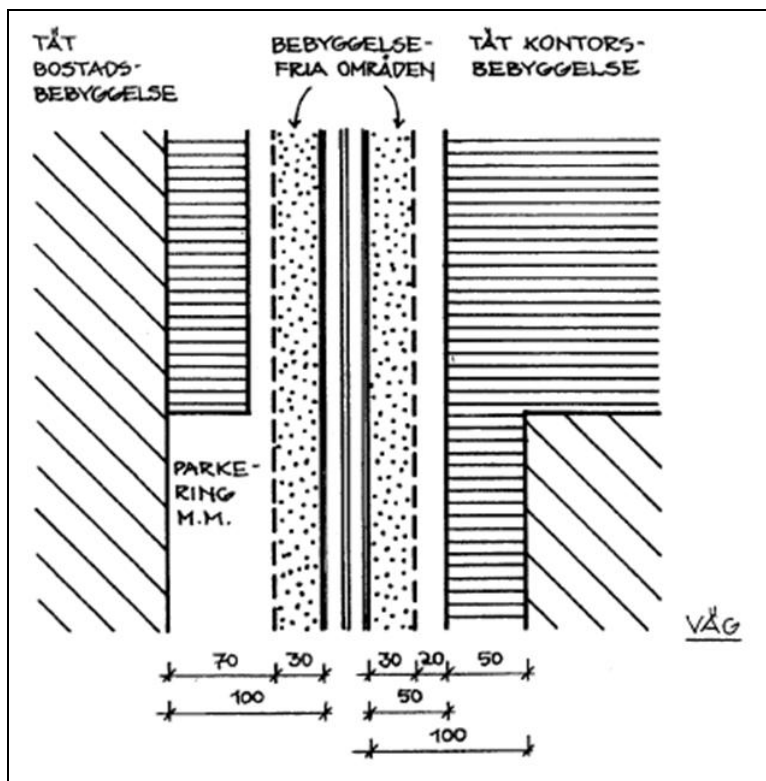
Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området. Kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om inte risknivåerna överskrider gränsen för det tolerabla.

4.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

4.3.1 Göteborgs stads

Göteborgs stad har antagit kriterier för markanvändningen i närheten av transportleder för farligt gods i ”Översiktsplanen för Göteborg fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods” (härefter kallat FÖP) som antogs av kommunfullmäktige 1999. Dessa kriterier används ofta även i kommunerna runt Göteborg.

I översiktsplanen anges hur markanvändningen i närheten av en väg med transporter av farligt gods skall utformas, se *figur 6*.



Figur 6. Markanvändning längs väg där farligt gods transporteras.

Enligt riktlinjerna bör det mellan 30 och 50 m från vägen medges verksamheter som inte innebär att många människor vistas där någon längre tid. Närmare än 30 m från vägen bör få människor normalt vistas och marken skall vara utformat för att förhindra att bensin eller liknande sprider sig ut från en eventuell olycksplats.

Vid avvikelser från den föreslagna indelningen krävs att en särskild riskanalys tas fram som visar vad som krävs för att uppnå en säkerhetsmässigt tillfredställande lösning.

4.3.2 Länsstyrelsen

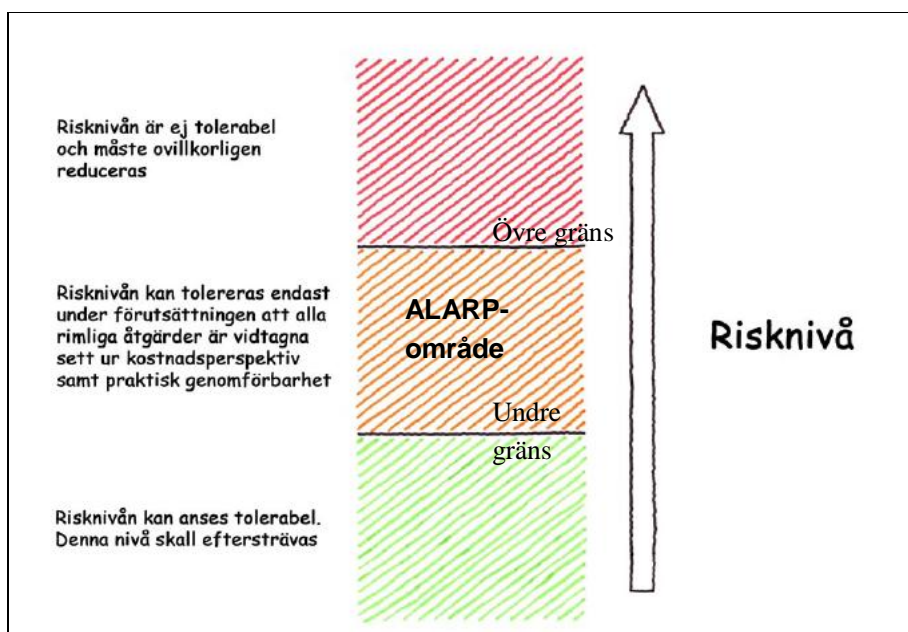
Länsstyrelsen i Västra Götaland har antagit en riskpolicy (Lst 2006) där det framgår att kravet är att åtminstone tolerabla risknivåer skall uppnås vid fysisk planering i närhet av transportleder för farligt gods. Länsstyrelsen har inte uttalat

om vilka nivåer som gäller för att riskerna skall betraktas som tolerabla men anger att värderingskriterier skall motiveras. I *avsnitt 4.3.3* behandlas kriterier för individ- och samhällsrisk och i *avsnitt 4.3.4* motiveras vilka kriterier som används för projektet.

4.3.3 Kvantitativa riskkriterier

För den övervägande del av riskanalyser som genomförs nu för tiden tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten ”Värdering av risk” som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). De i rapporten föreslagna kriterier har inte någon officiell status då frågan om acceptabla risknivåer inte har varit föremål för någon explicit politisk eller myndighets prövning. Kriterierna har dock under flera år används vid den praktiska prövningen av enskilda projekt inom kommuner och länsstyrelser i hela Sverige.

I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 7*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 7. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

Individrisk

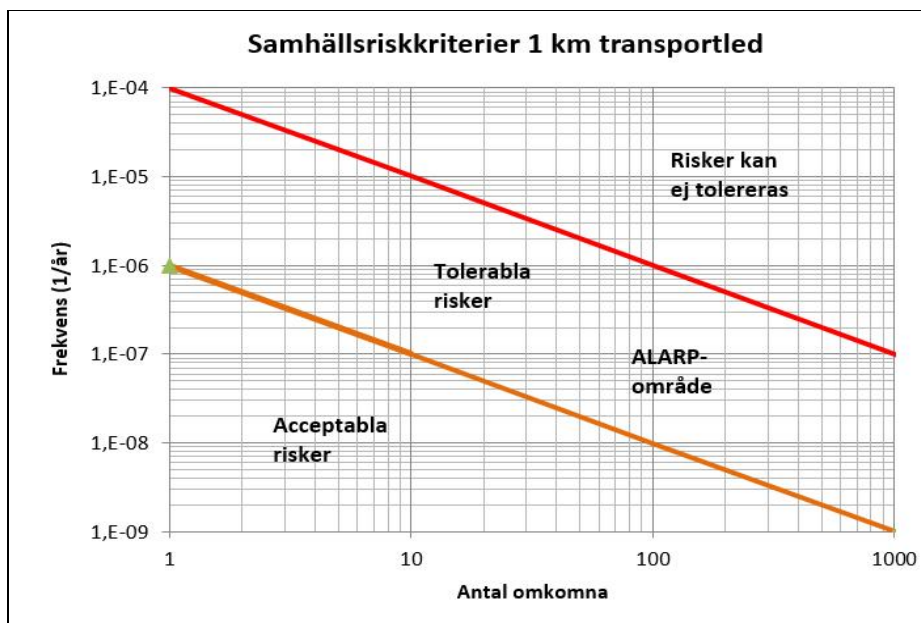
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år (en gång på 100 000 år) och den undre på 1×10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så skall åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder skall verifieras (Lst 2006).

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen, det s.k. ALARP-området, så skall alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Beräkningar av effekten av risknivåer krävs normalt inte.

Samhällsrisk

Kvantitativa kriterier för samhällsriskerna finns också i rapporten "Värdering av risk". Kriterierna visas i figur 8. I fortsättningen betecknas dessa kriterier med DNV.

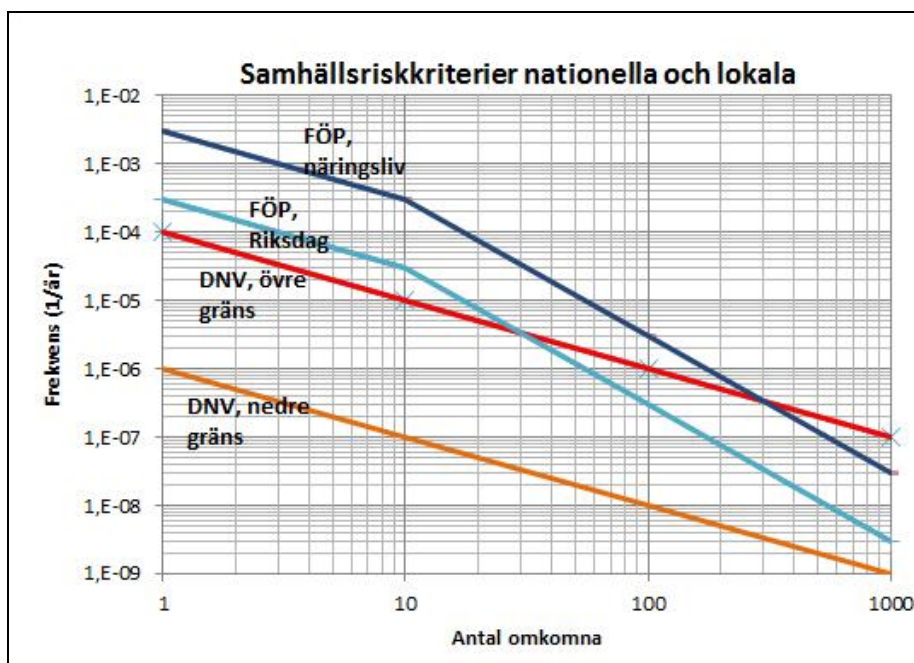


Figur 8. Riskkriterier för 1 km transportled för farligt gods med dubbelsidig bebyggelse (SRV 1997).

Kriterier i *figur 8* innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras. När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så skall rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Även i FÖP:en diskuteras kriterier för samhällsrisk. Dessa baseras på riksdagens mål för minskning av antalet årliga dödsoffer i vägtrafiken fram till år 2000. Riskerna under denna nivå bedöms vara acceptabla. Näringslivet har under arbetet med FÖP:en uttryckt att nivån för acceptabla risker borde ligga något högre.

Kriterierna utgår från samhällsriskenivåer för ett typområde på båda sidor om en sträcka av 2 km längs transportleden för farligt gods, se *figur 9*, de blåa linjer. Det finns kriterier för såväl bostäder som verksamheter, här redovisas endast kriterierna för verksamheter.



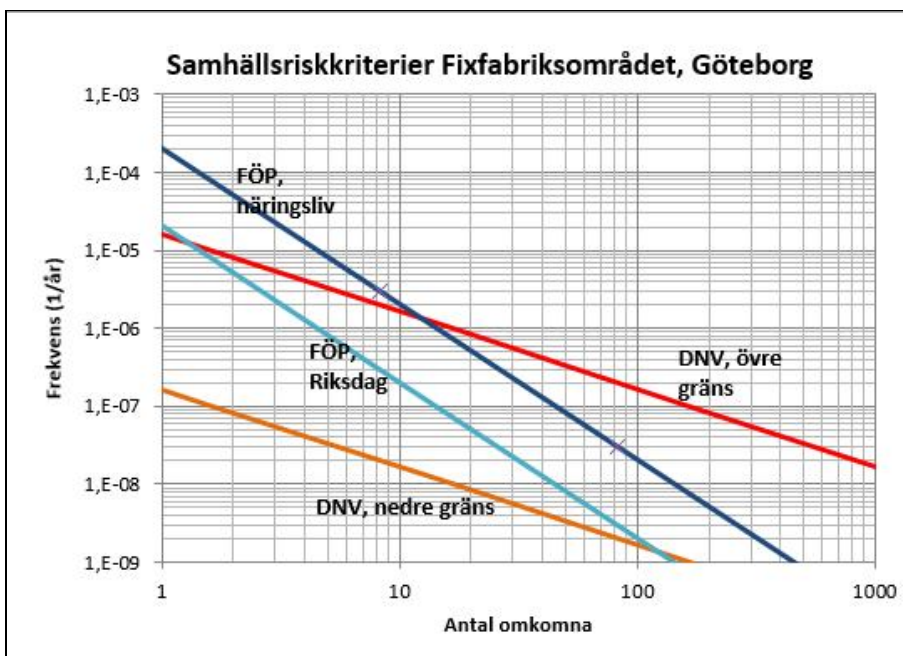
Figur 9. Kriterier för risker längs transportleder för farligt gods. FÖP betecknar Göteborgs stads kriterier i FÖP:en, DNV anger de för Räddningsverket framtagna kriterier

Göteborgs kriterier är satt på annorlunda sätt än DNV:s. Det anges endast ett kriterium för acceptabla risker (även om det finns olika synpunkter var gränsen för detta går). Detta skiljer de från DNV:s kriterier som skiljer på: acceptabla, tolerabla och ej tolerabla risknivåer, se även figur 9.

Det framgår inte heller tydligt av FÖP:en vad som skall göras om risknivåerna överskrids. Det som anges är att det vid avvikelser från den föreslagna fysiska ramen, se figur 9, skall göras en riskanalys som visar på hur riskfrågorna kan lösas på ett tillfredställande sätt men detta förtydligas inte ytterligare.

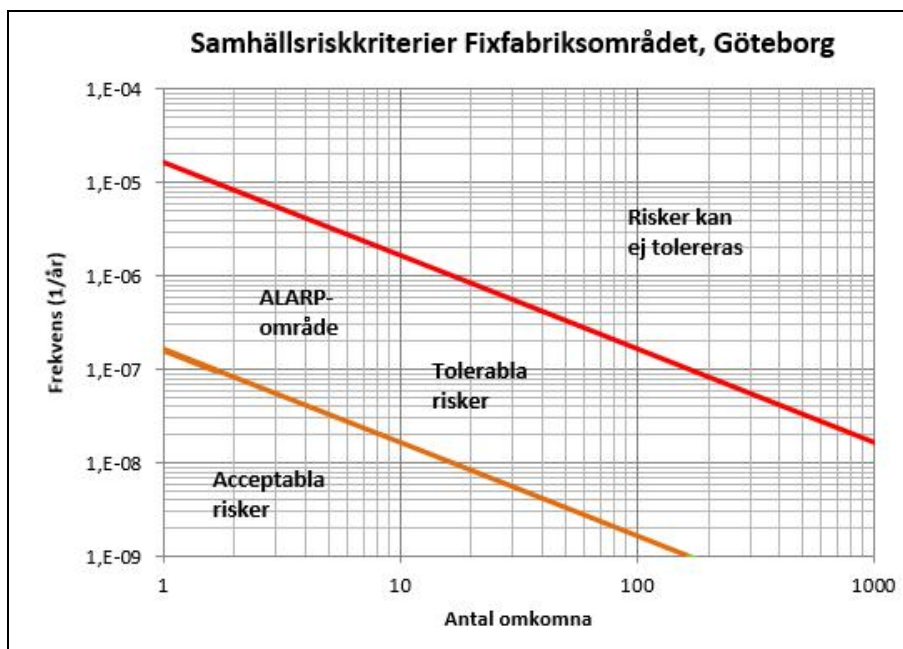
Nivåerna i kriterierna är satta på olika sätt. Göteborgs kriterier accepterar högre olycksfrekvens för olyckor med 1-10 omkomna men är strängare när det kommer till större och mer osannolika olyckor. Detta görs genom att Göteborgskriterierna lutar brantare neråt för olyckor med över 10 omkomna.

Kriterierna ovan gäller för område längs 1 respektive 2 km transportled. Kriterier för det aktuella planområdet beräknas utifrån transportledens längd längs området vilket är 330 m totalt och det faktum att planområdet endast gränsar mot en sida av vägsystemet, se figur 10.



Figur 10 Riskkriterier för 330 m transportled längs Fixfabriksområdet i Göteborg

Göteborgs stad avser att inom detta projekt använda de nationella kriterierna för individrisk och samhällsrisk, se *figur 11*. Projektmålet är att åtminstone uppnå tolerabla risknivåer.



Figur 11. Riskkriterier för 330 m transportled längs Fixfabriksområdet i Göteborg

4.4 ALARP-området

Området med tolerabla risker kallas även ALARP-området. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable, på svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt med rimliga åtgärder när risknivån hamnar i detta område, se formuleringen vid *figur 7* och rapporten "Värdering av risk" (SRV 1997).

Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort på grund av den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

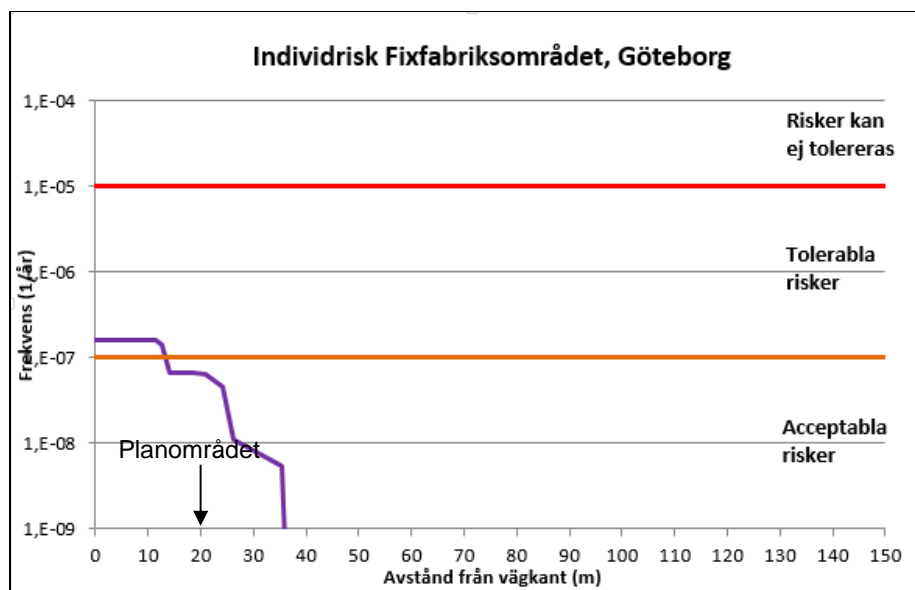
För att en risknivå skall kunna kallas tolerabel krävs att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktiskt genomförbarhet, är vidtagna.

5. Resultat av riskberäkningarna

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk och samhällsrisk utan skyddsåtgärder. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *kapitel 3*. Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *bilagan*.

5.1 Individrisk

I *figur 12* redovisas individrisken i området. Avståndet från väggkant är avståndet från rampen ner mot Oscarsleden.

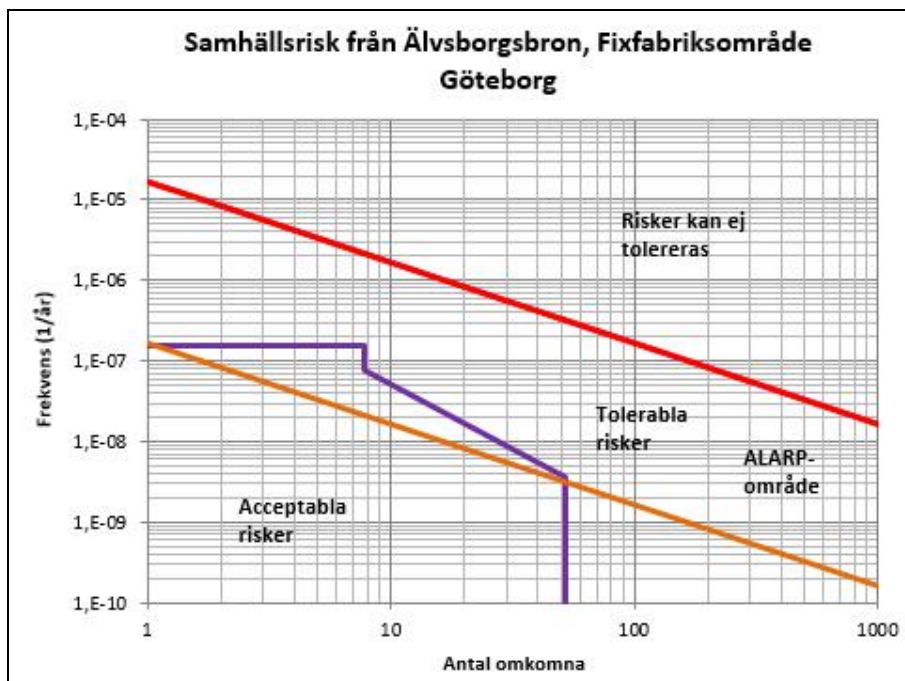


Figur 12. Individrisken är acceptabel på ca 13 m från rampen ner mot Oscarsleden

Individrisknivån inom planområdet är acceptabel.

5.2 Samhällsrisk

I *figur 13* redovisas samhällsrisken inom området som beror på transporter av farligt gods på Älvsborgsbron.

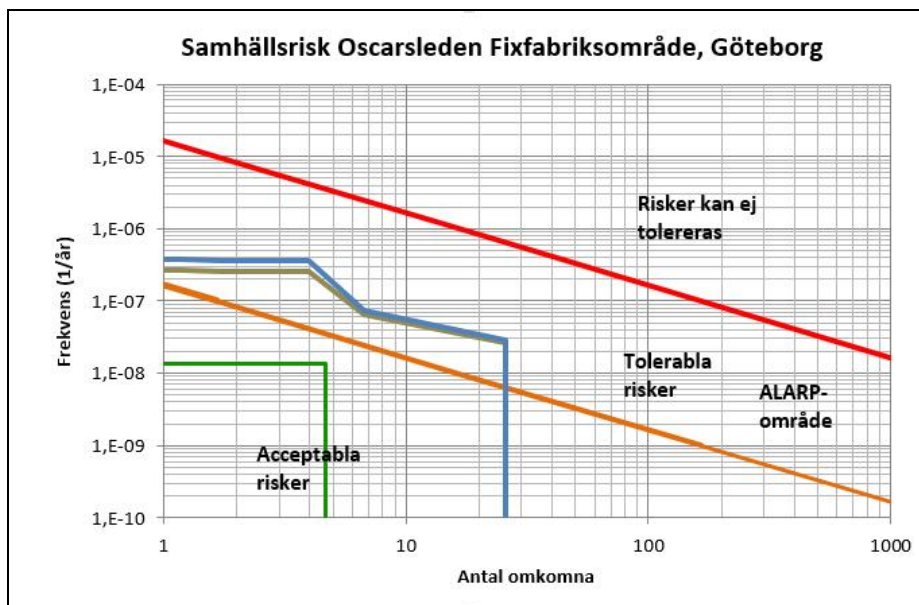


Figur 13. Samhällsrisik Fixfabriksområde från transporter på Älvsborgsbron.

Riskenivån från dessa transporter överskrider gränsen för acceptabla risker. Riskerna berör endas den norra delen av området som ligger närmast trafiken på bron.

Figur 14 visar samhällsrisken från transporter på Oscarsleden och ramperna. Risknivån här beror huvudsakligen på transporter till och från Stenalines terminaler. Transporterade mängder är låg per transport då godset till största delen transporteras som styckegods. Detta innebär att områden där det uppstår stora skador vid en olycka också är mindre än vid bulktransporter. Dessutom är Oscarsleden nedsänkt i förhållande till planområdet. Detta innebär att riskerna från transportererna på den södra avfartsrampen dominerar.

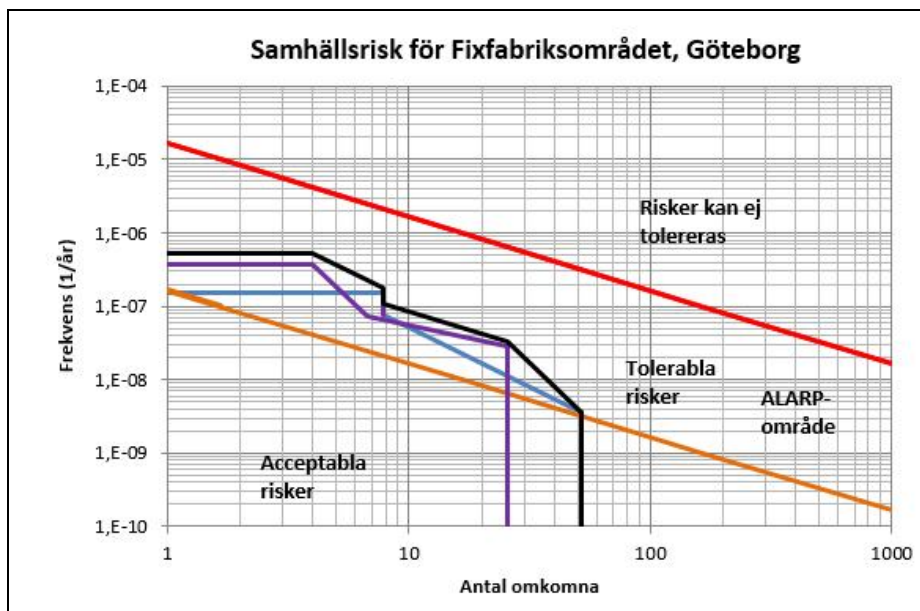
Den blåa linjen i figur 14 visar risknivån när båda terminaler är kvar medan den lila linjen visar risknivån om endast Danmarksterminalen är kvar. Om transporter av farligt gods till båda terminaler försvinner innan planområdet bebyggs representeras den kvarvarande risknivån av den gröna linjen som beror på transporter av bränsle till tankstationen.



Figur 14. Samhällsrisk Fixfabriksområde från transporter på Oscarsleden. Blått = Tysklands- och Danmarksterminalen kvar, brun = endast Danmarksterminalen kvar, grön =varken Tysklands- eller Danmarksterminalen kvar.

Figur 14 visar att risknivån från transporterna på Oscarsleden mm överskrider nivån för acceptabla risker så länge transporter av farligt gods till någon av Stenalines terminaler fortsätter.

Den sammanlagda risknivån visas av den svarta linjen i figur 15. Den lila linjen visar risknivån från Oscarsleden mm (med båda terminaler) medan den blå linjen visar riskerna från Älvsborgsbron.



Figur 15. Samhällsrisik Fixfabriksområde. Svart = summa, blått = Älvsborgsbron, lila = Oscarsleden och rampen (till Stena Line)

Av figur 15 framgår att samhällsrisiken ligger inom området för tolerabla risker. Om transporter till och från Stenalineterminalerna fortsätter när området är färdigutbyggt så beskrivs risknivåerna med den svarta linjen som summerar riskerna från transporterna som tar rutten Älvsborgsbron – Gnistängstunneln och transporterna som på Oscarsleden och avkörningsramperna. Om transporter till Stenalineterminalerna inte förekommer längre så gäller den blåa linjen. Om vissa transporter till Stenalineterminalen (exempelvis Danmarksterminalen) fortfarande förekommer så ligger risknivåerna mellan den blåa och den svarta linjen. Att samhällsrisiknivån ligger inom det tolerabla området innebär att dessa risker kan tolereras endast om rimliga skyddsåtgärder har genomförts, *avsnitt 4.3*.

Riskerna från transporterna på rutten Älvsborgsbron – Gnistängstunneln bedöms endast beröra den norra delen av planområdet: BEFAS-tomten medan riskerna från transporterna till och från terminalerna berör framförallt delen söder om BEFAS-tomten.

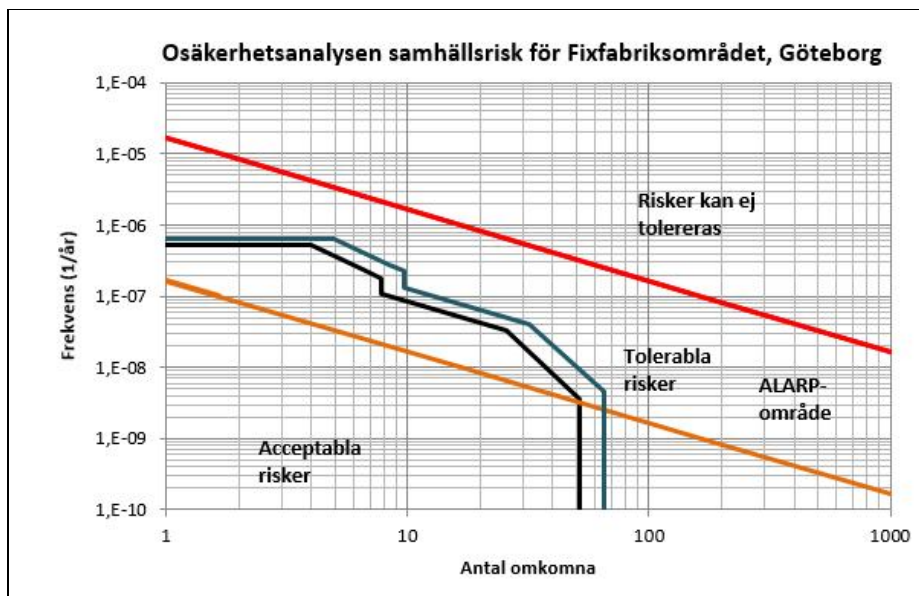
Om transporter av farligt gods till och från Stenalineterminalerna har slutat helt när området står färdigt så krävs endast skyddsåtgärder på fastigheter på BEFAS-tomten. Om dessa transporter fortsätter till en eller båda terminaler så krävs åtgärder på hela planområdet, se även *kapitel 7*.

6. Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området år 2030 av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är ganska osäkra. För att hantera detta har mängderna farligt gods valts på ett konservativt sätt, d.v.s. vi har utgått från väl tilltagna mängder farligt gods som sannolikt är högre än vad som kommer att transporteras i verkligheten.

Ytterligare en källa till osäkerhet är att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. Även här har konservativa val gjorts.

För att kunna bedöma hur osäkerheten i ingångsvärden påverkar våra slutsatser och för att samtidigt säkerställa att vi inte underskattar själva risknivån har en beräkning av samhällsrisk genomförts för området där såväl sannolikheten för olyckor som antalet personer inom området har ökat med 25 %, se figur 16.



Figur 16. Osäkerhetsanalysen visar samhällsrisk om såväl antalet transporter som antalet personer inom området ökas med 25 % (blågrön linje) jämfört med vad som antagits tidigare (svart linje).

Figur 16 visar att samhällsrisken fortfarande ligger inom ALARP-området, även vid den osäkerhetsanalys där antalet transporter och antalet personer ökats med 25 %.

Individrisken påverkas inte av osäkerheten i antalet personer som kommer att vistas inom området. Dessutom är marginalen mot gränsen mellan acceptabla och tolerabla risknivåer större för individrisken än för samhällsrisken. Det krävs därför ingen ytterligare osäkerhetsanalys för individrisken.

7. Gastankstationen mm.

7.1 Risker gastankstationen

En tankstation för fordonsgas finns i närheten av området, se *figur 17*.



Figur 17. Gastankstationen

Vid tankstationer för fordonsgas finns generellt två riskkällor: gaslagret och dispenser ("pumpen"). För avstånd mellan gaslager och byggnader/verksamheter utanför stationsområdet gäller skyddsavstånd enligt *figur 18* (MSB 2015).

Del av stationen	Byggnad i allmänhet, antändbart material eller brandfarlig verksamhet	Material med stor brandbelastning ^(c)	Utgång från svårutrymd lokal ^(d)
Gaslager (liter)	<i>Meter</i>	<i>Meter</i>	<i>meter</i>
60 < V ≤ 1000	3 ^(b)	25 ^(b)	100
1000 < V ≤ 4000	6 ^(a)	25 ^(a)	100
V > 4000	25 ^(a)	50 ^(a)	100
Dispenser^(e)	6 ^(a)	25 ^(a)	100

Tabell 1: Avstånd mellan gaslager och byggnad/verksamhet utanför anläggningen

a) Får halveras med brandteknisk avskiljning EI 60.
b) Inget avstånd krävs med brandteknisk avskiljning EI 60.
c) Material med stor brandbelastning: T.ex. brädgård, däckupplag, cistern för brandfarlig vätska eller gas ovan mark.
d) Svårutrymd lokal: T.ex. skola, sjukhus, daghem, lokal avsedd att inrymma en publik (t.ex. teater, biograf).

Figur 18. Skyddsavstånd kring tankstation för fordonsgas (MSB 2015).

Gastankstationen får sin gas genom en markförlagd gasledning vilket innebär att mängden gas som lagras på stationen är mindre än 4 000 liter. Detta innebär att avståndet till byggnader i allmänhet skall vara minst 6 m. Till områden där det finns mycket brännbart material (stor brandbelastning) gäller ett avstånd på 25 m.

Avståndet 100 m till svårutrymda lokaler gäller för lokaler av typ skola, sjukhus, daghem där det vistas personer som pga. sjukdom eller ålder har svårt att utrymma. Avståndet gäller även lokal avsedd att inrymma en publik som exempelvis hörsal, biograf, sporthall, kyrka eller teater som kan vara svåra att utrymma på grund av det stora antalet människor som kan förväntas vistas där.

För avståndet från dispenser gäller samma krav.

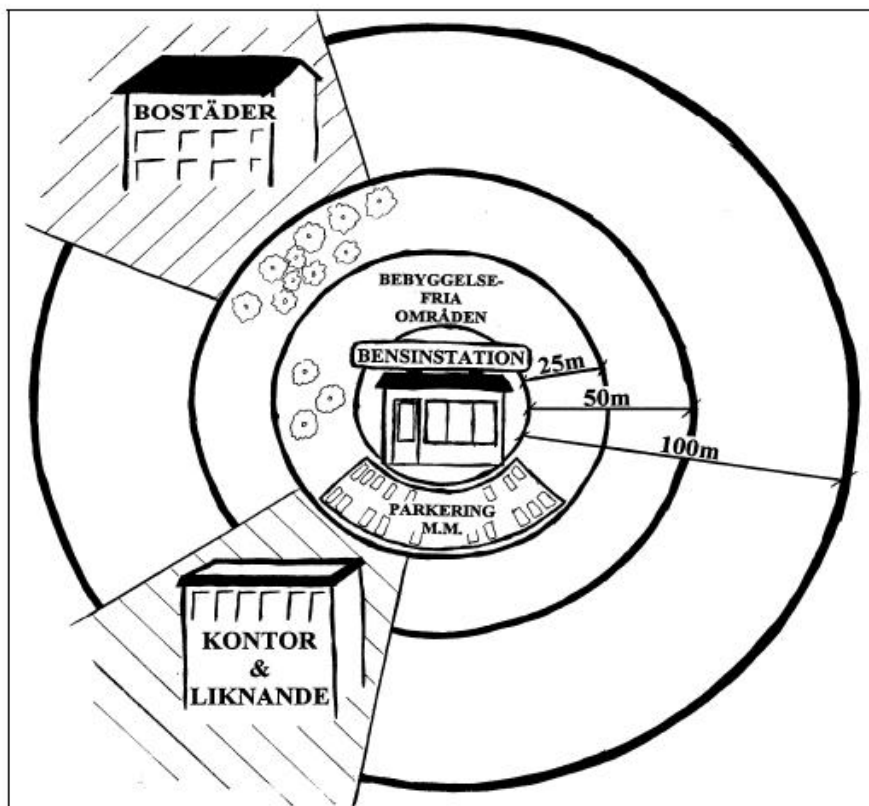
Skyddsavstånden 25 m och 100 m är utmärkta i *figur 20*.

7.2 Störningar gastankstationen

Enligt Boverkets handbok ”Bättre plats för arbete” (Boverket 1995) skall ett skyddsavstånd på 100 m till bostäder beaktas från bensinstationer.

Länsstyrelsen i Stockholms län har behandlat riskfrågan kring bensinstationer i rapporten: ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer” (Lst AB-län, 2000). Där fastslås att risksituationen och olägenheterna för människor och miljö alltid skall analyseras

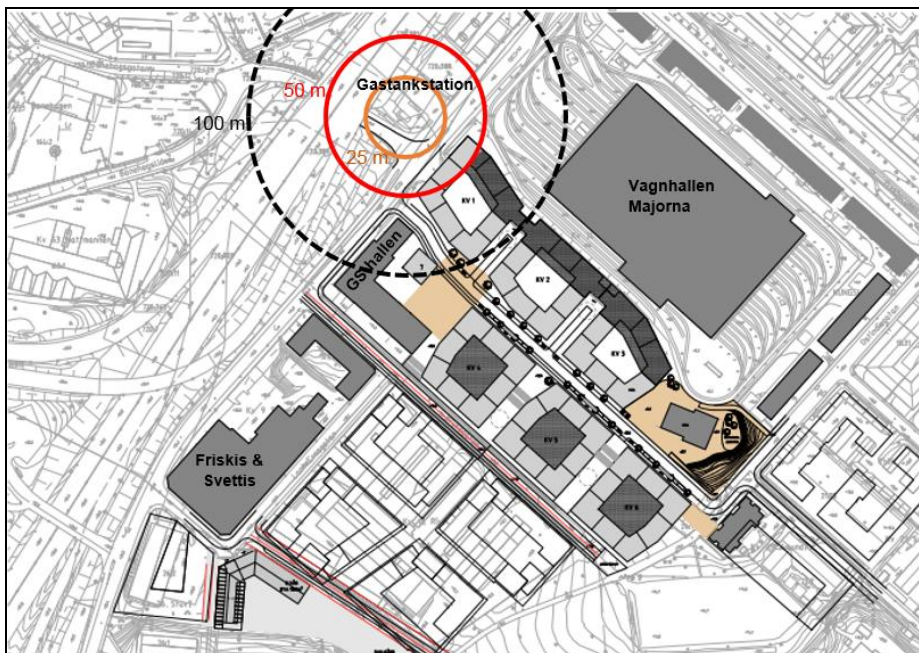
och bedömas inom 100 meter från en bensinstation med medelstor försäljningsvolym. Ett minimumavstånd på 50 m bör hållas från bensinstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (t.ex. uteservering, lekplats m.m.). Till kontor och liknande verksamheter skall ett minsta avstånd på 25 m upprätthållas, se *figur 19*.



Figur 19. Rekommenderade skyddsavstånd till bensinstation (Lst AB-län 2000)

Allmänna störningar vid tankstationer för fordonsgas är av samma karaktär som för stationer för flytande bränslen. Det som skiljer dessa två stationstyper åt är risken för bränder och explosioner kopplade till de olika bränslena är olika och att riskerna för lukt från gastankstationen är klart mindre än för en bensinstation. Dessutom bedöms trafiken till en tankstation som enbart säljer fordonsgas vara klart mindre än den till en bensinstation som säljer flera olika sorter bränsle och där det generellt dessutom bedrivs annan försäljning och uthyrning.

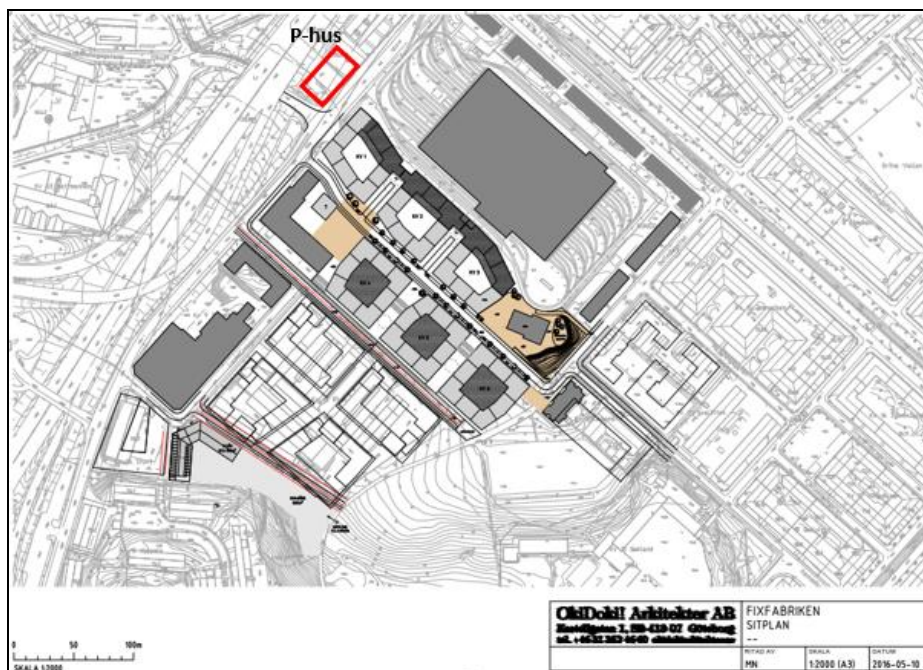
I *figur 20* har de olika relevanta avstånden angetts.



Figur 20. Gastankstationen. Avståndet 25 m har angetts med orange och avståndet 25 m med röd cirkel. Avståndet 100 m anges med streckat svart cirkel.

7.3 Parkeringshus

Inom projektet diskuteras möjligheten att lägga ett parkeringshus där gastankstationen finns i nuläget, se *figur 21*. Parkeringshuset får i förslaget ett minsta avstånd på ca 10 m från Oscarsleden. Individrisken bedöms vara acceptabel på 15 m från vägen, se *figur 12*, vilket innebär att det finns en del av parkeringshuset där risknivån är tolerabel. Detta medför att rimliga åtgärder skall genomföras innan situationen kan tolereras, se *kapitel 8*.



7.4 Övriga verksamheter

I Vagnhallen Majorna kommer det inte att bedrivas någon verksamhet som innebär hantering av brandfarliga gaser eller vätskor efter 2020 (Göteborgs Spårvägar 2016). Detta innebär att inga risker finns från den verksamheten när husen står färdigt.

7.5 Slutsatser risker och störningar från verksamheter

Avstånden till befintlig och planerad bebyggelse inom planområdet uppfyller MSB:s krav på skyddsavstånd till kringliggande bebyggelse. Avstånden uppfyller även de rekommendationer som anges av Lst i AB-län avseende minimiavstånd till kontor eller liknande verksamhet men inte helt avståndet till bostäder. Störningar som kan förekomma handlar om den ökade biltrafiken som en tankstation kan medföra, detta innebär främst bullerstörningar. Bostäderna som ligger inom 50 m från tankstationen ligger i ett utsatt läge även avseende buller från väg och spårtrafiken och bullret från tankande fordon utgör endast en liten del av detta. Därför bör bullerfrågorna för dessa bostäder behandlas samlade i en bullerutredning. Samma sak gäller om tankstationen ersätts med ett parkeringshus. Utöver de krav som

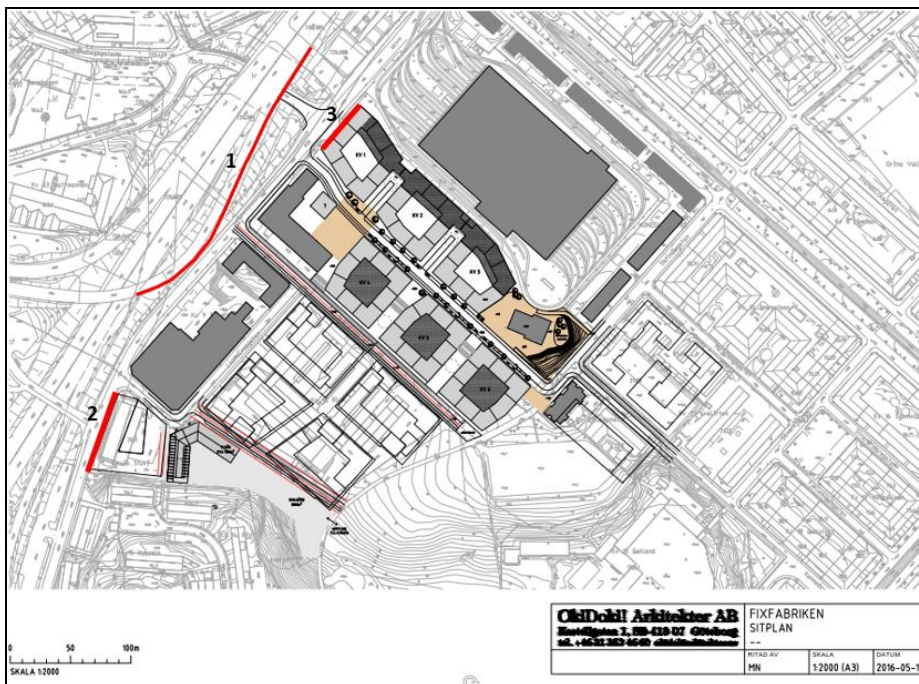
ställs i den utredningen krävs inga ytterligare krav för att hantera risker och störningar från verksamheterna kring planområdet.

8. Åtgärder

Eftersom samhällsrisknivåerna från transporter med farligt gods ligger i ALARP-området skall det undersökas vilka skyddsåtgärder som kan genomföras för att minska riskerna. Skyddsåtgärderna skall vara ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara, se *avsnitt 4.4*. Riskerna är främst kopplade till olyckor med transporter av brandfarliga komprimerade gaser. Aktuella scenarier är jetflamma, BLEVE, gasbrand och gasexplosion.

Åtgärder för att minska riskerna kan inrikta sig mot sannolikheten för olyckor eller mot konsekvenserna av dessa. För att minska sannolikheten för olyckor där det sker utsläpp av farligt gods måste det finnas skyddsanordningar längs nerfartsrampen från Älvsborgsbron mot Oscarsleden som förhindrar avkörning från rampen och som fångar upp det avåkande fordonet så bra som möjligt. Dessutom skall farligt gods i vätskeform hindras från att rinna ner från rampen mot planområdet. Redan i dagsläget har vissa åtgärder genomförts längs en del av rampen, statusen på dessa bör undersökas och om nödvändigt bör skyddet uppgraderas för att nå kraven ovan. Uppgraderingen kan vara att det anläggs ett tungt vägräcke längs hela den i *figur 22* angivna sträckan och att detta vägräcke kompletteras med vätsketät barriär bakom.

Ovanstående bör kompletteras med åtgärder på den nya bebyggelsen som minskar konsekvenserna av olika brand- eller explosionsscenarier, främst orsakade av utsläpp och antändning av brandfarliga gaser och vätskor. Detta görs genom att se till att de nya fasaderna på bostadshuset kläs med svårantändligt material och är utförda i brandklass EI30. Detta gäller enbart för de fasader som är riktade mot vägarna där det transporteras farligt gods. Se *figur 21* för vilka fasader som är aktuella. Syftet är att personer som vistas inomhus inte behöver omkomma vid dessa olycksfall.



Figur 22. Skyddsåtgärder. "1" anger läget för åtgärder på avfartsrampen, "2" och "3" anger var åtgärder på bostadshusen skall genomföras.

För att minska antalet personer som vistas nära vägen vid eventuell olycka bör inga balkonger finnas mot vägen och antalet entréer mot vägen bör begränsas. Utrymning av byggnaderna måste vara möjligt bort från vägarna.

Utöver detta skall friskluftsintaget anordnas på skyddad plats i förhållande till vägarna för att förhindra att brandfarliga eller giftiga gaser tränger in i byggnaderna vid en olycka på vägen. För att öka byggnadernas motståndskraft vid explosioner bör husen närmast vägsystemet (2 och 3 i figur 22) utföras med en sammanhållen betongstomme.

Sammanfattningsvis föreslås följande skyddsåtgärder:

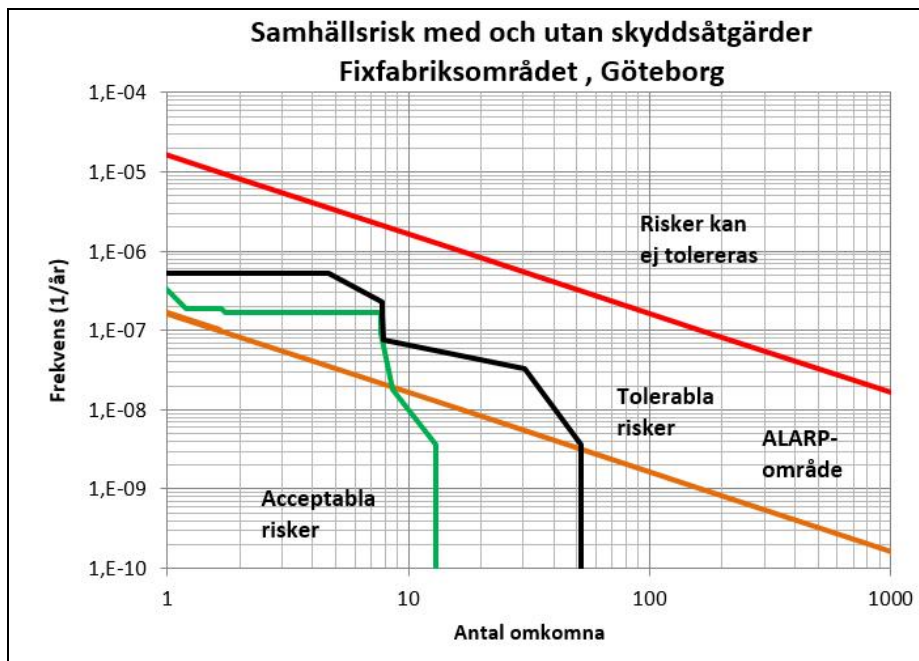
- Tungt vägräcke och vätskespärri längs närmaste avkörningsramp, se 1 figur 21.

För bebyggelsen inom ca 50 m från rampen och Oscarsleden, se 2 och 3 figur 21.

- Fasader (främst mot vägen) i obrännbart material och brandklass EI30/60.
- Inga balkonger eller uteplatser mot vägarna.
- Friskluftsintaget på skyddad plats i förhållande till vägarna.
- Inga entréer riktade mot vägarna.
- Utrymning skall vara möjligt bort från vägarna.

- Sammanhållen betongstomme eller annan lösning som ökar motståndskraft vid gasexplosion.

En ny riskberäkning har genomförts utifrån antaganden att vägräcket reducerar risken för utsläpp vid farligt gods olyckor med hälften (Vägverket 2008, VTI 2002) och att de andra skyddsåtgärderna minskar risken för personer inomhus inom planområdet med 75 %. Resultatet visas i *figur 23*.



Figur 23. Risknivå utan skyddsåtgärder anges med svart. Efter genomförda skyddsåtgärder gäller den gröna kurvan.

För ett eventuellt framtida parkeringshus enligt *figur 21* ställs kraven enligt ovan avseende tungt vägräcke och åtgärd som förhindrar brandfarliga vätskor från att rinna ner från vägen. Det tunga vägräcket minskar även riskerna för att avåkande fordon kolliderar med parkeringshuset. Dessutom skall fasaden mot Oscarsleden utföras i obrännbart material med brandklass minst EI30. Fasaden skall vara tät. Med utformning av parkeringshuset enligt dessa krav bedöms riskerna för personer i parkeringshuset vara tolerabla. Påverkan på den totala risknivån i området bedöms vara marginellt.

Utifrån ovanstående görs bedömningen att risknivåerna inom planområdet är tolerabla och att situationen är godtagbar utifrån riskperspektiv om de föreslagna skyddsåtgärderna genomförs.

Norconsult AB
Väg och Bana/Trafik

Herman Heijmans
herman.heijmans@norconsult.com

9. Referenser

Boverket 1995	Bättre plats för arbete, planering av arbetsområden med hänsyn till miljö, hälsa och säkerhet. Boverketa Allmänna råd 1995:5
Göteborgs Spårvägar 2016	Telefonkontakt med Kent Lindahl, planeringschef på Göteborgs Spårvägar, 2016-06-01
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Lst 2015	Detektering av farligt gods med hjälp av kamerateknik, slutrapport. Länsstyrelsen i Västra Götaland 2015-04-07
Lst AB-län 2000	Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, rapport 2000:1, 2000
MSB 2015	Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer, MSB mars 2015
RIVM 2015	Handleiding Risicoanalyse Transport, Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 april 2015 (övers. Handleiding Riskanalys Transport, Statliga myndighetsverk för Transport och Vatten, Departement för infrastruktur och miljö)
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997

SRV 2007	Kartläggning av farligt godstransporter September 2006, Räddningsverket 2007
Stena Line 2016	E-post Magnus Weghammar och Magnus Hallberg, Stena Line, maj 2016
Trafikanalys 2012	Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 2012:7.
Trafikverket 2015	Effektsamband för transportsystemet. Fyrstegsprincipen. Steg 3 och 4. Bygg om eller bygg nytt. Kapitel 6 Trafiksäkerhet. Trafikverket 2015-04-01
Trafikverket 2016:1	Trafikverkets kartor med vägtrafikflöden, http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation# , Trafikverket 2016
Trafikverket 2016:2	Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets Basprognoser 2016
VTI 2002	Trafiksäkerhetsutvecklingen i Sverige fram till år 2001; VTI rapport 486, 2002
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring – Effektkatalog, Vägverkets publikation 2008:11
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004.

Bilaga

Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	9
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	18
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	23
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1.....	26
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	28
3. Beräkningsresultat.....	30
4. Referenser	32

1. Inledning

1.1 Beräkningsmetod

1.1.1 Inledning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelseträäd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Alla beräkningar genomförs i excelblad. Dessa excelblad finns för insyn för myndigheterna och endast vissa utdrag publiceras här.

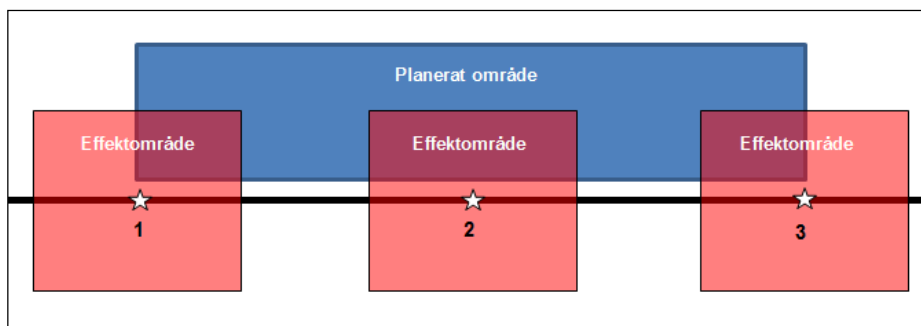
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) och Lila Boken (PGS3 2005). För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

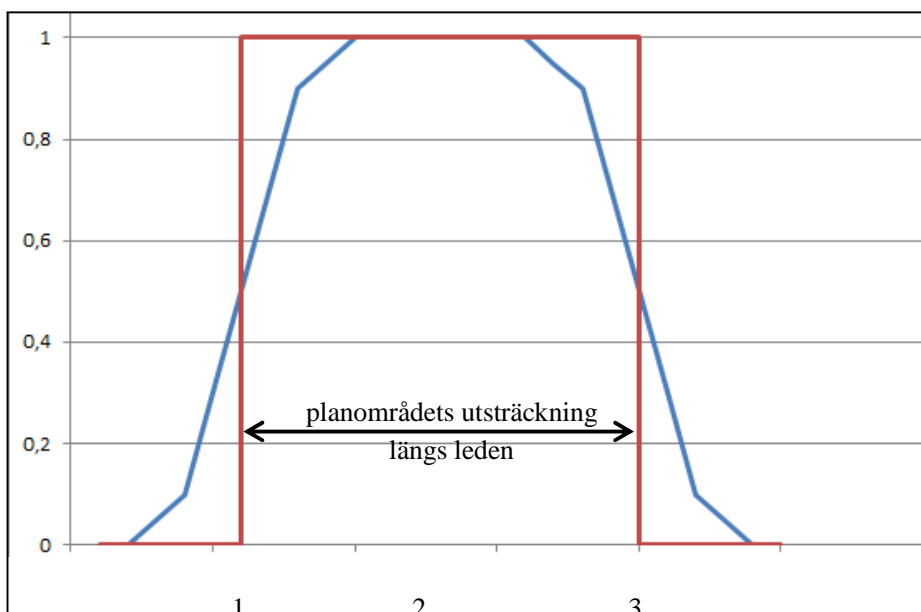
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

För samhällsrisken förklaras detta i *figur 1 till 3* nedan.



Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området.

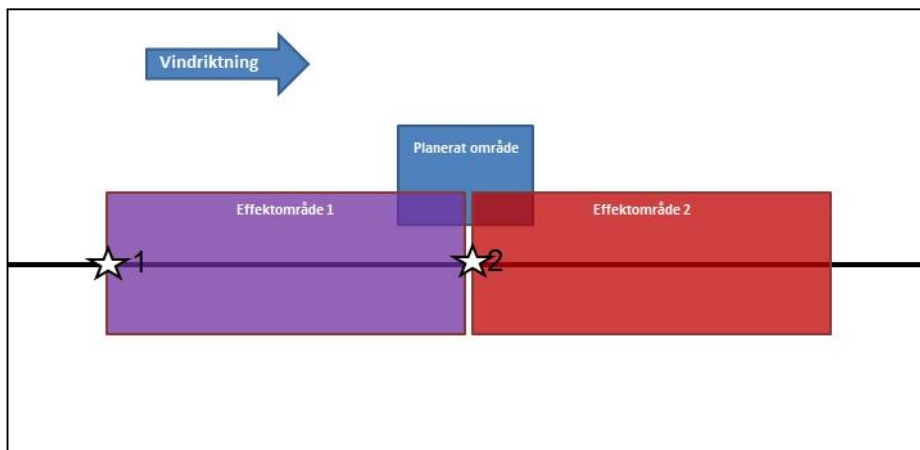
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 2) för alla olyckslägen mellan 1 och 3. Olyckor utanför denna sträcka tas däremot inte med i beräkningen. Approximationen förtydligas i *figur 2* nedan.



Figur 2. Förenkling av effekten av olyckor med farligt gods.

Om effektområdets längd utmed leden är större än planområdets längd utmed leden så är det effektområdets längd som är utgångspunkten. Detta visas i *figur 3* som

visar effektområdet för exempelvis ett gasmoln som blåses av vinden längs med vägen. Om olyckan sker mellan läge 1 och läge 2 så antas området drabbas av effekten. Avståndet är lika med effektområdets utsträckning längs leden.



Figur 3. Två olika lägen (lila resp röda effektområdet) för en olycka med farligt gods (gas i detta fall) med effektområde större än det planerade området.

Vid individriskberäkningar bestäms sannolikheten för olyckor alltid av effektområdenas utsträckning längs leden.

Sannolikheten att en olycka leder till ett utsläpp av betydelse (>100 kg) för klass 2.1, 2.3, 3 och 5.1 har tagits från RBMII.

Händelseträden för klass 1.1 och klass 5.1 förklaras i nästa kapitel vid aktuella scenarier

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har tagits från RBMII.

1.1.3 Konsekvenser

Konsekvenserna beräknas med hjälp av effektområden för scenarier för ämnen i klass 2.2, 2.3 och 3. För ämnen i klass 1.1 och 5.1 används en något annorlunda metod som förklaras vid dessa scenarier.

Effektområden har tagits från den nederländska metoden RBMII som är föreskriven metod i Nederländerna vid denna sorts beräkningar. Effektområden har förenklats till att vara rektangulära. Storleken på dessa effektområden är generellt något större än på de effektområden som används i RBMII vilket leder till mera konservativa beräkningar.

I vissa fall finns det skäl att använda två effektområden i ett scenario. Detta är fallet när effekten av olyckan endast avklingar långsamt som exempelvis för olyckor med giftiga gaser i klass 2.3. För många scenarier avklingar effekten ganska snabbt från att alla omkommer till att nästan inga omkommer. I dessa fall används endast ett effektområde vars storlek har utökats för att även täcka de delar där endast en del av de närvarande omkommer.

Vindens påverkan tas med för de effekter som beror på vindriktningen. Alla vindriktningar mot området samlas till en vindriktning lodrätt från leden mot området. Vindriktningar längs leden beaktas också då vissa scenarier ger plymer längs leden som påverkar närmast leden.

Antalet omkomna i ett scenario beräknas utifrån ytan på området där scenariot påverkar, antal personer som befinner sig ute och inne inom detta område samt andelen av dessa som omkommer.

1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4 a och b*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

Ingångsdata		Uppdragsnamn: BEFAS område FIX		2016-05-10
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,8E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	3,0E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Sannolikhet utströmning olika klasser				
	antal transporter	risk olycka/km,år	risk>100 kg	olycksrisk/km,år
Klass 1, massexplosiv	16	4,7E-06	1	4,7E-06
Klass 2.1	2300	6,8E-04	0,034	2,3E-05
Klass 2.3	100	3,0E-05	0,034	1,0E-06
Klass 3, bensin	35000	1,0E-02	0,077	8,0E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	770	2,3E-04	0,077	1,8E-05
Områdesinfo				
	Inne	Ute		
Befolkningstäthet	7,3E-02	5,5E-03		
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd leden	110	138	m	
Planområdets bredd	80	80	m	
Planområdets längd	73	73	m	
Antal personer total	460			
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	460			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	428	32		
Antal personer första raden totalt	230			
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	230			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	213,9	16,1		

Figur 4a.

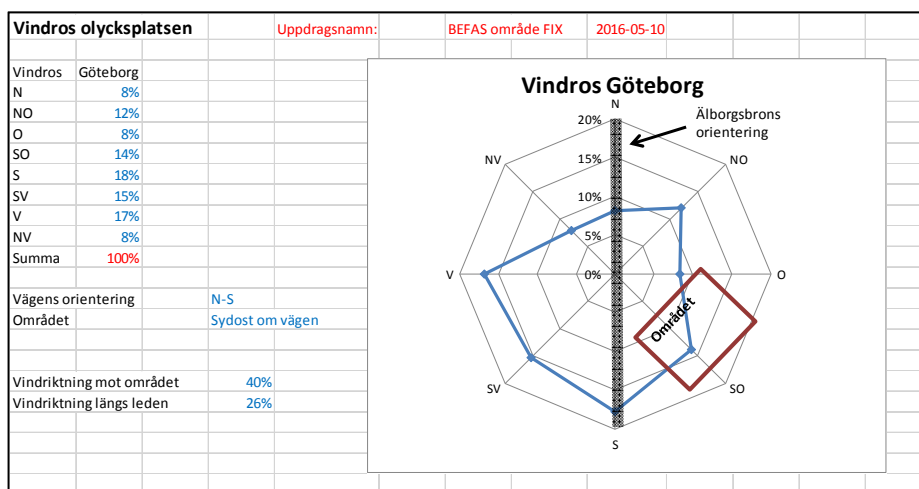
Ingångsvärden för riskberäkningarna för Älvsborgsbron.

Ingångsdata		Uppdragsnamn: Oscarsleden	2016-05-10	
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,8E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	1,8E-07	1/km, år	← anpassat efter 200 m av rampen över planområdet	
Område enl nedan	2	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Sannolikhet utströmning olika klasser				
	antal transporter	risk olycka/km,år	risk>100 kg	olycksrisk/km,år
Klass 1, massexplisiv	sekretess	0,0E+00	sekretess	sekretess
Klass 2.1	belagda	3,1E-04	belagda	belagda
Klass 2.3	uppgifter	6,9E-06	uppgifter	uppgifter
Klass 3, bensin		5,9E-04		
Klass 5.1, explosionsrisk		1,6E-05		
Områdesinfo				
	Inne	Ute		
Befolkningstäthet	1,9E-02	1,4E-03		
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd leden	20	20	m	
Planområdets bredd	250	250	m	
Planområdets längd	330	330	m	
Antal personer total	1700			
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	1700			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	1581	119		
Antal personer första raden totalt				
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	0			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	0,0	0,0		

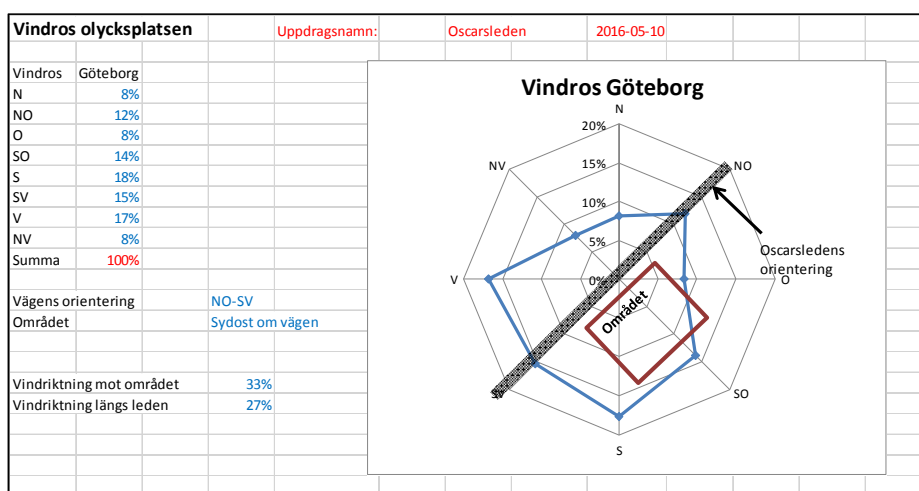
Figur 4b

Ingångsvärden för riskberäkningarna för Oscarsleden.

I figur 5 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 5a. Vindros för Älvsborgsbron



Figur 5b. Vindros för Oscarsleden

För beräkningar av spridning av brandfarliga gaser och giftiga gaser har effektområden anpassats för att ta hänsyn till påverkan från höjdskillnaden (område A) och en vall (område B) längs vägen. Denna påverkan har beskrivits i *avsnitt 6.1* i rapporten. I texten i bilagan anges de ursprungliga effektområden för scenarierna. I den redovisning av beräkningsresultaten som finns i kapitel 3 i bilagan anges dock de effektområden som används i beräkningarna.

2. Aktuella scenarierna

Här ges en generell beskrivning av scenarierna som kan leda till betydande konsekvenser för området utifrån de klasser farligt gods som kan komma att transporteras, *se rapporten*.

2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1

2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 4*

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordonet som inte leder till explosion.
- brand i fordon som leder till explosion.

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

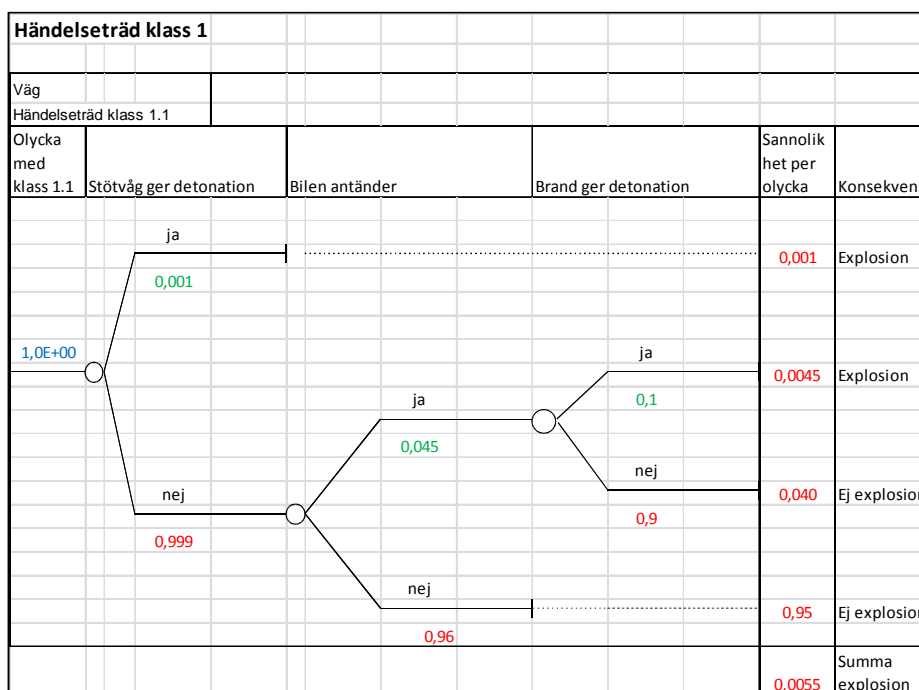
Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA 2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005-2009 ca 52,7 miljoner

trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005-2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således $72\,600/1\,600\,000 = 4,5\%$ under 2005-2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



Figur 6. Händelsetråd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet att en masseexplosion på grund av en olycka med en sprängämnestransport visas i *tabell 2, avsnitt 3*.

2.1.2 Konsekvenser

Explosionslast

Vid beräkning av explosionslast utgås från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet

som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både oreflektade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflektade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 7 och 8* som tagits från rapporten *Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005)*. För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

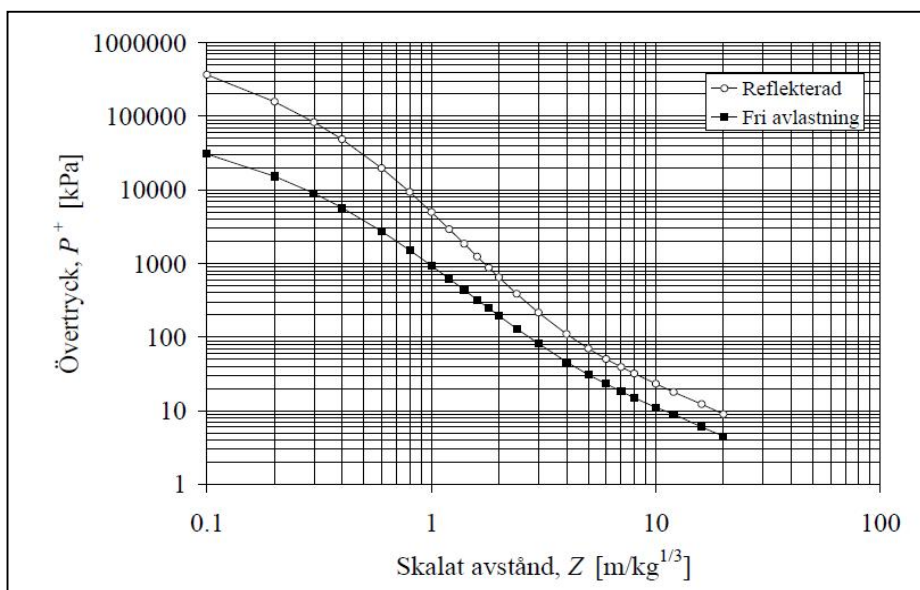
Z är det skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

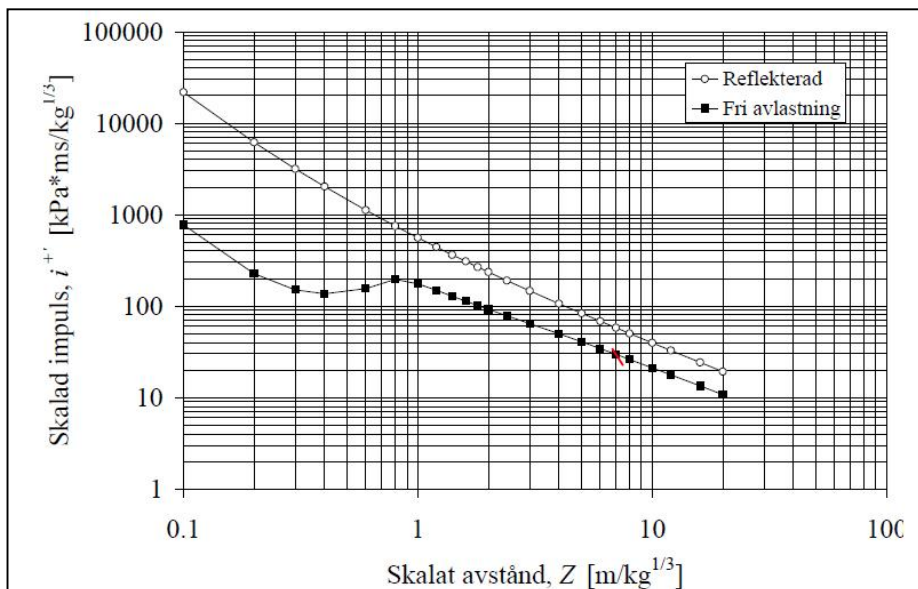
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 7 ger övertrycket p_+



Figur 7 Reflekterat och oreflektat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 8 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne: $i_+/M^{1/3}$. Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$.



Figur 8. Reflekerat och oreflekerat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

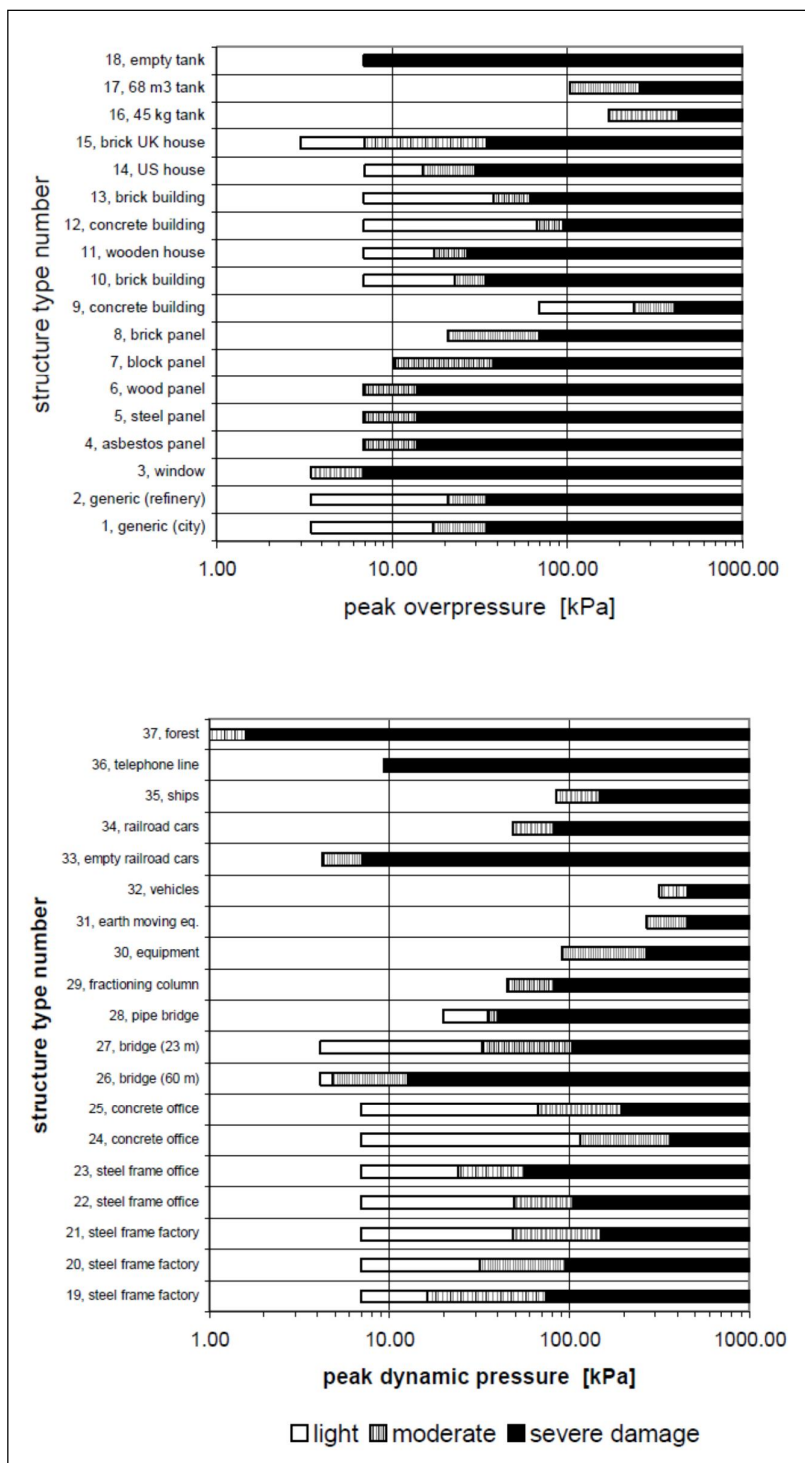
Resultaten visas i tabell 1.

Tabell 1. Reflekerat och oreflekerat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	p^+	p_r	i^+	i_r
m	$\text{m/kg}^{1/3}$	kPa	kPa	kPas	kPas
25	1,0	900	5000	4,8	14,0
50	2,0	200	750	2,3	6,3
63	2,5	120	400	1,8	4,3
75	3,0	80	220	1,6	3,3
100	4,0	45	110	1,3	2,6
125	5,0	33	70	1,0	2,0
150	6,0	23	50	0,9	1,8
175	6,9	20	40	0,8	1,5
200	7,9	15	33	0,7	1,3

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 9 och 10*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.



Figur 9 Övertryck som leder till raserade byggnader mm.

Type	Description of structure
1	city
2	refinery
3	glass windows, large and small
4	corrugated asbestos siding
5	corrugated steel or aluminum panelling
6	wood siding panels, standard house construction
7	concrete or cinder-block wall panels, 8" or 12" thick (not reinforced)
8	brick wall panel, 8" or 12" thick (not reinforced)
9	blast-resistant reinforced concrete windowless building
10	multi-storey wall-bearing building, brick apartment house type, up to three storeys
11	wood-frame house
12	multi-storey reinforced concrete building with concrete walls, small window area, three to eight storeys
13	multi-storey wall-bearing building, monumental type, up to four storeys
14	typical American-style house
15	typical brick-built English house
16	45 kg LPG tank
17	68000-litre LPG bulk gas plant
18	floating- or conical roof tanks, empty
19	light steel frame industrial building, single storey, with up to 5-ton crane capacity, low strength walls which fail quickly
20	heavy steel frame industrial building, single storey, with 25- to 50-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
21	heavy steel frame industrial building, single storey, with 60- to 100-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
22	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant design
23	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant design
24	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant construction.
25	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant construction.
26	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 200 ft (60 m)
27	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 75 ft (23 m)
28	pipe bridge
29	fractioning column
30	truck-mounted engineering equipment (unprotected)
31	earth-moving engineering equipment (unprotected)
32	transportation vehicles
33	unloaded railroad cars
34	loaded boxcars, flatcars, full tank cars, and gondola cars (side-on orientation)
35	merchant shipping
36	telephone lines (transverse)
37	average deciduous forest stand

Figur 10. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 9.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Storleken av området längs vägen där husen rasar beräknas utifrån husens avstånd till vägen och Pythagoras sats.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen.

Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen, resultaten visas i *tabell 2*.

Skador utomhus

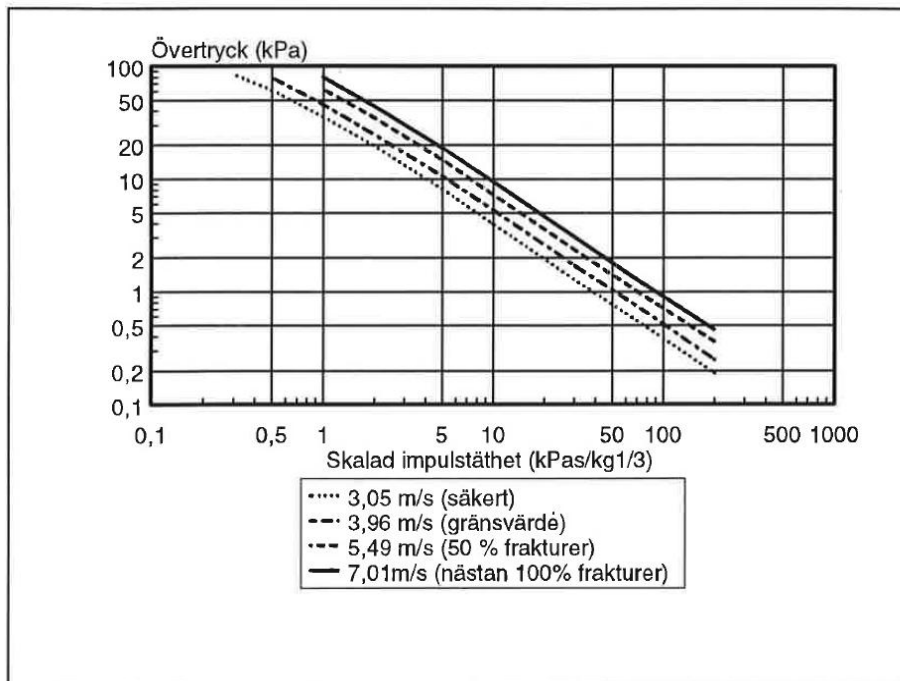
Direkta skador pga. tryck

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen (FOA 1997).

Indirekta skador

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag av huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna.

Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

Individerisk

En person antas omkomma om han befinner sig i området kring den bebyggelse som kommer att rasa vid en massexplosion. Avståndet beror på avståndet mellan transportleden och husen och husens bredd, som default används 30 m för detta.

Sannolikheten beräknas med att explosionen måste ske på de 250 m av vägen som är närmast individen.

Samhällsrisk

Sannolikheten för en person att omkomma inomhus är 17 % i de hus som antas rasa vid massexlosionen, dvs de som ligger inom 125 m från olycksplatsen. Alla personer som befinner sig utomhus kring husen antas omkomma, se avsnittet om individrisk.

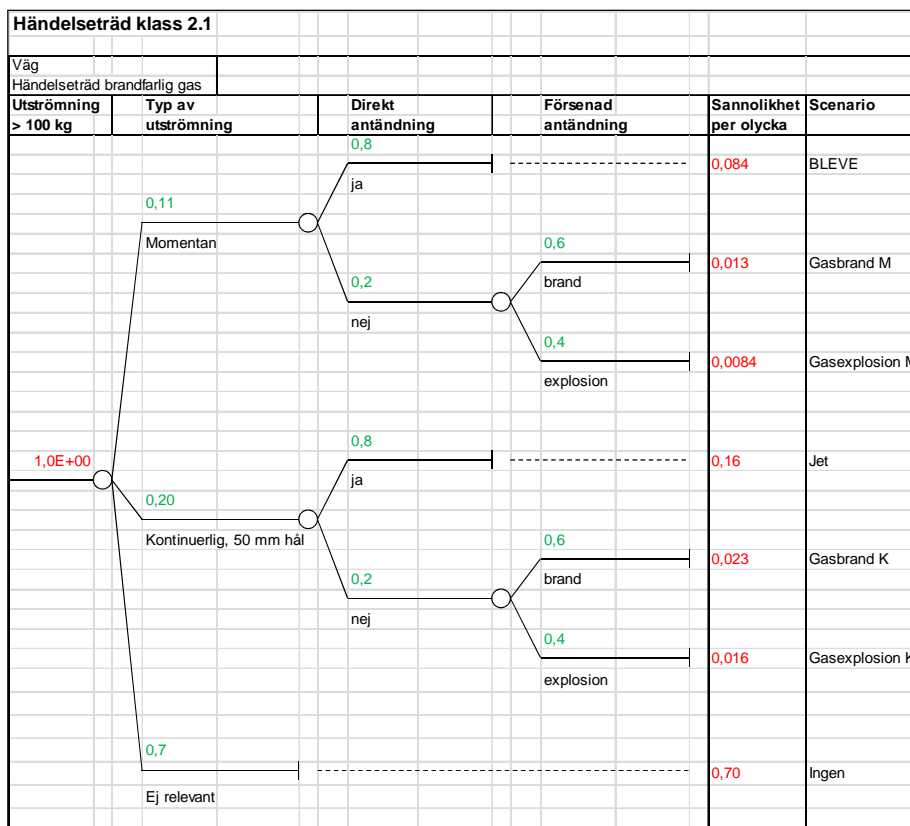
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

2.2.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på tankfordon med komprimerad brandfarlig gas. Gasen sprutar ut och antänds vilket leder till en låga som sträcker sig från olycksplatsen in mot området. Inom ett område av 45x74 m (längs vägen x in mot området) förväntas alla omkomma. Utomhus på grund av att människorna hamnar i eller nära lågan, inomhus då byggnaden fattar eld och brinner ner.

Av händelseträdet för brandfarliga gaser, *figur 12*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med 0,16.



Figur 12. Händelseträd olycka med brandfarlig gas

Individerisk

Scenario Jetflamma antas leda till att oskyddade individer utomhus omkommer inom ett område på 45 m av leden i ledens riktning och som sträcker sig ca 74 m in i området.

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 45 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 74 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 45 m längs vägen och 74 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, eller som en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion. Detta är scenario Gasbrand M respektive Gasexplosion M. För dessa scenarier spelar vindriktningen en mindre roll på grund av den stora mängden gas som expanderar och antänds snabbt. För scenario Gasbrand M antas gasmolnet ha sitt centrum på olycksplatsen och en storlek av 18 5x 185 m. Inom ett område av 185 x 93 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valt med marginal så att det även tas hänsyn till att gasmolnet förflyttar sig i viss mån med vinden innan det antänds.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,013.

Individrisk

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 93 m från personen och om personen står på ett avstånd av mindre än 93 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inne i det brinnande gasmolnet antas omkomma, inne såväl som ute.

2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden mot olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 50 x 10 m i vindriktningen. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, scenario Gasbrand K, eller till en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion, detta är scenario Gasexplosion K.

Vid Scenario Gasbrand K antas alla som vistas i det brinnande molnet omkomma, såväl inomhus som utomhus.

Sannolikheten för Scenario Gasbrand K framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,023 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasbrand KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 10 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 50 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 50 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 5 m från leden.

Samhällsrisk

I scenario Gasbrand KT antas personer omkomma inom ett område med längd 10 m längs leden och bredd 50 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 50 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp

Detta är samma som scenario Gasbrand M, med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns explosionsartat. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar vid en gasexplosion inom ett område på 252 x 252 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta vid en olycka med utsläpp av brandfarliga gaser framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,0084 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Individrisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 252 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 126 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 252 m längs leden och bredd 126 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 504 m och bredd 252 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt utsläpp

Dessa scenarier är detsamma som scenario Gasbrand KT och KL med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns snabbare vilket leder till en gasexplosion. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar i ett område av 66x66 m. Sannolikheten för detta är enligt händelseträdet i *figur 12* lika med 0,016 per olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området detta är scenario Gasexplosion KT. Centrum för explosionen antas då ligga 33 m från vägen så att hela effektområdet ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas då ligga på vägen men mitt framför området. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasexplosion KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 66 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 33 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 66 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 33 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.2.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas, mestadels på grund av en brand i en annan del av fordonet, vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE och leder till att personer omkommer inom ett område av 80x80m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,084 vid en olycka.

Individrisk

En person antas omkomma inom ett område med längd 80 m längs vägen och bredd 40 m in från vägen.

Samhällsrisk

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 80 m längs leden och bredd 40 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 13* nedan.

Händelseträäd klass 2.3			
Händelseträäd väg, gas			
Utströmning >100 kg	Utströmning	Sannolikhet per olycka	Scenario
	0,015 Momentant	0,015	Gasmoln M
1,0	0,20 Kontinuerligt 5 cm hål	0,20	Gasmoln K

Figur 13. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser

2.3.1 Scenario Gasmoln M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. På grund av det snabba händelseförloppet bedöms vindriktningens spela mindre roll. Effektområdena har dock anpassat för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 70x70 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 120x120 m.

Sannolikhet för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 13* och är lika med 0,015 per olycka med utsläpp.

Individrisk

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och 35 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 120 m av leden från där personen står och 60 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

2.3.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken med ammoniakgas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,20 per olycka med utsläpp.

Effektområde 1 har bredd 25 m och längd 135 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 75 m och längd 220 m i vindriktningen. Båda effektområden börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasmoln KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasmoln KT har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 25 m av leden från där personen står och 135 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 75 m av leden från där personen står och 220 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 135 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 220 m av leden från där personen står och 38 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor på har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

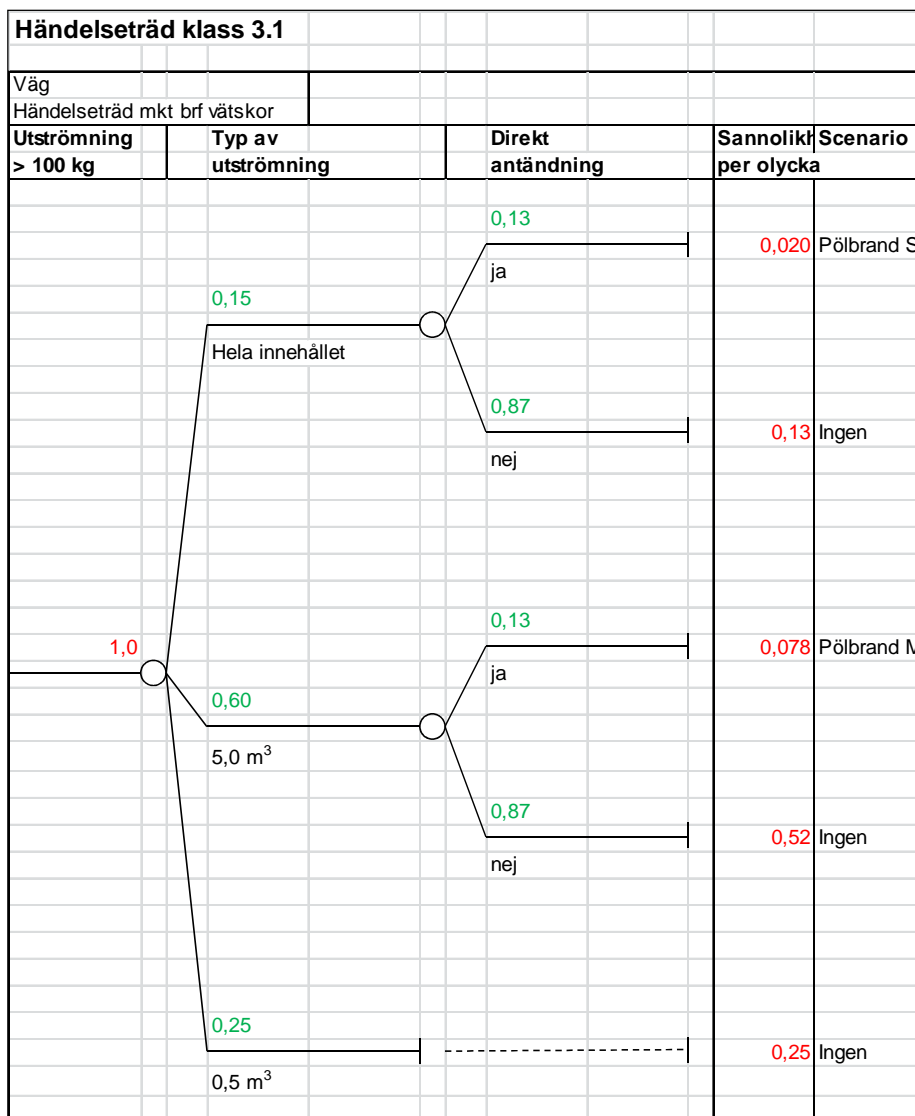
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M

I scenario Pölbrand sker en olycka där tanken skadas och ett utsläpp sker av mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) som rinner ut till en pöl som sedan antänds. Värmestrålningen kan leda till att människor omkommer. Vid en stor pölbrand (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 48x48 m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 25x25 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

Sannolikheten för att ett utsläpp leder till scenario Pölbrand S (en pölbrand med en yta på 600 m²) är lika med 0,020 per olycka med utsläpp av mycket brandfarlig vätska. Sannolikheten för scenario Pölbrand M (en pölbrand med yta 300 m²) är lika med 0,078 per olycka med utsläpp. Se händelseträdet i *figur 14* nedan.



Figur 14 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

Individrisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 48 m av leden från där personen står och 24 m in från vägen.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 23 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom ett område med längd 48 m längs vägen och bredd 24 m in från vägen antas alla omkomma såväl inomhus som utomhus i scenarion Pölbrand S.

I scenario Pölbrand M antas alla utomhus och inomhus omkomma inom ett område med längd 25 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med oxiderande ämnen med risk för massexplosion har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 15* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenariot har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 16 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft då den blandningen som kommer att ske om båda ämnen rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

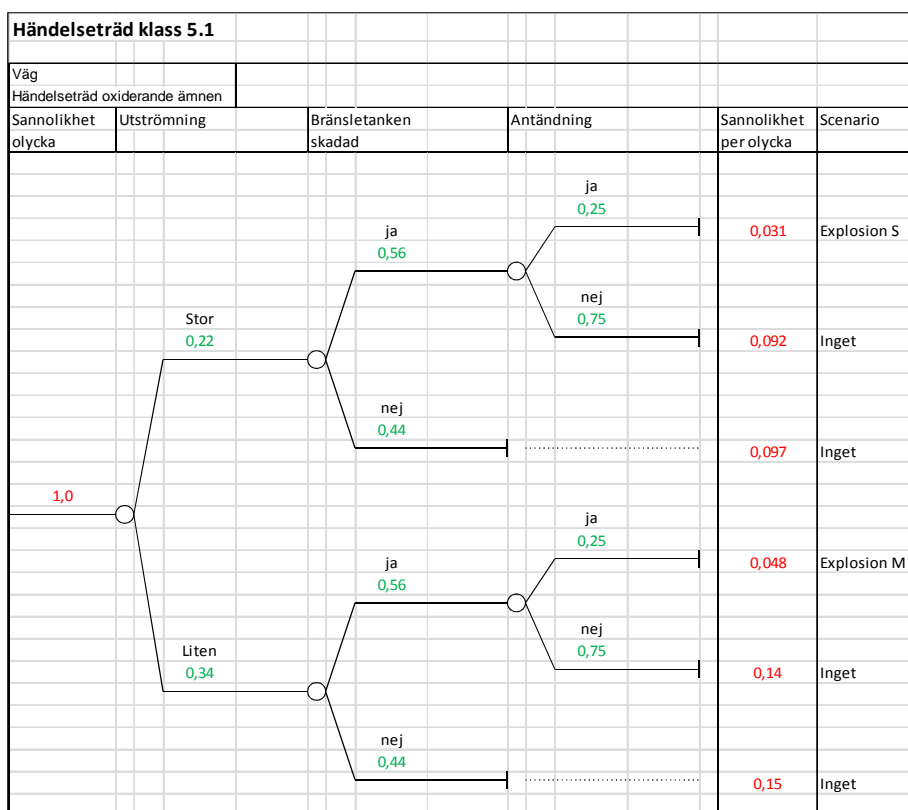
Sannolikhet

Sannolikheten för en olycka med dessa transporter per kilometer transportled framgår av *figur 3*.

För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med dieselolja och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 15* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 15 Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt då en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne). Ett stort utsläpp av oxiderande ämnen ger scenario Explosion S, ett något mindre utsläpp ger scenario Explosion M.

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 16 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisik är således desamma som i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara hälften av konsekvenserna av en stor explosion.

3. Beräkningsresultat

I *tabell 2* presenteras resultaten av riskberäkningarna för Älvsborgsbron som presenteras grafisk i *figur 13* i rapporten.

Tabell 2. Riskberäkningar för Älvsborgsbron.

Beräkningsresultat Älvsborgsbron										2016-05-10		
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1			Effektområde 2			F _{scen} /år	Omkomna	
				längd	bredd	F _{omk} inne	F _{omk} ute	längd	bredd			F _{omk} inne
1.	4,7E-06	Massexplosion	2,6E-08	139	130	0,17	1,00	-	-	-	3,6E-09	51,8
2.1	2,3E-05	Jet	3,6E-06	45	74	1,00	1,00	66	80	0,07	2,6E-07	0,0
		Gasbrand M	2,9E-07	277,5	62	1,00	1,00	-	-	-	8,1E-08	0,0
		Gasbrand KT	2,2E-07	20	25	1,00	1,00	-	-	-	1,6E-08	0,0
		Gasbrand KL	1,4E-07	100	2,5	1,00	1,00	-	-	-	1,4E-08	0,0
		Gasexplosion M	2,0E-07	378	84	1,00	1,00	-	-	-	7,4E-08	7,8
		Gasexplosion KT	1,5E-07	132	33	1,00	1,00	-	-	-	1,9E-08	0,0
		Gasexplosion KL	9,4E-08	132	16,5	1,00	1,00	-	-	-	1,2E-08	0,0
		Bleve	2,0E-06	80	40	1,00	1,00	110	55	0,07	1,6E-07	0,0
2.3	1E-06	Gasmoln M	1,1E-07	105	23	0,10	1,00	180	40	0,03	1,1E-08	0,0
		Gasmoln KT	7,9E-08	50	67,5	0,10	1,00	150	110	0,03	0,30	0,0
		Gasmoln KL	5,1E-08	270	7	0,10	1,00	440	19	0,03	0,30	0,0
3	0,0008	Pölbrand S	1,6E-05	48	24	1,00	1,00	-	-	-	1,1E-06	0,0
		Pölbrand M	6,3E-05	25	13	1,00	1,00	33	17	0,04	4,6E-06	0,0
5.1	1,8E-05	Explosion L	8,9E-08	0	72	0,17	1,00	-	-	-	6,5E-09	0,0
		Explosion M	3,6E-07	0	57	0,17	1,00	-	-	-	2,6E-08	0,0

Beräkningsresultaten för övriga beräkningarna av samhällsrisk är av konkurrensskäl sekretessbelagda på önskemål av Stena Line AB men finns för insyn för myndigheterna hos Norconsult.

4. Referenser

- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects in a quantitative risk analysis for the road transport of cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FEMA 2008 Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- PGS2 2005 Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
- PGS3 2005 Guidelines for quantitative risk assessment, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Advisory Council in Dangerous Substances, 2005
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996

SRV 2005	Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
SRV 2007	Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstötståg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
USCB 2012	United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se